

ICS 27.100  
K 51  
备案号: 18554-2006

**DL**

# 中华人民共和国电力行业标准

DL/T 489 — 2006  
代替 DL/T 489 — 1992

---

## 大中型水轮发电机静止整流励磁系统 及装置试验规程

Test regulation for static rectified excitation  
systems and devices for large and medium hydraulic generators

2006-09-14 发布

2007-03-01 实施

---

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

## 目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 试验分类.....	1
4 试验项目.....	2
5 基本试验方法与要求.....	4
附录 A (规范性附录) 试验记录要求.....	14

DL/T 489—2006

## 前 言

本标准是根据《国家发展改革委办公厅关于印发 2006 年行业标准项目计划的通知》（发改办[2006]1093 号）的安排制定的。

本标准与 DL/T 489—1992《大中型水轮发电机静止整流励磁系统及装置的试验规程》版比较主要有以下一些主要变化：

——本标准主要是针对近年来已成为主流的自并励励磁系统及微机励磁调节器的发展而进行修订；

——取消了调节器试验，并直接引用 DL/T 1013—2006；

——将原来的小电流试验变为高压小电流试验；增加 1.3 倍的阳极电压的试验和 2 倍励磁电压试验；调差试验也有部分变化，试验原理相同但更加实用；取消原空载强励下灭磁试验；励磁系统顶值电压和电压响应试验方法变化较大；增加若干限制器及电力系统稳定器 PSS 试验。

本标准实施后代替 DL/T 489—1992。

本标准附录 A 为规范性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业水电站自动化标准化技术委员会归口并解释。

本标准起草单位：国家电网公司南京自动化研究院。

本标准起草人：许和平、刘国华、陈贤明、黄毅、康健、邵显均、王培健、吴建东、徐福安、秦汉军、彭辉、陈伟。

## 大中型水轮发电机静止整流励磁系统及装置试验规程

### 1 范围

本标准规定了大中型水轮发电机静止整流励磁系统及装置试验分类、试验项目、基本试验方法与要求。

本标准适用于单机容量为 10MW 及以上大中型水轮发电机（以下简称发电机）的静止整流励磁系统及装置的使用与订货要求。由于整流型励磁系统目前主要是以自并励方式的系统为主，其他方式实际已很少使用。因此本标准主要针对自并励系统进行阐述。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准；然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

- GB 311.1 高压输变电设备的绝缘配合
- GB 1094.1 电力变压器 第 1 部分：总则
- GB 1094.2 电力变压器 第 2 部分：温升
- GB 1094.3 电力变压器 第 3 部分：绝缘水平和绝缘试验
- GB 2900.32 电工名词术语 电力半导体器件
- GB 6450 干式电力变压器
- GB/T 7894—2001 大中型水轮发电机基本技术条件
- GB/T 15153.2 运动设备及系统 第 2 部分 工作条件
- GB/T 17626 电磁兼容试验和测量技术
- GB/T 18494.1 变流变压器 第一部分：工业用交流变压器
- GB 50150—2006 电气装置安装工程电气设备交接试验标准
- DL/T 491 大中型水轮发电机静止整流励磁系统及装置运行及检修规程
- DL/T 583—2006 大中型水轮发电机静止整流励磁系统及装置技术条件
- DL/T 596 电气设备预防性试验规程
- DL/T 799.3 电力行业劳动环境监测技术规范 第 3 部分：生产性噪声监测
- DL/T 838 发电企业设备检修导则
- DL/T 1013 大中型水轮发电机微机励磁调节器试验与调整导则
- IEC 61000—4 电磁兼容 第 4 部分 试验测量技术 Electromagnetic compatibility (EMC) Part4: Testing and Measurement techniques

### 3 试验分类

#### 3.1 型式试验

试验主要目的是对产品电气性能的正确性和完整性、环境适应性、电磁兼容性及达到标称参数的能力等方面进行检验。

遇有下列三种情况之一者应进行型式试验：

- a) 新产品定型；
- b) 正常产品的设计、工艺、材料（包括电子元器件）改变而影响产品的主要性能时；

## DL/T 489—2006

c) 按合同规定需对电站安装的产品进行型式试验者。

必须在出厂试验符合表 1 规定项目的要求后才可进行产品的型式试验。型式试验按有关的国家标准、行业标准进行。

## 3.2 出厂试验

试验主要目的是对产品的部分电气性能及产品铭牌参数（或合同中的产品参数）进行校核验证。

对组成励磁系统的设备和装置，每台（套）均应进行出厂试验。在制造厂无条件进行的出厂试验项目，可与励磁系统安装后的交接试验一起进行。

## 3.3 交接试验

是为保证励磁设备安全投产运行所做的工业性试验，是对产品的主要性能指标的综合测试。验证的结果应满足 DL/T 583—2006 的有关要求。

此试验应在励磁系统及其装置交付正式投入运行前进行。

## 3.4 定期检查试验

是指对已投入运行的励磁系统设备和装置进行定期 A、B 级检修（见 DL/T 838）期间，为确保其安全、可靠运行所做的定期检查试验。其试验周期一般与机组检修周期相同或根据装置运行的情况而定。

