

ICS 27.100  
K 51  
备案号: 63056-2018



# 中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1013 — 2018  
代替 DL/T 1013 — 2006

---

## 大中型水轮发电机微机励磁 调节器试验导则

Test guide for microprocessor excitation  
regulator 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 基本规定..... 1

4 试验分类和试验项目 ..... 1

5 试验方法..... 2

附录 A（规范性附录） 励磁调节器试验项目..... 5

附录 B（资料性附录） 励磁调节器仿真试验方法..... 7

## 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。

本标准代替 DL/T 1013—2006《大中型水轮发电机微机励磁调节器试验与调整导则》，与 DL/T 1013—2006 相比，主要修改内容如下：

- 增加电磁兼容性试验项目；
- 增加 D 级检修相关内容；
- 增加最大励磁电流限制、双电压互感器（TV）断线检测相关内容；
- 增加仿真试验方法。

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（DL/TC 17）归口。

本标准起草单位：国电南瑞科技股份有限公司。

本标准主要起草人：邵宜祥、许其品、袁亚洲、谢燕军、万泉、张俊。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- DL/T 1013—2006。

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）。

# 大中型水轮发电机微机励磁调节器试验导则

## 1 范围

本标准规定了大中型水轮发电机微机励磁调节器的试验分类、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（简称发电机）的微机励磁调节器的使用与试验调整要求。10MW 以下的机组可参照执行。

## 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/T 17626（所有部分） 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

DL/T 489 大中型水轮发电机静止整流励磁系统试验规程

DL/T 490 发电机励磁系统及装置安装、验收规程

DL/T 583—2018 大中型水轮发电机静止整流励磁系统技术条件

## 3 基本规定

3.1 安全技术措施应符合 GB 26860 的规定。现场试验应根据具体的试验要求和现场的运行方式、设备布置情况，有针对性地制订安全措施。

3.2 调试人员素质及培训要求应按 DL/T 490 的规定执行。

3.3 试验结果应满足 DL/T 583—2018 的要求。

3.4 环境要求应符合 DL/T 583—2018 的规定。

3.5 试验条件应满足以下要求：

- a) 励磁调节器无故障，完成相关安全措施。
- b) 仪器仪表的精度和量程满足试验要求。
- c) 主要试验仪器包括标准三相交流电压源（输出 0V~150V、45Hz~82.5Hz、准确度等级不低于 0.5 级）、标准三相交流电流源（输出 0A~10A、准确度等级不低于 0.5 级）、三相调压器、三相全控晶闸管整流桥、负载用滑线变阻器、示波器、万用表、电流表（准确度等级不低于 0.5 级）、电压表（准确度等级不低于 0.5 级）等。
- d) 型式试验信号源准确度等级不低于 0.2 级。

## 4 试验分类和试验项目

### 4.1 试验分类

励磁调节器的试验分为型式试验、出厂试验、交接试验、定期检查试验四种。

### 4.2 试验项目

励磁调节器试验项目包括绝缘耐压试验、电磁兼容性试验、电气单元特性试验、参数整定及静态模拟试验、动态试验、动态模拟或仿真试验等，详见附录 A。

## 5 试验方法

### 5.1 绝缘耐压试验

按 DL/T 489 的规定进行。

### 5.2 电磁兼容性试验

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

### 5.3 电气单元特性试验与调整

#### 5.3.1 直流稳压电源单元

- a) 稳压范围：稳压电源单元接额定负载，调节稳压电源交流输入电压在 55%~130%额定电压值之间。测量并记录输出电压，绘制输入输出电压变化曲线。
- b) 外特性曲线：输入电压为额定值，使负载电流在 0 至额定值之间变化，测量并记录输出电压，绘制输出电压电流变化曲线。
- c) 输出纹波系数：保持输入、输出电压和负载均为额定值，测量输出电压的纹波值。稳压纹波峰值应不大于 1% 的电压额定值。

