

ICS 27.100

K 51

备案号: 63160-2018

**DL**

# 中华人民共和国电力行业标准

DL/T 489 — 2018

代替 DL/T 489 — 2006

---

## 大中型水轮发电机静止整流励磁系统 试验规程

**Test code for static rectified excitation systems for large  
and medium hydro generators**

2018-04-03 发布

2018-07-01 实施

---

国家能源局 发布

## 目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 试验分类.....	2
5 基本规定.....	2
6 试验项目.....	3
7 试验方法与要求.....	3
附录 A（规范性附录） 试验项目.....	15
附录 B（资料性附录） 试验记录要求.....	17

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。  
请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准代替 DL/T 489—2006《大中型水轮发电机静止整流励磁系统及装置的试验规程》，与 DL/T 489—2006 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

——新增基本规定内容；

——将试验项目作为规范性附录。

本标准由中国电力企业联合会标准化管理中心提出。

本标准由电力行业水电站自动化标准化技术委员会（DL/TC 17）归口。

本标准起草单位：国电南瑞科技股份有限公司。

本标准起草人：邵宜祥、许其品、葛东平、谢燕军、杨铭、邓小君、徐蓉、郝勇。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——DL/T 489—2006；

——DL/T 489—1992。

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）。

# 大中型水轮发电机静止整流励磁系统试验规程

## 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，10MW 以下参照执行。

## 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 311.1 绝缘配合 第 1 部分：定义、原则和规则

GB/T 2900.32 电工术语 电力半导体器件

GB/T 7894 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 第 2 篇：环境条件（气候、机械和其他非电影响因素）

GB/T 17626 电磁兼容试验和测量技术

GB 26860 电力安全工作规程 发电厂和变电站电气部分

GB 50150 电气装置安装工程 电气设备交接试验标准

DL/T 294.1 发电机灭磁及转子过电压保护装置技术条件 第 1 部分：磁场断路器

DL/T 294.2 发电机灭磁及转子过电压保护装置技术条件 第 2 部分：非线性电阻

DL/T 490 发电机励磁系统及装置安装、验收规程

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—2018 大中型水轮发电机静止整流励磁系统技术条件

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 1013 大中型水轮发电机微机励磁调节器试验导则

DL/T 1627 水轮发电机励磁系统晶闸管整流桥技术条件

DL/T 1628 水轮发电机励磁变压器技术条件

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

**A 级检修 class A maintenance**

对发电机组进行全面的解体检查和修理，以保持、恢复或提高设备性能。

### 3.2

**B 级检修 class B maintenance**

针对机组某些设备存在的问题，对机组部分设备进行解体检查和修理。

### 3.3

**C 级检修 class C maintenance**

根据设备的磨损、老化规律，有重点地对机组进行检查、评估、修理、清扫。

### 3.4

#### **D 级检修 class D Maintenance**

当机组总体运行状况良好时，而对主要设备的附属系统和设备进行消缺。

### 3.5

#### **静态试验 static test on site**

在运行现场未连接发电机情况下针对励磁系统进行的性能检测试验。

## 4 试验分类

### 4.1 型式试验

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 & 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。
- c) 按合同规定且用户有特殊要求时需对电站安装的产品进行型式试验者。

应在出厂试验符合附录 A 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。

### 4.2 出厂试验

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。

### 4.3 交接试验

励磁系统现场安装完成后进入试运行前对产品的主要性能指标的综合测试。验证结果应满足 DL/T 583 的有关要求。

### 4.4 定期检查试验

对已投入运行的励磁系统设备和装置，为确保其安全、可靠地运行，配合机组进行 A、B、C、D 级检修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。