关于装置中的设备及元器件故障修复后或更换后的试验，以及正常维护监测工作按 DL/T 491 的规定进行。

## 4 试验项目

型式试验、出厂试验、交接试验及定期检查试验项目如表 1 所示。

表 1 型式试验、出厂试验、交接试验及定期检查试验项目

序号	试验项目	型式试验	出厂试验	交接试验	定期检查试验
1	励磁变压器试验	a			
1.1	绝缘和耐压试验	√	√	√	√
1.2	三相不对称试验	√	√	√	
1.3	温升试验	√	√		
1.4	1.3 倍工频感应耐压试验	√	√		
2	磁场断路器及灭磁开关试验	a			
2.1	绝缘和耐压试验	√	√	√	√
2.2	导电性能检查	√	√	√	√
2.3	操作性能试验	√	√	√	√
2.4	同步性能测试	√	√	√	√
2.5	分断电流试验	√	√	√	√
3	非线性电阻及过电压保护器部件试验	a			
3.1	绝缘和耐压试验	√	√	√	√
3.2	灭磁电阻试验	√	√	b	d
3.3	跨接器试验	√	√	√	√
4	功率整流器试验				
4.1	绝缘和耐压试验	√	√	√	√
4.2	功率元件试验	b	b		
4.3	脉冲变压器试验	√	√		
4.4	电气二次回路试验	√	√		

表1(续)

序号	试验项目	型式试验	出厂试验	交接试验	定期检查试验
5	自动励磁调节器试验				
5.1	电气调整试验	√	√		
5.2	绝缘和耐压试验	√	√	√	√
5.3	振动和环境试验	√			
5.4	电磁兼容性试验	√			
6	励磁系统试验				
6.1	开环高压小电流试验	√	√		
6.2	开环低压大电流试验	√	√		
6.3	零起升压, 自动升压, 软起励试验	√		√	√
6.4	升降压及逆变灭磁特性试验	√		√	√
6.5	自动/手动及两套独立调节通道的切换试验	√	√	√	√
6.6	空载状态下10%阶跃响应试验	√		√	√
6.7	调压精度测试	√		c	
6.8	电压给定值整定范围及变化速度测试	√	√	√	
6.9	测录自动励磁调节器的发电机电压—频率特性	√		√	
6.10	电压/频率限制试验	√		√	
6.11	TV断线模拟试验	√	√	√	
6.12	整流功率柜的噪声试验	√	√		
6.13	励磁系统整流功率柜的均流试验	√		√	√
6.14	发电机电压调差率的测定	√		√	
6.15	发电机无功负荷调整及甩负荷试验	√		√	
6.16	发电机在空载和额定工况下的灭磁试验	√		√	
6.17	励磁系统顶值电压及电压响应时间的测定	√		d	
6.18	过励磁限制功能试验	√		√	
6.19	欠励磁限制功能试验	√		√	
6.20	电力系统稳定器PSS试验	√		d	
6.21	励磁系统各部分的温升试验	√	√	√	√
6.22	励磁系统在额定工况下的72h连续试运行	√		√	
<p>a 每一型号产品由制造厂提供有关按照国家和行业标准所进行的型式试验和出厂试验文件。  b 出具有关元件参数文件和功率组件全动态试验报告。  c 出具新产品测试报告或在用户特别要求下做。  d 可选项。</p>					

DL/T 489—2006

## 5 基本试验方法与要求

### 5.1 励磁系统设备的绝缘耐压试验

对励磁设备或回路进行绝缘电阻测试或进行交流耐压试验时, 首先应清洁设备, 断开不相关的回路, 区分不同电压等级分别进行, 做好安全措施。非被试回路及设备应可靠短接并接地, 被试电子元件、电容器的各电极在试验前应短接。

#### 5.1.1 绝缘电阻的测定

##### 5.1.1.1 绝缘电阻的测量部位

- a) 不同带电回路之间;
- b) 各带电回路与金属支架底板之间。

##### 5.1.1.2 测量绝缘电阻的仪表

- a) 500V 以下至 100V 的电气设备或回路, 使用 500V 绝缘电阻表;
  - b) 3000V 以下至 500V 的电气设备或回路, 使用 1000V 绝缘电阻表;
  - c) 10000V 以下至 3000V 的电气设备或回路, 使用 2500V 绝缘电阻表;
  - d) 10000V 以上的电气设备或回路, 使用 2500V 或 5000V 绝缘电阻表。
- 详细规定见 GB 50150—2006。

##### 5.1.1.3 绝缘电阻值

不同性质的电气回路绝缘电阻值要求如表 2 所示。

表 2 不同性质的电气回路绝缘电阻值要求

序号	电气回路性质	绝缘电阻值(MΩ)
1	与励磁绕组及回路电气上直接连接的所有回路及设备	不小于 1 MΩ
2	与发电机定子回路电气上直接连接的设备或回路	不低于 GB/T 7894—2001 中 4.2.9 及 GB 50150—2006 的规定
3	与励磁绕组或回路电气上不直接连接的设备或回路	不小于 1 MΩ

### 5.1.2 介电强度试验

#### 5.1.2.1 与励磁绕组回路电气上直接连接的所有设备及回路(励磁变压器二次、阳极交流电缆、阳极开关、功率整流柜、磁场断路器及灭磁开关、直流电缆、过电压保护器及灭磁电阻等)

在实施交流耐压试验前、后, 分别使用绝缘电阻表测试绝缘电阻并进行记录, 比较试验前、后两阻值, 不应有较大差异, 如有差异应分析并查找原因。

交流试验电压应为正弦波, 频率为 50Hz。在规定试验电压值下的持续时间为 1min。在承受交流耐压试验电压值(有效值)的时间内, 应不被击穿、不产生绝缘损坏或闪络现象。试验电压(有效值)如下, 未涉及的见 GB/T 7894—2001 表 5:

- a) 额定励磁电压为 500V 及以下者:
  - 1) 出厂试验电压为 10 倍额定励磁电压, 且最小值不得低于 1500V;
  - 2) 交接试验电压为 85% 出厂试验电压, 但最小值不得低于 1200V;
  - 3) 定期检验试验电压为 85% 交接试验电压, 但最小值不得低于 1000V。
- b) 额定励磁电压为 500V 以上者:
  - 1) 出厂试验电压为 2 倍额定励磁电压加 4000V;
  - 2) 交接试验电压为 85% 出厂试验电压;
  - 3) 定期检验试验电压为 85% 交接试验电压。

#### 5.1.2.2 与发电机定子回路电气上直接连接的设备和电缆(如励磁变压器、高压侧熔断器、隔离开关等)

- a) 出厂试验电压按 GB 311.1 并参考 GB 6450、GB 1094.1、GB 1094.2、GB 1094.3 及 GB/T 18494.1

的规定;

- b) 交接试验电压按 GB 50150—2006 的规定进行;
- c) 定期检验试验电压按 DL/T 596 的规定进行。

### 5.1.2.3 与励磁绕组电气上不直接连接的设备与回路

- a) 出厂试验电压符合 GB/T 7894—2001 中表 5 的规定;
- b) 交接试验电压应符合 GB 50150—2006 的规定;
- c) 定期检验试验电压按交接试验电压进行。

## 5.2 励磁系统主回路设备及功率元器件的试验

### 5.2.1 励磁变压器试验

励磁变压器试验项目执行 GB/T 18494.1 及 GB 50150—2006 中 6.0.1 的规定。介电强度试验电压要求执行 5.1.2 的规定。此外还应进行下列试验:

- a) 在发电机额定工况下测定励磁变压器低压侧三相电压, 不对称度不应大于 5%。  
对低压侧电压高于 500V 的励磁变压器, 应使用专用绝缘棒测试;
- b) 励磁变压器在 1.3 倍额定电压下的工频感应过电压试验, 其耐压持续时间为 3min;  
试验方法: 可以用发电机自励或他励方式取得试验电源, 也可以外加电源进行试验。
- c) 在 110% 的发电机额定励磁电流下采用电阻法或红外线测温仪测定其绕组、铁芯及构件螺杆等处温升不得超过 GB 1094.2 和 GB 6450 中表 5 的规定, 并考虑谐波影响的折算。

### 5.2.2 灭磁开关及磁场断路器试验

- a) 绝缘电阻测定及介电强度试验。用 2500V 绝缘电阻表测量下列部位的绝缘电阻, 不应小于 5M $\Omega$ :  
1) 断开的两极触头间;  
2) 主回路中所有导电部分与地之间;  
介电强度试验按 5.1.2 规定进行。
- b) 导电性能检查。灭磁开关或磁场断路器中通以 100A 以上电流, 连续接通和分断 3 次, 测量主触头的电压降。其 3 次测量结果的平均值应不大于制造厂的规定。电压降不应有明显变化。双断口或多断口电压降要尽可能一致。另可附加测试灭磁开关或磁场断路器各触头的合闸压力; 应符合厂家规定。
- c) 操作性能试验。在控制回路施加的合闸电压为 80% 额定操作电压时, 合闸 5 次。和在控制回路施加的分闸电压为 65% 额定操作电压时, 分断 5 次。灭磁开关或磁场断路器动作应正确、可靠。
- d) 同步性能测试。多断口磁场开关的各断口间动作的同时性应符合厂家规定要求。测试使用毫秒计测量开关各断口的动作时差, 如各主断口间的分闸时差, 合闸时差, 主、辅断口间的分闸时差, 合闸时差等。动断辅助触点的动作领先时间应满足灭磁功能的要求。
- e) 分断电流试验。灭磁开关及磁场断路器分别以最小分断电流、空载励磁电流、50% 和 100% 的额定励磁电流各进行 1~2 次分断试验。试验后检查触头及栅片间隙等, 应无明显异常。

最小分断电流试验要求电压为额定电压。空载励磁电流、50% 和 100% 额定励磁电流下的分断试验可结合 5.4.15 和 5.4.16 进行。

### 5.2.3 非线性电阻及过电压保护器部件试验

励磁绕组过电压保护装置一般由非线性电阻和跨接器组成。灭磁用非线性电阻有时和过电压保护装置采用相同的电阻。因此试验方法一致, 但整定值不一样。

#### 5.2.3.1 非线性电阻试验

型式试验及出厂试验按制造厂家规定进行。对于高能氧化锌压敏电阻元件, 交接试验中应逐支路测试记录元件压敏电压  $U_{10mA}$ 。测试元件泄漏电流, 对元件施加相当于 0.5 倍  $U_{10mA}$  直流电压时其漏电流应小于 100 $\mu$ A, 定期检验时按同样标准检测元件泄漏电流。A、B 修时, 测定元件压敏电压, 在同样外部条件下与初始值比较, 压敏电压变化率大于 10% 应视元件为老化失效。当失效元件数量大于整体数量的