#### 5.3.2 模拟量校验

- a) 试验接线：调节器电压输入端子同相并联后接入标准电压源，电流输入端子同相串联后接入标准电流源。
- b) 交流采样：将三通道示波器连接在 A/D 转换器前，观测三相交流信号的相位和幅值，相位误差应不大于 1°，幅值误差应不大于 0.5%。
- c) 整流型采样：将万用表连接在 A/D 转换器前，观测各相信号电压/电流有效值应相同，误差应不大于 0.5%。
- d) 观测模拟信号在调节器中的显示值，误差应不大于 0.5%。
- e) 测量范围检查：调整电压源、电流源输出，电压源有效值变化范围为额定值的 0%~150%，电流源有效值变化范围为额定值的 0%~200%，测试点应不少于 15 个，其中应包括零值和最大值。测量误差应满足上述要求。

#### 5.3.3 开关量校验

- a) 开关量输入试验：手动改变输入开关量状态，状态显示应正确。
- b) 开关量输出试验：模拟每路开关量的输出，状态输出应正确。

#### 5.3.4 同步及移相特性校验

- a) 同步相序测试：将标准三相交流电压源按标定的相序连接到调节器同步输入端子。调节器显示同步电压相序应正确。
- b) 补偿角校验：修改补偿角，使小电流输出电压波形与调节器触发角一致。
- c) 触发控制角范围测试：设置不少于 15 个触发控制角测试点（宜均匀分布，且应包括最小角、90°角、最大角），测量整流桥小电流输出的波形应正常，并记录最大角、最小角。
- d) 同步信号幅值变化测试：触发控制角置于固定角度，将电压源输出电压频率值设定在额定值，调整同步电压值在 0%~150%范围的变化，观测并记录同步电压信号和触发脉冲之间的移相，

分析两者之间的关系，确定调节器正常工作的同步电压最低值。

- e) 同步信号频率变化测试：触发控制角置于固定角度，将电压源输出电压设定在额定值，调整输入同步电压频率值，使其在 0.9 倍~1.65 倍额定频率范围内变化，观测并记录同步电压信号和触发脉冲之间的移相。分析两者之间的关系，确定调节器正常工作的同步电压频率上下限。

### 5.3.5 脉冲特性试验

- a) 触发脉冲检查：用示波器观测脉冲变压器一次侧和晶闸管控制极的脉冲波形，脉冲应光滑、干净，前沿陡度应不小于  $1\text{A}/\mu\text{s}$ ，宽度一般不小于  $5^\circ$ ，应可见脉冲前沿的开通尖峰和脉冲后沿的导通平台，保证晶闸管可靠触发。当为双窄脉冲时，两个脉冲应相差  $60^\circ$ 。当为脉冲序列时，应和设计波形相同。
- b) 触发脉冲一致性检查：调节器带晶闸管整流桥，做开环小电流试验，调节器输出一个固定的触发控制角，用示波器观测同步电压和整流桥输出电压。当同步电压、整流桥输入电压为标准三相对称电压时，负载上锯齿波形应相同。电源电压为 50Hz 时，一个周波内应有 6 个波头。当调节器变化相角时，锯齿波 6 个波头仍应对称、一致。

### 5.3.6 电源切换试验

调节器任意工作电源切换时，调节器均应保持正常工作。

## 5.4 调节器参数整定和功能静态模拟试验

### 5.4.1 自动电压调节 (AVR) 和励磁电流调节 (FCR) 方式调节范围测定

- a) 模拟调节器分别工作在发电机空载和负载工况下，调节方式分别为 AVR 和 FCR。
- b) 通过调节器增、减给定值操作，观测发电机定子电压给定值、转子电流给定值的上下限，并记录。

### 5.4.2 通道跟踪切换试验

- a) 调节器工作在 AVR 方式，分别调整触发控制角度为最小角或最大角。也可切除积分环节将触发控制角稳定在一个值上。
- b) 调节器带晶闸管整流桥，做开环小电流试验。
- c) 切换调节器主/从通道，观测并记录整流桥输出电压波形应无变化。

### 5.4.3 过无功限制参数整定和静态模拟试验

- a) 模拟调节器工作在发电机负载工况下，采用 AVR 方式运行。
- b) 输入实际的过无功限制整定值。
- c) 模拟有功功率分别在  $0$ 、 $0.5P_N$ 、 $1.0P_N$  ( $P_N$  为额定功率) 时，调整无功功率的大小。调节器过无功限制应准确动作，动作时间与设计值一致，记录动作值。无功功率超过过无功限制值后，应闭锁增磁。
- d) 调整模拟输入使其满足过无功限制的返回条件，过无功限制信号应正常返回。