## 5 基本规定

### 5.1 安全措施

应根据具体的检修任务、检修工艺、试验要求和现场的运行方式、设备布置情况，有针对性地部署安全措施，安全技术措施规定参见 GB 26860。

5.2 调试人员素质及培训要求参见 DL/T 490。

5.3 励磁系统试验结果满足 DL/T 583—2018 的要求。

## 6 试验项目

注：试验项目参见附录 A。

## 7 试验方法与要求

### 7.1 励磁系统设备的绝缘耐压试验

注：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，被试电子元器件、电容器的各电极在试验前应短接。

#### 7.1.1 绝缘电阻的测定

##### 7.1.1.1 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。

##### 7.1.1.2 测量绝缘电阻的仪表

- a) 100V 以下电气设备或回路，使用 250V 绝缘电阻表。
- b) 500V 以下至 100V 的电气设备或回路，使用 500V 绝缘电阻表。
- c) 3000V 以下至 500V 的电气设备或回路，使用 1000V 绝缘电阻表。
- d) 10000V 以下至 3000V 的电气设备或回路，使用 2500V 绝缘电阻表。
- e) 10000V 以上的电气设备或回路，使用 2500V 或 5000V 绝缘电阻表。

注：详细规定参见 GB 50150。

##### 7.1.1.3 绝缘电阻值

不同性质的电气回路绝缘电阻值要求如表 1 所示。

表 1 不同性质的电气回路绝缘电阻值

序号	电气回路性质	绝缘电阻值
1	与励磁绕组及电气回路直接连接的所有回路及设备	不小于 $1M\Omega$
2	与发电机定子电气回路直接连接的设备或回路	不低于 GB/T 7894 及 GB 50150 的规定
3	与励磁绕组或电气回路不直接连接的设备或回路	不小于 $1M\Omega$

#### 7.1.2 耐压试验

- a) 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，试验前、后阻值差异应小于 10%。
- b) 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，不应被击穿，且不应产生绝缘损坏或闪络现象。

##### 7.1.2.1 与励磁绕组电气回路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、晶闸管整流桥、磁场断路器、直流电缆、过电压保护器及灭磁电阻等）

- 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。

#### 7.1.2.2 与发电机定子电气回路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 的规定并参考 DL/T 1628 的规定。
- b) 交接试验电压按 GB 50150 的规定进行。
- c) 定期检验试验电压按 DL/T 596 的规定进行。

#### 7.1.2.3 与励磁绕组电气回路不直接连接的设备与回路 (包括调节器及二次设备)

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

### 7.2 励磁调节器及二次设备的试验

#### 7.2.1 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。

#### 7.2.2 励磁调节器连续运行及温升试验

按照 7.7.21 和 7.7.22 的有关规定进行。

#### 7.2.3 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, 可参照 7.8 的规定进行。

#### 7.2.4 励磁调节器及其二次设备电磁兼容试验

励磁调节器及其二次设备电磁兼容试验按照 DL/T 1013 的有关规定进行。

### 7.3 晶闸管整流桥试验

#### 7.3.1 晶闸管试验

- a) 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), 应测试并提供功率组件的相关参数:  
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  $U_{DRM}$ 、泄漏电流。  
动态: 通态平均电流  $I_{T(av)}$ 、通态平均压降  $U_{T0}$ 、反向重复峰值电压  $U_{RRM}$ 、泄漏电流、壳温、风速。
- b) 并联整流器的晶闸管应进行元件的筛选配对。
- c) 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并联配对表。

注：术语参见 GB/T 2900.32。

### 7.3.2 脉冲变压器试验

- 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。脉冲前沿陡度不应小于  $1\text{A}/\mu\text{s}$ ，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，耐压试验标准不应低于 7.1 的规定。

### 7.3.3 晶闸管整流桥试验要求

- a) 绝缘电阻测定及耐压试验按 7.1 的规定进行。
- b) 电气二次设备的试验按 7.2 的规定进行。
- c) 噪声、均流等其他性能试验按 7.7.1、7.7.2、7.7.3、7.7.13 和 7.7.14 的规定进行。
- d) 其他试验按 DL/T 1627 的规定执行。

### 7.4 磁场断路器试验

- a) 绝缘电阻测定及耐压试验。试验按 7.1 的规定进行。下列部位的绝缘电阻，不应小于  $5\text{M}\Omega$ ：
  - 1) 断开的两极触头间；
  - 2) 主回路中所有导电部分与地之间。
- b) 导电性能检查。闭合磁场断路器，通以  $100\text{A}$  电流，测量主触头的电压降。再分开磁场断路器，重复 3 次。记录 3 次测量结果的平均值不应大于制造厂的规定。双断口或多断口电压降偏差不大于 10%。另可附加测试磁场断路器各触头的合闸压力，应符合制造厂的规定。
- 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 3 次。在控制回路施加的分闸电压为 65% 额定操作电压时，分断 3 次。磁场断路器应可靠分合。
- 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均应符合制造厂的规定。测量开关各断口的动作时差，如各主断口间的分闸时差，主、辅断口间的分合闸时差等。辅助断口的闭合时间应满足灭磁功能的要求。
- e) 分断电流试验。磁场断路器分别以最小分断电流、空载额定励磁电流各进行 1 次~2 次分断试验。试验后检查触头及栅片等，应无明显异常。
- f) 其他试验按 DL/T 294.1 的规定执行。