**DL/T 489—2006**

20%时应更换整个非线性电阻。

非线性电阻组件工频耐压试验按 5.1 的规定进行。

以上主要是针对氧化锌电阻, 当采用碳化硅电阻时试验按厂家出厂标准。

**5.2.3.2 跨接器试验**

电气元件的试验。对晶闸管的测试应符合 5.2.4 的规定。其余电气元件试验按 5.1 的规定进行。

跨接器动作值的校验。应在发电机投入试运行前按制造厂产品说明书或调试说明书对其动作值进行校验。跨接器断开其相关回路连接, 接入试验电源(最好电压可调)。要求试验电源电压应超过跨接器动作值(如选交流电源, 可考虑其峰值)。做必要的限流措施, 以免造成电源或设备损坏。投入试验电源后, 模拟过电压触发跨接器动作值, 录制动作值应符合整定要求。

**5.2.4 大功率整流器试验****5.2.4.1 功率元件试验**

参照 GB 2900.32 中的术语。

对于单只容量通态平均电流  $I_{T(av)}$  在 1500A 以上的晶闸管功率组件(压装散热器后), 需进行全动态试验, 测试功率组件的相关参数。至少包括以下参数:

静态: 门极触发电压  $U_{GT}$ 、门极触发电流  $I_{GT}$ 、断态重复峰值电压  $U_{DRM}$ 、漏电流。

动态: 通态平均电流  $I_{T(av)}$ 、通态平均压降  $U_{TO}$ 、反向重复峰值电压  $U_{RRM}$ 、漏电流、壳温、风速。

需要做并联的整流器应作出元件的筛选配对。

最终应出具的试验文件包括功率组件全动态试验报告和元件串/并联配对表。

**5.2.4.2 脉冲变压器的试验**

a) 输入及输出特性测试。通过移相或脉冲放大单元输入触发脉冲, 在带晶闸管和不带晶闸管两种情况下用示波器测量输出脉冲的幅值及宽度等参数, 应符合产品技术要求。脉冲前沿应小于  $1\mu s$ , 输出脉冲形状不应畸变和产生振荡。

b) 电气绝缘强度试验。脉冲变压器输出绕组在运行中要承受转子灭磁及感应过电压的高电位, 其绕组之间的绝缘电阻不应低于制造厂的规定, 介电强度试验标准不应低于 5.1 的规定。

**5.2.4.3 功率整流柜试验**

绝缘电阻测定及介电强度试验按 5.1 的规定进行。

电气二次设备的试验按 5.3 的规定进行。

其他性能试验按 5.4.1、5.4.2、5.4.12、5.4.13 的规定进行。

**5.3 励磁系统励磁调节器及二次设备的试验**

励磁系统励磁调节器及二次设备的试验涉及相关试验表述如下:

**5.3.1 励磁调节器及二次设备的电气调整试验**

按照 DL/T 1013 的有关规定进行。

**5.3.2 励磁调节器及二次设备的绝缘电阻测定及介电强度试验**

按照 5.1 的规定进行。

**5.3.3 励磁调节器及主回路的励磁系统联调试验**

按照 5.4 的规定进行。试验可在工厂、运行现场进行。

**5.3.4 励磁调节器长期连续运行及温升试验**

参照 5.4.20 和 5.4.21 的规定进行。如用户有更长期连续运行时间以及温升试验要求, 可按有关合同执行。

**5.3.5 励磁调节器及二次设备的机械振动试验和环境试验**

机械振动试验和环境试验为新产品开发和老产品周期性检验的试验。为型式试验的内容, 参照 5.5 的规定。

**5.3.6 励磁调节器及其二次设备电磁兼容试验**

电磁兼容试验为新品开发和老产品周期性检验的试验, 为型式试验的内容。可参照 5.6 的规定。

## 5.4 励磁系统总体特性试验

### 5.4.1 开环高压小电流试验

#### 5.4.1.1 试验目的

检验调节器的同步、移相、触发和晶闸管控制触发性能, 进行功率整流柜的参数验证。

#### 5.4.1.2 试验条件

励磁调节器与晶闸管整流装置完成高压小电流试验接线, 励磁调节器工作正常, 试验仪器齐备。

#### 5.4.1.3 试验方法

使励磁调节器工作在恒定角度控制方式下, 将输入晶闸管整流装置的交流侧电压调整至励磁变压器二次额定交流电压的 1.3 倍, 通过励磁调节器控制增磁使整流装置输出 2 倍额定励磁电压, 利用示波器观察晶闸管输出直流侧波形, 晶闸管整流特性应平滑, 整流锯齿波形应基本对称。试验时注意核实负载电阻阻值及容量, 负载电阻阻值的选择以小电流试验时通过的电流不小于 1A 为宜, 并依据此选取相应的电阻容量。

注: 现场试验可以不考核 1.3 倍的电压试验结果。

### 5.4.2 开环低压大电流试验

#### 5.4.2.1 试验目的

检验晶闸管控制触发性能、晶闸管整流装置输出能力及大电流工况下的温升参数验证。

#### 5.4.2.2 试验条件

励磁调节器与晶闸管整流装置完成低压大电流试验接线, 励磁调节器工作正常, 整流装置的冷却系统工作正常, 试验仪器齐备。

#### 5.4.2.3 试验方法

将输入晶闸管整流装置的交流侧电压调整至 20V 左右, 直流侧采用通流铜排进行短接或接低值大电流负载电阻。开启晶闸管整流装置的冷却系统, 励磁调节器工作在恒角度控制方式下, 通过励磁调节器控制增磁使整流装置输出电流逐渐上升, 观测输出锯齿波形应有稳定的 6 个波峰, 且一致性好。