### 5.4.4 欠励限制参数整定和静态模拟试验

- a) 模拟调节器工作在发电机负载工况下，采用 AVR 方式运行。
- b) 输入实际的欠励限制整定值。
- c) 模拟有功功率分别在  $0$ 、 $0.5P_N$ 、 $1.0P_N$  时，调整无功功率的大小。调节器欠励限制应准确动

作，动作时间应与设计值一致，记录动作值。无功功率低于欠励限制值后，应闭锁减磁。

- d) 调整模拟输入使其满足欠励限制的返回条件，欠励限制信号应正常返回。

#### 5.4.5 强励反时限限制参数整定和静态模拟试验

- a) 模拟调节器工作在发电机负载工况下，采用 AVR 方式运行。
- b) 输入实际的强励反时限限制整定值。
- c) 将模拟转子电流测量值分别调整为发电机额定转子电流的 1.2 倍、1.4 倍、1.6 倍、1.8 倍和 2 倍，调节器强励反时限限制应准确动作，动作时间应与设计值一致，记录转子电流动作值和动作时间。
- d) 调整模拟转子电流使其满足强励限制的返回条件，强励限制信号应正常返回。

#### 5.4.6 伏/赫限制参数整定和静态模拟试验

- a) 用三相电压源模拟机端电压，调节器工作在空载额定工况下，采用 AVR 方式运行。
- b) 输入实际的伏/赫限制整定值。
- c) 从 52Hz 起逐渐降低三相电压源频率，在伏/赫限制动作范围内应记录不少于 4 个频率点的机端电压值和频率值，直到逆变灭磁。
- d) 当伏/赫值大于整定值时，调节器伏/赫限制应准确动作，动作时间应与设计值一致，记录动作值。

#### 5.4.7 TV 断线功能模拟试验

- a) 用三相电压源模拟机端电压，调节器采用 AVR 方式运行。
- b) 双通道调节器发生单 TV 断线时，未发生 TV 断线的通道保持或切换为主通道，发生 TV 断线的通道保持或切换为从通道，并运行在电流闭环方式。
- c) 双通道调节器发生双 TV 断线时，两个通道均应切换至电流闭环方式。

### 5.5 动态试验

空载试验、负载试验要求见 DL/T 489。

### 5.6 仿真试验

仿真试验可采用动态模拟试验或实时数字仿真方式，试验项目见附录 A。

#### 5.6.1 试验条件

采用动态模拟试验时，根据要求完成相应的调节器、整流桥等装置的试验接线。调整参数使模拟机组和电力系统使之与实际机组和电力系统参数一致。调节器无故障，整流装置的冷却系统工作正常。

采用实时数字仿真试验时，在实时数字仿真平台搭建整流桥、发电机及电力系统等模型，并设置好参数。励磁调节器完成相关试验接线。

#### 5.6.2 试验方法

试验方法参见附录 B。

附 录 A  
(规范性附录)  
励磁调节器试验项目

励磁调节器型式试验、出厂试验、交接试验、定期检查试验项目见表 A.1。

表 A.1 励磁调节器试验项目

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 级检修	C/D 级检修
1	绝缘耐压试验	√	√			
2	电磁兼容性试验	√				
3	电气单元特性试验					
3.1	直流稳压电源单元试验	√	√	d	d	d
3.2	模拟量测量环节试验	√	√	√	√	d
3.3	开关量输入输出环节试验	√	√	√	√	d
3.4	同步信号及移相特性环节试验	√	√			
3.5	脉冲特性试验	√	√		d	d
3.6	电源切换试验	√	√	d	d	d
4	调节器参数整定和静态模拟试验					
4.1	AVR 和 FCR 环节调整范围测定	√	√	d	d	
4.2	两套调节器通道切换试验	√	√	√	d	d
4.3	过无功限制参数整定和静态模拟试验	√	√	√	d	
4.4	欠励限制参数整定和静态模拟试验	√	√	√	d	
4.5	强励反时限限制参数整定和静态模拟试验	√	√	d	d	
4.6	伏/赫限制参数整定和静态模拟试验	√	√	√	d	
4.7	TV 断线功能模拟试验	√	√	√	d	
5	调节器动态试验					
5.1	起励试验	&	√	√	√	
5.2	零起升压试验	&	d	√		d
5.3	逆变灭磁试验	&	d	√	√	d
5.4	空载电压闭环阶跃响应试验 (PID 参数整定)	&	d	√		
5.5	空载电流闭环阶跃响应试验 (PID 参数整定)	&	d	√		
5.6	AVR/FCR、调节器通道切换试验	√	d	√	d	d
5.7	TV 断线试验	&	d	√	d	
5.8	伏/赫限制试验	&	d	@		