最小分断电流试验按照型式试验要求进行。空载额定励磁电流下的分断试验可结合 7.7.17 进行。

### 7.5 非线性电阻及转子过电压保护器部件试验

#### 7.5.1 非线性电阻试验

- a) 非线性电阻试验按 DL/T 294.2 的规定执行。
- b) 对于氧化锌非线性电阻元件，交接试验中应逐支路测试记录元件压敏电压  $U_{10\text{mA}}$ 。测试元件泄漏电流，对元件施加相当于 0.5 倍  $U_{10\text{mA}}$  直流电压时其泄漏电流应小于  $100\mu\text{A}$ ，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 20% 时应更换整组非线性电阻。
- c) 非线性电阻组件工频耐压试验按 7.1 的规定进行。
- d) 当采用碳化硅电阻时，试验按制造厂出厂标准进行。



## 7.5.2 跨接器试验

- a) 电气元器件的试验。对晶闸管的测试应符合 7.3 的规定。其余电气元器件试验按 7.1 的规定进行。
- b) 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。试验方法如下：
  - 1) 断开跨接器连接的相关回路，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）。
  - 2) 应有必要的限流措施，以免造成电源或设备损坏。
  - 3) 投入试验电源，模拟过电压触发跨接器动作值，动作值应符合整定要求。

## 7.6 励磁变压器试验

励磁变压器试验按 DL/T 1628 的规定执行。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。
- 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 1094.11 的规定（该试验可以在 b 项试验过程中进行）。

## 7.7 励磁系统试验

### 7.7.1 开环小电流试验

#### 7.7.1.1 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。

#### 7.7.1.2 试验条件

励磁调节器与晶闸管整流装置小电流试验接线完成，整流桥及同步变压器为同相序且为正相序，励磁调节器工作正常，示波器、假负载等试验仪器齐备。

#### 7.7.1.3 试验方法

- a) 模拟发电机转速令。
- b) 使励磁调节器工作在开环控制方式。
- c) 操作增减磁，改变整流柜直流侧输出。
- d) 用示波器观察假负载上的波形，每个周期输出锯齿波形应有稳定的 6 个波头，且一致性好，增减磁时波形平滑变化，无跳跃变化。
- e) 测量晶闸管整流桥输出电压，应与计算值吻合。
- f) 双套自动电压调节器应分别进行上述试验并做切换试验，切换前后，整流桥输出波形一致。

### 7.7.2 开环高压小电流试验

#### 7.7.2.1 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，进行功率整流桥的参数验证。

### 7.7.2.2 试验条件

励磁调节器与晶闸管整流装置高压小电流试验接线完成，其他同 7.7.1.2。

### 7.7.2.3 试验方法

- a) 使励磁调节器工作在开环控制方式。
- b) 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。
- c) 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。
- d) 利用示波器观察晶闸管输出直流侧波形，每个周期输出锯齿波形应有稳定的 6 个波头，且一致性好，增减磁时波形平滑变化，无跳跃变化。

注：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。

## 7.7.3 开环低压大电流试验

### 7.7.3.1 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。

### 7.7.3.2 试验条件

励磁调节器与晶闸管整流装置低压大电流试验接线完成，整流装置的冷却系统工作正常，其他同 7.7.1.2。

### 7.7.3.3 试验方法

- a) 使励磁调节器工作在开环控制方式。
- b) 将晶闸管整流装置的直流侧采用通流铜排进行短接或接低值大电流负载。
- c) 将输入晶闸管整流装置的交流侧电压调整至 20V 左右。
- d) 开启晶闸管整流装置的冷却系统。
- e) 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 个波头，且一致性好。
- f) 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。
- g) 继续增磁，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，2h 以后测点温度应稳定不再上升。
- h) 如需做最大励磁电流试验，将电流进一步升至顶值电流倍数，持续 20s。当电流减至额定值后测量各点温升并记录。