观测输出电流指示至 50% 额定电流时应停留 30min 左右, 测量直流输出、交流三相电流值及整流器各部温升等有关量。然后继续增磁改变控制角度, 直至晶闸管整流装置输出电流达额定值, 运行 2h 以上 (型式试验需做 72h), 在此期间每 30min 左右测量各电气量及温度量一次, 直至测点温度稳定, 不再上升。

晶闸管整流装置最大励磁电流试验, 将电流进一步升至顶值电流倍数 (功率整流柜额定输出电流), 持续 20s。当电流减至额定值后测量各点温升并记录。

建议各测温点为: 散热器端部、散热器根部 (和管壳相接处)、散热器汇流排及连接螺母、螺栓等。

### 5.4.3 零起升压、自动升压、软起励试验

#### 5.4.3.1 试验目的

测试励磁调节器零起升压、自动升压、软起励特性。

#### 5.4.3.2 试验条件

发电机转速在 0.95~1.05 倍额定转速范围内, 励磁系统工作正常, 起励电源投入, 励磁系统具备升压条件。

#### 5.4.3.3 试验方法

- a) 零起升压。首先退出起励电源, 调整励磁调节器电压给定值至最低值 (如 10%)。然后对励磁调节器进行开机起励操作, 通过残压发电机机端电压应自动上升至电压给定值, 然后增磁操作将发电机机端电压逐渐上升至额定值。对试验过程的相关数据进行记录。发电机机端电压上升过程应平稳、无波动;
- b) 自动升压。首先调整励磁调节器电压给定值至额定值, 然后对励磁调节器进行开机起励操作, 发电机机端电压应快速上升至额定值, 对试验过程的相关数据进行录波。试验结果应满足

**DL/T 489—2006**

DL/T 583—2006 中 4.2.8 b) 的要求;

- c) 软起励。首先将励磁调节器置于软起励方式, 然后进行开机起励操作, 发电机机端电压应按一定的速率逐渐上升至额定值或设定值, 电压上升过程应平稳无超调。

**5.4.4 升降压及逆变灭磁特性试验****5.4.4.1 试验目的**

检验励磁调节器升降压及逆变灭磁性能。

**5.4.4.2 试验条件**

发电机运行在空载工况下, 解除灭磁开关分闸的逻辑回路。

**5.4.4.3 试验方法**

通过增磁、减磁操作增加或减少发电机机端电压, 机端电压变化应平稳。

当发电机机端电压升至额定值后, 通过励磁调节器发出手动逆变令及通过远方发出停机令进行逆变灭磁操作, 励磁系统应可靠灭磁, 无逆变颠覆现象。

对逆变灭磁试验进行录波。

**5.4.5 自动/手动以及两套独立调节通道的切换试验****5.4.5.1 试验目的**

考核发电机励磁调节器自动/手动及双通道的各种切换过程中励磁电流的波动和机端电压变化情况。检验相互跟踪情况, 是否可快速正确跟踪并能够实现无扰切换。

**5.4.5.2 试验情况一**

- a) 试验条件。在开环小电流情况下, 发电机励磁调节器工作电源投入。调节器工作在自动方式下, 使晶闸管导通小电流正常工作, 调节触发控制角度为强励角或强减角(也可退出积分环节另选一点)。

- b) 试验方法。做调节器主从通道切换试验, 用示波器观测晶闸管导通角度是否变化, 并测量晶闸管输出直流侧电压值, 不应有明显变化。

**5.4.5.3 试验情况二**

- a) 试验条件。发电机空载运行情况下, 调节器双通道工作正常。

- b) 试验方法。调节器做自动/手动通道切换试验, 观测机组机端电压是否出现波动及波动量, 并进行录波。然后对调节器做主从通道切换试验, 观测机组机端电压是否出现波动及波动量, 并进行录波。

**5.4.5.4 试验情况三**

- a) 试验条件。发电机并网运行情况下, 带一定负荷。调节器双通道工作正常。

- b) 试验方法。调节器做自动/手动通道切换试验, 观测机组机端电压是否出现波动及波动量, 并进行录波。然后对调节器做主从通道切换试验, 观测机组无功是否出现波动及波动量, 并进行录波。

在切换时, 发电机机端电压或无功功率均不应有明显的波动。调节通道切换应进行无故障切换和模拟运行通道故障时切换两种方式。

切换试验的结果应满足 DL/T 583—2006 中 4.3.2 和 4.3.3 的要求。

**5.4.6 10%阶跃响应试验****5.4.6.1 试验目的**

检验励磁调节器的调节性能。

**5.4.6.2 试验条件**

发电机处于空载运行状态, 维持在额定转速下。

**5.4.6.3 试验方法**

励磁调节器工作在自动方式。将发电机定子电压调整在额定值, 突减调节器给定值相当于发电机额定电压的 10% 的阶跃信号, 录制施加阶跃信号后的发电机电压、励磁电流波形。