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 级检修	C/D 级检修
5.9	过无功限制试验	&	@	@		
5.10	欠励限制试验	&	@	@		
5.11	最大励磁电流限制	&	@	@		
5.12	强励反时限限制试验	&	@	@		
5.13	三相短路试验	&				
5.14	两相短路试验	&				
5.15	两相接地短路试验	&				
5.16	单相接地短路试验	&				
5.17	调差率试验	&	@	√		
5.18	电力系统稳定器 (PSS) 试验	&	@	√		
5.19	甩负荷试验	&	@	√		
注：√为应做项目；d 为可选做项目，也可选做项目中某些内容；@为模拟试验；&为仿真试验。						

**附 录 B**  
(资料性附录)  
**励磁调节器仿真试验方法**

励磁调节器仿真试验方法参见表 B.1。

**表 B.1 励磁调节器仿真试验方法**

序号	试验项目	试 验 方 法
1	起励试验	输入开机建压/投励磁信号，记录起励波形数据，检查调节器的起励建压性能
2	零起升压试验	修改电压参考值至最低，开机建压/投励磁，手动逐步增加电压参考值，检查调节器的零起升压功能
3	逆变灭磁试验	输入逆变灭磁/切励磁信号，记录逆变灭磁波形数据，检查调节器的逆变灭磁性能
4	空载电压闭环阶跃响应试验	做空载电压闭环阶跃响应试验，记录波形数据，检查调节器的调节性能
5	空载电流闭环阶跃响应试验	做空载电流闭环阶跃响应试验，记录波形数据，检查调节器的调节性能
6	AVR/FCR、通道切换、电源切换试验	做 AVR/FCR 切换、通道切换、电源切换，记录波形数据，检查调节器的切换性能
7	TV 断线试验	模拟不同情况的 TV 断线，记录波形数据，检查调节器的 TV 断线保护性能
8	伏/赫限制试验	改变机端电压/频率超过限制值，记录波形数据，检查调节器的伏/赫限制性能
9	过无功限制试验	增加机组无功功率超过限制值，记录波形数据，检查调节器的过无功限制性能
10	欠励限制试验	减少机组无功功率超过限制值，记录波形数据，检查调节器的欠励限制性能
11	强励反时限限制试验	增加励磁电流超过限制值，记录波形数据，检查调节器的强励反时限限制性能
12	最大励磁电流限制	增加励磁电流超过最大限制值，记录波形数据，检查调节器的最大励磁电流限制性能
13	单相接地短路试验	模拟单相接地短路故障，记录波形数据，检查调节器的调节性能
14	两相短路试验	模拟两相短路故障，记录波形数据，检查调节器的调节性能
15	两相接地短路试验	模拟两相接地短路故障，记录波形数据，检查调节器的调节性能
16	三相短路试验	模拟三相短路故障，记录波形数据，检查调节器的调节性能
17	调差率试验	改变调差极性、调差系数，记录波形数据，检查调节器的调差性能
18	PSS 试验	测试机组的频率特性，计算并整定 PSS 参数，做负载阶跃试验，记录波形数据，检查调节器的 PSS 性能
19	甩负荷试验	模拟机组甩负荷工况，记录波形数据，检查调节器的甩负荷调节性能

中 华 人 民 共 和 国  
电 力 行 业 标 准  
大中型水轮发电机微机励磁调节器试验导则

DL/T 1013—2018  
代替 DL/T 1013—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

\*

2019年7月第一版 2019年7月北京第一次印刷  
880毫米×1230毫米 16开本 0.75印张 16千字  
印数 001—300册

\*

统一书号 155198·1481 定价 15.00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



155198.1481