注：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。

## 7.7.4 零起升压、自动升压、软起励试验

### 7.7.4.1 试验目的

测试励磁调节器零起升压、自动升压、软起励特性。

### 7.7.4.2 试验条件

发电机转速在 0.90 倍~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。

### 7.7.4.3 试验方法

- a) 零起升压。
  - 1) 调整励磁调节器电压或电流给定值至最低值（如 5%）。
  - 2) 给励磁调节器开机令，发电机机端电压应自动上升至电压给定值。
  - 3) 增磁将发电机机端电压逐渐升至额定值。对试验过程的机端电压、电压给定、励磁电流、触发角度等进行记录。发电机机端电压上升过程应平稳。
- b) 自动升压。
  - 1) 调整励磁调节器电压给定值至额定值。
  - 2) 给励磁调节器开机令，发电机机端电压应快速上升至额定值，对试验过程的机端电压、电压给定、励磁电流、触发角度等进行录波，试验结果应满足 DL/T 583—2018 的要求。
- c) 软起励。
  - 1) 将励磁调节器置于软起励方式。
  - 2) 给励磁调节器开机令，发电机机端电压应按一定的速率逐渐平稳上升至额定值或设定值。

### 7.7.5 升降压及逆变灭磁特性试验

#### 7.7.5.1 试验目的

检验励磁调节器升降压及逆变灭磁性能。

#### 7.7.5.2 试验条件

发电机运行在空载工况下。

#### 7.7.5.3 试验方法

- a) 通过增磁、减磁增加或减少发电机机端电压，机端电压变化应平稳。
- b) 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或通过远方发出停机令进行逆变灭磁，励磁系统应可靠灭磁，无逆变颠覆现象。
- c) 对逆变灭磁试验进行录波。

### 7.7.6 调节通道的切换试验

#### 7.7.6.1 试验目的

考核发电机励磁调节器 AVR 与 FCR 方式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。

#### 7.7.6.2 静态试验

静态试验参照 7.7.1 进行。

#### 7.7.6.3 空载试验

- a) 试验条件：在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 AVR 与 FCR 方式切换试验，并进行录波。然后对调节器做主/从通道切换试验，并进行录波。

#### 7.7.6.4 负载试验

- a) 试验条件：在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 AVR 与 FCR 方式切换试验，并进行录波。然后对调节器做主/从通道切换试验，并进行录波。

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。

切换试验结果应满足 DL/T 583—2018 的要求。

#### 7.7.7 10%阶跃响应试验

##### 7.7.7.1 试验目的

检验励磁调节器的调节性能。

##### 7.7.7.2 试验条件

发电机处于空载运行状态，机组维持在额定转速下。

##### 7.7.7.3 试验方法

- a) 使励磁调节器工作在 AVR 方式。
- b) 将发电机机端电压给定值调整至额定值。
- c) 励磁调节器给定值降 10%，并进行录波。
- d) 励磁调节器给定值升 10%，并进行录波。

注：试验结果应满足 DL/T 583—2018 的要求。

#### 7.7.8 调压精度/静差率测试

##### 7.7.8.1 试验目的

确定励磁调节器所具有的调节性能。

##### 7.7.8.2 试验条件

发电机运行在负载工况下，励磁调节器的调差单元退出。

##### 7.7.8.3 试验方法

- a) 保持调节器电压给定值不变，退出发电机解列后自动返回空载给定值功能。
- b) 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—2018 的规定，计算发电机电压负载变化时的调压精度。

#### 7.7.9 电压给定值整定范围测试

##### 7.7.9.1 试验目的

测试励磁调节器在 AVR、FCR 方式下的调节范围。

##### 7.7.9.2 试验条件

发电机分别模拟空载状态和模拟负载状态。

### 7.7.9.3 试验方法

- a) 使调节器工作在空载状态。分别在恒发电机机端电压闭环调节方式及恒发电机转子电流闭环调节方式下,对发电机励磁调节器进行增、减磁观测发电机机端电压给定值、转子电流给定值的上、下限,并做记录。
- b) 使调节器工作在负载状态。分别在恒发电机机端电压闭环调节方式及恒发电机转子电流闭环调节方式下,对发电机励磁调节器进行增、减磁观测发电机机端电压给定值、转子电流给定值的上、下限,并做记录。