然后, 突加励磁调节器给定值发电机额定电压的 10% 的阶跃信号, 重复录制上述各量的波形。

试验结果应满足 DL/T 583—2006 中 4.2.8 a) 的要求。

#### 5.4.7 调压精度测试

##### 5.4.7.1 试验目的

由于调压精度测试上的困难, 因此以测试发电机电压静差率来代替。确定励磁调节器所具有的调节性能。

##### 5.4.7.2 试验条件

发电机运行在负载工况下, 自动励磁调节器的调差单元退出。

##### 5.4.7.3 试验方法

电压给定值不变, 退出发电机解列后自动返回空载给定值功能。使发电机负载从额定视在功率值减到零(可通过跳出口断路器), 同时记录对应发电机机端电压, 然后根据 DL/T 583—2006 中的公式(1), 计算发电机电压负载变化时的调压精度。

#### 5.4.8 电压给定值整定范围及变化速度测试

##### 5.4.8.1 试验目的

测试励磁调节器在自动、手动方式下的调节范围并测试调节器电压调节速度。

##### 5.4.8.2 试验条件

发电机分别运行在空载状态和负载工况下。

##### 5.4.8.3 试验方法

发电机工作在空载状态。分别在恒发电机定子电压闭环调节方式以及恒发电机转子电流闭环调节方式下, 通过对发电机励磁调节器进行增、减(磁)给定值操作观测发电机定子电压给定值、转子电流给定值的上下限, 并做记录。

发电机工作在负载状态(由于实际操作困难可用模拟方法)。分别在恒发电机定子电压闭环调节方式以及恒发电机转子电流闭环调节方式下, 通过对发电机励磁调节器进行增、减(磁)给定值操作观测发电机定子电压给定值、转子电流给定值的上、下限, 并做记录。试验结果应符合 DL/T 583—2006 中 4.3.4 的规定。

发电机工作在空载状态下。在恒发电机定子电压闭环调节方式下, 对发电机励磁调节器进行增、减励磁操作, 记录某时间段中发电机机端电压变化量。然后, 计算出单位时间(1s)的机端电压变化百分数值。试验结果应满足 DL/T 583—2006 中 4.2.10 的要求。

#### 5.4.9 测录带自动励磁调节器的发电机电压—频率特性

##### 5.4.9.1 试验目的

测试发电机空载情况下的频率变化对机端电压调节性能的影响。

##### 5.4.9.2 试验条件

发电机运行在空载工况下, 机组频率在 47Hz~52Hz 范围内变化。退出电压/频率限制器功能。

##### 5.4.9.3 试验方法

发电机频率在 47Hz~52Hz 范围内变化, 测量发电机机端电压的变化值, 并进行计算。其结果应符合 DL/T 583—2006 中 4.2.7 的规定。

#### 5.4.10 电压/频率限制试验

##### 5.4.10.1 试验目的

测试励磁调节器的电压/频率限制特性。

##### 5.4.10.2 试验条件

发电机运行在空载工况下, 机组频率变化在 45Hz~50Hz 范围内。投入电压/频率限制器功能。

##### 5.4.10.3 试验方法

发电机在空载额定转速及额定电压下, 励磁调节器处于自动方式运行。逐步缓慢降低机组频率。当机组频率降低至 47.5Hz 时电压/频率限制功能应开始动作。随着机组频率的逐步降低, 发电机机端电压逐步自

**DL/T 489—2006**

动下降, 观察转子电流没有明显增大。当机组频率降低至 45Hz 时, 发电机逆变灭磁, 机端电压降到最低。

**5.4.11 TV 断线模拟试验****5.4.11.1 试验目的**

测试励磁调节器的 TV 断线检测功能, 并验证 TV 断线后励磁调节器自动切换动作的正确性。

**5.4.11.2 试验条件**

发电机运行在空载工况下。

**5.4.11.3 试验方法**

发电机在空载额定转速下, 发电机机端电压带至额定值, 励磁调节器处于恒电压闭环自动方式运行。人为模拟任意 TV 断一相, 微机励磁调节器应发出报警信号同时从主通道自动切换至备用通道 (也可从自动切至手动)。对双自动通道调节器则进行通道切换后仍保持自动方式运行。TV 断线调节器切换后, 发电机仍应保持稳定运行, 机端电压或无功功率应基本保持不变。TV 断线恢复后, 励磁调节器的 TV 断线信号应自动复归。

**5.4.12 整流功率柜的噪声试验**

整流功率柜应在冷却系统全部投运状态下, 柜门关闭时测量噪声。测得的噪声在离柜 1m 处应不大于 70dB。测试结果应符合 DL/T 583—2006 中 4.4.2 的规定。

测量方法参考 GB 12349 和 DL/T 799.3。

**5.4.13 励磁系统整流功率柜的均流试验****5.4.13.1 试验目的**

检查并联功率柜的均流情况。

**5.4.13.2 试验条件**

试验时按低压大电流的接线方式。现场机组带额定无功功率。

**5.4.13.3 试验方法**

将所有整流功率柜输出并联连接, 带相应的大电流负载或直接将直流端口短路。通过调节器将整流功率柜带至额定励磁电流下, 测量每个整流桥的电流, 并计算均流系数。

计算公式见 DL/T 583—2006 中的公式 (3)。

测得的均流系数应符合 3.2.11 的规定。

**5.4.14 带自动励磁调节器的发电机电压调差率的测定****5.4.14.1 试验目的**

检查调差极性是否符合设计或电网的要求, 测量励磁调节器发电机电压调差率整定的正确性。

**5.4.14.2 试验条件**

发电机并网运行, 功率因数为零的情况下。将自动励磁调节器调差单元投入。自动励磁调节器投入“自动”位置, 电压给定值固定。解除电压给定值回空功能。

**5.4.14.3 试验方法**

首先确认调差极性是否符合设计或电网的要求。通过改变电厂内相邻机组的无功功率或电厂母线电压, 使得试验发电机无功功率达到一定数值 (越大越好), 记录该点的发电机机端电流  $I_{G1}$  和该点的机端电压  $U_{G1}$ 。然后, 跳发电机出口断路器, 记录发电机机端电流  $I_{G0}$  和机端电压  $U_{G0}$ 。按照 DL/T 583—2006 标准中的公式 (2), 计算发电机电压调差率。