注:试验结果应满足 DL/T 583—2018 的要求。

### 7.7.10 励磁调节器的发电机电压-频率特性测试

#### 7.7.10.1 试验目的

测试发电机空载情况下的频率变化对发电机机端电压调节性能的影响。

#### 7.7.10.2 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。

#### 7.7.10.3 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—2018 的规定。

### 7.7.11 伏/赫兹限制试验

#### 7.7.11.1 试验目的

测试励磁调节器的电压/频率限制特性。

#### 7.7.11.2 试验条件

发电机运行在空载工况下,机组频率变化在 45Hz~52Hz 范围内;投入伏/赫兹限制器。

#### 7.7.11.3 试验方法

- a) 发电机在空载额定转速及额定电压下,使励磁调节器处于 AVR 方式运行。
- b) 逐步缓慢降低机组频率,当机组频率降低至整定值时,伏/赫兹(电压/频率)限制器功能应开始动作,励磁调节器应报伏/赫兹限制,增磁无效。

### 7.7.12 电压互感器(VT)断线模拟试验

#### 7.7.12.1 试验目的

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

#### 7.7.12.2 试验条件

发电机运行在空载工况下,转速和机端电压为额定值。

### 7.7.12.3 试验方法

- a) 使励磁调节器处于 AVR 方式运行。
- b) 模拟主通道 VT 断相，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。对双自动电压调节器则进行通道切换后仍保持 AVR 方式运行。模拟主通道、备用通道，同时 VT 断线，励磁调节器应从 AVR 方式切至 FCR 方式。切换后，发电机仍应能保持稳定运行，机端电压应基本保持不变。
- c) 恢复 VT 断线，励磁调节器的 VT 断线信号应自动复归。

注：上述试验应在静态模拟试验完成后进行，试验方法应与静态试验一致。

### 7.7.13 晶闸管整流桥的噪声试验

晶闸管整流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 处不应大于 75dB。测试结果应符合 DL/T 583—2018 的规定。测量方法参考 DL/T 799.3。

### 7.7.14 励磁系统晶闸管整流桥的均流试验

#### 7.7.14.1 试验目的

检查并联晶闸管整流桥的均流状态。

#### 7.7.14.2 试验条件

厂内试验时按低压大电流的接线方式。现场试验时发电机带额定无功功率。

#### 7.7.14.3 试验方法

厂内试验时将所有晶闸管整流桥输出并联连接，带相应的大电流负载或直接将直流端口短路。通过调节器将晶闸管整流桥输出调节至额定励磁电流，测量每个整流桥的电流，并计算均流系数。

计算公式及均流系数要求参见 DL/T 583—2018。

### 7.7.15 励磁调节器电压调差率的测定

#### 7.7.15.1 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。

#### 7.7.15.2 试验条件

发电机并网运行，功率因数为零的情况下；将励磁调节器调差单元投入。励磁调节器投入 AVR 方式，电压给定值固定。

#### 7.7.15.3 试验方法

- a) 首先记录该点发电机机端电流、电压值。
- b) 然后增磁或减磁改变发电机无功功率，再记录该点发电机机端电流、电压值。
- c) 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—2018 的规定。试验方法也可以采用甩负荷方法。

### 7.7.16 发电机无功负荷调整试验及甩负荷试验

#### 7.7.16.1 试验目的

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

#### 7.7.16.2 试验条件

发电机并网运行，有功功率分别为  $0\%P_N$ 、 $50\%P_N$ 、 $100\%P_N$  时，调整发电机无功负荷到额定值。机组解列后磁场断路器不跳，维持空载运行。