也可以首先通过增加励磁将发电机无功带到额定, 记录该点电流、电压值。然后跳发电机出口断路器, 再记录一点电流、电压值。将两点电流、电压值代入调差率公式进行计算。

调差率的设置调整范围应符合 DL/T 583—2006 中 4.2.6 的规定。

**5.4.15 发电机无功负荷调整试验及甩负荷试验****5.4.15.1 试验目的**

试验通过励磁调节器调整无功负荷的能力, 并测试励磁调节器在发电机甩无功时的调节特性。

**5.4.15.2 试验条件**

发电机并网运行,有功功率分别为 $0\%P_N$ 、 $100\%P_N$ 下,调整发电机无功负荷到额定值(可加做一次 $50\%$ 无功)。调节器给定值固定。机组解列后灭磁开关不跳,维持空载运行。

**5.4.15.3 试验方法**

通过手动跳出口断路器,机组甩负荷解列。记录甩负荷前、后发电机的有关数据。并录制甩负荷时发电机电压、励磁电压和励磁电流波形。观测励磁调节器在发电机甩无功时的调节特性。通过甩负荷试验确定调节器能否满足发电机甩无功时将机端电压及时回到空载位置以及调节器调节性能能否满足DL/T 583—2006中4.3.4和4.2.8c)的规定。若不能满足则调整调节器有关参数。

**5.4.16 发电机在空载和额定工况下的灭磁试验****5.4.16.1 试验目的**

检验励磁系统灭磁性能。

**5.4.16.2 试验条件**

发电机运行在空载工况下和发电机运行在额定工况。

**5.4.16.3 试验方法**

发电机在空载额定转速及额定电压下跳灭磁开关或磁场断路器进行灭磁,录制发电机电压、转子电压、转子电流和断路器断口电压、灭磁电阻电流的波形。

发电机在额定工况下,跳发电机出口断路器,联动跳灭磁开关或磁场断路器进行灭磁。录制发电机电压、转子电流、转子电压和断路器断口电压、灭磁电阻电流的波形。

检查灭磁时间、磁场电压控制值是否达到设计要求。

**5.4.17 励磁系统顶值电压及电压响应时间的测定(可选项)****5.4.17.1 试验目的**

检测励磁系统动态特性参数。

**5.4.17.2 试验条件**

发电机处于并网状态。励磁调节器处于“自动”位置。测试前将电力系统稳定器退出。

**5.4.17.3 试验方法**

当发电机带上额定负荷且励磁绕组温度已趋稳定后,记录励磁电流、励磁电压和励磁绕组温度。然后突加偏差信号使整流器触发控制角达到最小,模拟发电机电压下降(实际操作中可逐步增加电压下降幅度的模拟,注意控制风险),使得发电机励磁控制系统强励。同时,录制励磁电压响应曲线、励磁电流响应曲线、计算出励磁顶值电压、励磁系统电压响应时间。

模拟发电机电压突然下降的信号,应持续到励磁顶值电流达到要求值时将其自动切除。

**5.4.18 各辅助功能单元及保护、检测装置的整定与动作正确性试验****5.4.18.1 试验目的**

检测励磁系统各限制、保护功能参数整定与动作正确性。

**5.4.18.2 试验条件**

发电机处于并网状态。

**5.4.18.3 试验方法**

a) 过励磁限制功能试验。发电机处于滞相区间运行。过励磁限制功能限制曲线整定好以后,调节器在自动调节方式下,投入过励限制功能。将有功功率稳定在一定值上,无功功率保持在较小的数值,使发电机运行点处于过励磁限制功能限制曲线以内。增加励磁电流,使无功功率逐步增加,最终超出限制曲线,过励磁限制功能动作。延时数秒后,发电机无功功率应被箝定在限制曲线整定值上,要求无功功率无明显的摆动。

b) 欠励磁限制功能试验。发电机于进相区间运行。欠励磁限制功能限制曲线整定好以后,调节器在自动调节方式下,投入欠励限制功能。将有功功率稳定在一定值上。试验开始无功功率可以

## DL/T 489—2006

为零数值,使发电机运行点处于欠励磁限制功能限制曲线以内。减少励磁电流,使发电机进相无功功率逐步增加,最终超出限制曲线。欠励磁限制功能应瞬时动作。动作后,继续减磁无效。发电机无功功率应被箝定在限制曲线整定值上,要求无功功率无明显的摆动。