#### 7.7.16.3 试验方法

- a) 手动跳出口断路器，机组甩负荷解列。
- b) 记录甩负荷前、后发电机的机端电压、励磁电流等，并录制甩负荷时发电机电压、励磁电压和励磁电流波形。

调节器应具有发电机甩负荷时将机端电压及时回到空载位置的功能，甩负荷时调节器调节特性应满足 DL/T 583—2018 的规定。

### 7.7.17 发电机在空载和负载工况下的灭磁试验

#### 7.7.17.1 试验目的

检验励磁系统灭磁性能。

#### 7.7.17.2 试验条件

发电机运行在空载工况下和发电机运行在负载工况下。

#### 7.7.17.3 试验方法

- a) 发电机在空载额定转速及  $50\%$ 额定电压下跳磁场断路器进行灭磁，录制发电机电压、转子电压、转子电流、断路器断口电压和灭磁电阻电流的波形。
- b) 发电机在空载额定转速及额定电压下跳磁场断路器进行灭磁，录制发电机电压、转子电压、转子电流、断路器断口电压和灭磁电阻电流的波形。
- c) 发电机在负载工况下，跳发电机出口断路器，联动跳磁场断路器进行灭磁，录制发电机电压、转子电压、转子电流、断路器断口电压和灭磁电阻电流的波形。

检查灭磁时间、磁场电压控制值应达到设计要求。

### 7.7.18 励磁系统顶值电压及电压响应时间的测定（可选项）

#### 7.7.18.1 试验目的

检测励磁系统动态特性参数。

#### 7.7.18.2 试验条件

发电机并网，励磁调节器为 AVR 方式，测试前将电力系统稳定器退出。

#### 7.7.18.3 试验方法

- a) 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。

- b) 施加偏差信号或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），使整流桥触发控制角达到最小。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。
- c) 偏差信号应持续到励磁顶值电压达到要求值时将其自动切除。

### 7.7.19 限制及保护试验

#### 7.7.19.1 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。

#### 7.7.19.2 试验条件

发电机并网，调节器工作在 AVR 方式。

#### 7.7.19.3 试验方法

- a) 过无功限制功能试验。
  - 1) 将有功功率稳定在一定值上，无功功率保持在较小的数值。
  - 2) 整定过无功限制曲线，投入过无功限制功能。
  - 3) 增加励磁电流，使无功功率逐步增加，最终超出限制值，过无功限制器应动作。延时数秒后，发电机无功功率应被箝定在限制整定值。
- b) 欠励限制功能试验。
  - 1) 将有功功率稳定在一定值上，试验开始无功功率可以为零数值。
  - 2) 整定欠励限制曲线，投入欠励限制功能。
  - 3) 减小励磁电流，使发电机进相无功功率逐步增加，最终低于限制值。欠励限制应瞬时动作。动作后，继续减磁无效。发电机无功功率应被箝定在限制整定值。

注：应注意欠励限制器应先于失磁保护动作。

### 7.7.20 电力系统稳定器（PSS）试验

#### 7.7.20.1 试验目的

测试 PSS 的相频特性和幅频特性，验证 PSS 的效果，考核 PSS 对抑制低频振荡的作用。

#### 7.7.20.2 试验模型

PSS 模型见 DL/T 583—2018。

#### 7.7.20.3 试验条件

被试发电机有功功率应大于 80% 额定，功率因数尽量接近 1，被试机组励磁系统和调速系统正常。波形记录仪、频谱分析仪或动态信号分析仪等试验仪器齐备。

#### 7.7.20.4 试验方法

- a) 测量被试发电机无补偿相频和幅频特性，获得 0.1Hz~3Hz 范围内被试发电机的频率特性。
- b) 根据被试发电机的相频特性、振荡频率范围，整定 PSS 参数。
- c) 投入 PSS，采用发电机负载阶跃或系统阻抗突变等方法检验其抑制有功低频振荡的效果。



d) 投入 PSS, 通过快速调整发电机有功功率, 观察发电机无功反调现象。

#### 7.7.21 励磁系统各部分的温升试验

发电机在额定负荷与额定功率因数下, 连续运行 2h 后, 按 DL/T 583—2018 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 DL/T 1628 中规定的温升限值。

#### 7.7.22 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、各部分温升等。

### 7.8 环境和机械振动试验

试验方法和要求按 GB/T 15153.2 进行。

### 7.9 电磁兼容试验

试验项目及试验等级应达到 DL/T 583—2018 中附录 A 的要求, 试验方法和要求按 GB/T 17626 进行。

**附录 A**  
**(规范性附录)**  
**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 A.1 所示。

**表 A.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	
					A/B	C/D
1	励磁调节器试验	a				
1.1	绝缘和耐压试验	√	√	√	√	d
1.2	电气调整试验	√	√	√		
1.3	振动和环境试验	√				
1.4	电磁兼容试验	√				
2	晶闸管整流桥试验					
2.1	绝缘和耐压试验	√	√	√	√	d
2.2	晶闸管元件试验	b	b			
2.3	脉冲变压器试验	√	b			
2.4	电气二次设备试验	√	√	√	√	d
3	磁场断路器试验	a				
3.1	绝缘和耐压试验	√	√	√	√	d
3.2	导电性能检查	√	√			
3.3	操作性能检查	√	√	√	√	
3.4	同步性能检查	√	√	√	√	
3.5	分断电流试验	√		d		
4	非线性电阻及过电压保护器部件试验	a				
4.1	绝缘和耐压试验	√	√	√	√	d
4.2	灭磁电阻试验	√	√	b	d	
4.3	跨接器试验	√	√	d	d	
5	励磁变压器试验	a				
5.1	绝缘和耐压试验	√	√	√	√	d
5.2	三相不对称试验	√	√	√		
5.3	温升试验	√	√			
5.4	1.3 倍工频感应耐压试验	√	√			
6	励磁系统试验					
6.1	开环小电流试验	√	√	√	√	d
6.2	开环高压小电流试验	√	√			
6.3	开环低压大电流试验	√	√			

表 A.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	
					A/B	C/D
6.4	零起升压, 自动升压, 软起励试验	√		√	√	<sup>d</sup>
6.5	升降压及逆变灭磁特性试验	√		√	√	<sup>d</sup>
6.6	调节通道的切换试验	√	√	√	√	<sup>d</sup>
6.7	空载状态下 10% 的阶跃响应试验	√		√	<sup>d</sup>	
6.8	调压精度/静差率试验	√		<sup>c</sup>		
6.9	电压给定值整定范围测试	√	√	√		
6.10	励磁调节器的发电机电压-频率特性测试	√		√		
6.11	电压/频率限制试验	√		√		
6.12	VT 断线模拟试验	√	√	√	<sup>d</sup>	
6.13	晶闸管整流桥的噪声试验	√	√			
6.14	励磁系统晶闸管整流桥的均流试验	√	<sup>d</sup>	√	√	
6.15	励磁调节器调差率的测定	√		√		
6.16	发电机无功负荷调整及甩负荷试验	√		√		
6.17	发电机在空载和负载工况下的灭磁试验	√		√	<sup>d</sup>	
6.18	励磁系统顶值电压及电压响应时间的测定	√		<sup>d</sup>		
6.19	过无功磁限制功能试验	√		√		
6.20	欠励磁限制功能试验	√		√	√	
6.21	电力系统稳定器 PSS 试验	√		<sup>d</sup>		
6.22	励磁系统各部分的温升试验	√	√	√	√	<sup>d</sup>
6.23	励磁系统在额定工况下的 72h 连续试运行	√		√		

<sup>a</sup> 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。  
<sup>b</sup> 出具有关元件参数文件和功率组件全动态试验报告。  
<sup>c</sup> 出具新产品测试报告或用户要求。  
<sup>d</sup> 可选项。

**附录 B**  
**(资料性附录)**  
**试验记录要求**

试验应有完整、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、环境温度及湿度。
  - i) 试验单位的试验负责人和试验人员签字。
-

中华人民共和国  
电力行业标准  
大中型水轮发电机静止整流励磁系统  
试验规程

DL/T 489—2018  
代替 DL/T 489—2006

\*

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>)  
北京传奇佳彩印刷有限公司印刷

\*

2018年12月第一版 2019年4月北京第二次印刷  
880毫米×1230毫米 16开本 1.25印张 35千字  
印数301—800册

\*

统一书号 155198·1039 定价 16.00元

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题，我社营销中心负责退换



中国电力出版社官方微信



电力标准信息微信

为您提供 **最及时、最准确、最权威** 的电力标准信息



155198.1039