应注意欠励磁限制功能应先于失磁保护动作。

## 5.4.19 电力系统稳定器(PSS)试验

## 5.4.19.1 试验目的

整定 PSS 的相频特性和幅频特性。测试 PSS 对有功低频振荡抑制的有效性。考核 PSS 对抑制低频振荡的作用。

## 5.4.19.2 试验模型

PSS 模型见 DL/T 583—2006 中 3.40。

## 5.4.19.3 试验条件

进行 PSS 试验时,要求被试机组尽可能带满负荷运行,功率因数尽量接近 1;励磁系统运行状况正常;被试机组调速系统性能正常。

## 5.4.19.4 试验仪器

波形记录仪,频谱分析仪或动态信号分析仪,低延迟时间交流电压变送器等。

## 5.4.19.5 试验方法

将发电机有功功率升至接近额定负载,功率因数接近 1.0 的工况下运行。励磁系统及调节器工作正常。首先做 PSS 不投入情况下的励磁控制系统相频和幅频特性的测试,获得励磁系统在 0.1Hz~2Hz 范围内的频率特性。

根据励磁控制系统的相频特性、可能发生的振荡频率(试验和仿真结果),整定 PSS 环节相频特性,也即整定 PSS 超前和滞后时间及回路增益。然后投入 PSS 检验其抑制有功低频振荡的效果。可以用不同方法来检验 PSS 的抑制有功低频振荡的效果。常用的方法有发电机负载阶跃响应法、系统阻抗突变法和正弦扰动强迫振荡法三种,较常用的是发电机负载阶跃响应法。

## 5.4.19.6 试验过程

- a) 测量被试机组励磁系统 PSS 不投入情况下的相频特性。无补偿频率特性即励磁控制系统滞后特性,为自动电压调节器信号综合点(和点)到发电机端电压的相频特性。在自动电压调节器信号综合点加不同频率的小干扰信号(白噪声),用分析仪测量发电机机端电压,得到励磁控制系统 PSS 不投入情况下的相频特性;
- b) PSS 参数整定计算。整定 PSS 环节参数。根据上面测量的结果和线路上有功功率低频振荡时的振荡频率,计算被试机组 PSS 的校正参数。要求在线路发生有功功率低频振荡时,PSS 输出的力矩向量对应  $\omega$  轴在超前  $10^\circ$ ~滞后  $45^\circ$  以内,并使发电机本机有功功率振荡时 PSS 输出的力矩对应  $\omega$  轴在  $0^\circ$ ~滞后  $30^\circ$  之间;
- c) 校核被试机组励磁系统的相位校正特性。励磁控制系统 PSS 投入后的频率特性由无补偿频率特性、PSS 单元相频特性和 PSS 信号测量环节相频特性相加得到,其应有较宽的频带;
- d) 测试 PSS 临界增益。将发电机有功功率调整在某稳定值,投入 PSS 和切除 PSS,观察机组各有关量应无扰动。然后投入 PSS,将 PSS 增益从零逐渐增加,测试发电机励磁电压直到出现轻微持续的振荡为止,此时的增益即为 PSS 的临界增益。PSS 增益实际整定值一般为临界增益的  $1/3$ ~ $1/5$ ;
- e) 测试 PSS 对有功低频振荡的抑制效果。常用的方法是发电机负载阶跃响应法测试。通过人为的机端电压不大于 5% 的额定值阶跃扰动,迫使机组的有功功率振荡。然后录取投入 PSS 和没有投入 PSS 两种情况下的有功功率、机端电压等量的变化波形。通过计算有功功率波形的衰减阻尼比及波形的振荡频率比较可以看出 PSS 抑制有功低频振荡的效果。

另外也可以使用系统阻抗突变法和强迫振荡响应法;

- f) 检查 PSS 是否存在“反调”现象。投入 PSS, 按机组增减有功功率最快的速度调节机组出力, 使之变化额定有功功率的 10%, 测录调节中有功功率和无功功率的变化波形, PSS 应无明显的反调现象。一般可接受不超过 30% 的额定无功功率的波动。

#### 5.4.20 励磁系统各部分的温升试验

发电机在额定负载与额定功率因数下, 连续运行 2h 后, 按 DL/T 583—2006 中表 1 规定的各部位。用铂电阻法、绕组电阻法或红外测温仪测其温度, 温升值不得超过规定的限值。励磁变压器温升不得超过 GB 1094.2 和 GB 6450 中规定的温升限值。

#### 5.4.21 励磁系统在额定工况下的 72h 试运行

应在额定工况下与机组同时进行 72h 试运行。运行期间, 应测量发电机电压、发电机电流、励磁电压、励磁电流及均流、均压、各部分温升等。

#### 5.5 环境和机械振动试验

试验方法和要求按 GB/T 15153.2 进行。

#### 5.6 电磁兼容试验

试验方法和要求按 GB/T 17626 进行, 参考 IEC 61000-4, 试验等级应达到 DL/T 583—2006 中附录 A 的要求。



DL/T 489—2006

附录 A  
(规范性附录)  
试验记录要求

试验必须有完整、正规的试验记录, 试验记录的内容一般应包括下列各项:

- a) 被试设备的名称、型号、制造厂、出厂日期、出厂编号、装置的额定值;
  - b) 试验项目名称;
  - c) 试验条件和试验工况;
  - d) 记录量的原始值与波形;
  - e) 最终的试验结果;
  - f) 有关的说明及结论;
  - g) 使用的主要仪器、仪表的型号和出厂编号;
  - h) 试验日期;
  - i) 试验单位的试验负责人和试验人员签字。
-