

ICS 29.160.20

K 20

备案号: 37370-2012

**DL**

# 中华人民共和国电力行业标准

DL / T 1166 — 2012

---

## 大型发电机励磁系统现场试验导则

Field test guidelines of excitation system  
for large synchronous generators

2012-08-23 发布

2012-12-01 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 试验范围和准备事项 ..... 2

5 现场试验 ..... 3

6 试验报告 ..... 11

附录 A（资料性附录） 励磁附加控制制定值表 ..... 12

# 前 言

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。

本标准起草单位：湖北省电力公司电力试验研究院、华北电力科学研究院、中国电力科学研究院、浙江省电力试验研究院。

本标准主要起草人：丁凯、崔一铂、苏为民、濮均、陈新琪、吴跨宇、李鹏。

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）。

# 大型发电机励磁系统现场试验导则

## 1 范围

本标准规定了大型发电机励磁系统现场常规试验项目、试验内容、试验步骤及试验判据等内容。

本标准适用于 50MW 及以上水轮发电机组、200MW 及以上汽轮发电机组励磁系统。50MW 以下水轮发电机组、200MW 以下汽轮发电机组励磁系统、抽水蓄能机组可参照执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件对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 3797 电气控制设备

GB/T 7064 隐极同步发电机技术要求（GB/T 7064—2008，IEC 60034-3: 2007，MOD）

GB/T 7409（所有部分） 同步电机励磁系统

GB/T 14285 继电保护和安全自动装置技术规程

GB/T 19517 国家电气设备安全技术规范

GB/T 50150 电气装置安装工程 电气设备交接试验标准

DL/T 478 继电保护和安全自动装置通用技术条件（DL/T 478—2001，IEC 60255 系列标准，NEQ）

DL/T 583 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 电力设备预防性试验规程

DL/T 843 大型汽轮发电机励磁系统技术条件

JB/T 7784 透平同步发电机用交流励磁机 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**

电动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

**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。

### 3.3

**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。

### 3.4

**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。

### 3.5

**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电流的平均值与最大支路电流值之比。

3.6

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。

3.7

发电机负载阶跃响应的波动次数和调节时间 oscillation times and regulating time of on line step response

发电机有功功率波动发生至波动衰减到最大波动幅值的 5% 的波动次数和时间。

3.8

发电机空载阶跃响应的上升时间 the rising time of generator of no load step response

发电机空载阶跃扰动中，发电机电压从前一次稳态量到后一次稳态量之间的差值为 10% ~90% 的时间。

3.9

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。

3.10

逆变灭磁 inverter de-excitation

利用三相全控桥的逆变工作状态令励磁电源以反电动势形式加于励磁绕组，使转子电流迅速衰减到零的灭磁方式。

3.11

跳灭磁开关灭磁 field current breaker trip de-excitation

励磁系统跳灭磁开关将磁场能量转移到灭磁电阻上的灭磁方式。

4 试验范围和准备事项

4.1 试验范围

4.1.1 励磁系统设备移交到现场试验前应按 GB/T 7409 及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。现场试验应包括交接试验和定期检查试验，励磁系统现场试验项目见表 1。

表 1 励磁系统现场试验项目

| 序号 | 试 验 项 目                | 交接试验 | 定期检查试验 |
|----|------------------------|------|--------|
| 1  | 设备安装后质量检查              | √    |        |
| 2  | 励磁系统各部件绝缘试验            | √    | √      |
| 3  | 自动电压调节器各单元特性检查         | √    | √      |
| 4  | 操作、保护、限制及信号回路动作试验      | √    | √      |
| 5  | 交流励磁机带整流装置时空载试验和负载试验   | √    |        |
| 6  | 副励磁机负载特性试验             |      | √      |
| 7  | 发电机（带自动电压调节器）零起升压试验    | √    | √      |
| 8  | 自动及手动电压调节范围测量          | √    | √      |
| 9  | 灭磁试验及转子过电压保护试验         | √    | √      |
| 10 | 自动电压调节通道切换及自动/手动控制方式切换 | √    | √      |
| 11 | 发电机空载阶跃响应试验            | √    | √      |
| 12 | 电压互感器（TV）二次回路断线试验      | √    | √      |

表 1（续）

| 序号                      | 试 验 项 目                | 交接试验 | 定期检查试验 |
|-------------------------|------------------------|------|--------|
| 13                      | 发电机负载阶跃响应试验            | √    | √      |
| 14                      | 发电机各种工况（包括进相）时的带负荷调节试验 | √    |        |
| 15                      | 功率整流装置额定工况下均流试验        | √    |        |
| 16                      | 电压静差率及电压调差率测定          | √    |        |
| 17                      | 用无功负荷试验                | √    |        |
| 18                      | 励磁系统模型参数确认试验           | √    |        |
| 19                      | 电力系统稳定器（PSS）试验         | √    |        |
| 注：现场试验必须包括以上项目但不限于以上项目。 |                        |      |        |

4.1.2 发电机投产前，励磁系统主要设备应进行质量检查，在现场应按 GB 50150、GB/T 7409 及相关国家标准和本标准进行现场交接试验，现场交接试验应核对厂家提供的试验结果。

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

4.2 准备事项

4.2.1 拟订试验计划、编写试验大纲，其内容包括试验目的、试验项目、试验方法、试验步骤、试验条件、注意事项、安全措施以及时间安排、现场分工。

4.2.2 成立试验领导小组，试验过程由一人统一指挥，统一行动，分工明确，任务具体，参加试验的各方应明确职责。

4.2.3 参加考核、验收试验的各方，应对试验方法、标准和仪器仪表的精度等达成协议，并落实安全措施。

5 现场试验

5.1 静态试验

5.1.1 励磁系统各部件绝缘试验

- a) 试验条件：被测试设备表面应整洁，励磁系统各设备电气回路接线应正确，应选择测试电压正确的绝缘电阻表。
- b) 试验内容和评判标准：励磁系统各部件绝缘试验内容和评价标准见表 2。各回路绝缘电阻应满足 GB 50150 的要求。

表 2 励磁系统各部件绝缘试验内容和评判标准

| 测试部位                | 测试电压<br>V | 绝缘电阻<br>MΩ |
|---------------------|-----------|------------|
| 端子排对机柜外壳<br>（断电条件下） | 500       | ≥1.0       |
| 交流母排对机柜外壳           | 1000      | ≥1.0       |
| 共阴极对机柜外壳            | 500       | ≥1.0       |
| 共阳极对机柜外壳            | 500       | ≥1.0       |
| 直流正、负极之间            | 500       | ≥1.0       |

表 2（续）

| 测试部位                         | 测试电压<br>V | 绝缘电阻<br>MΩ |
|------------------------------|-----------|------------|
| 励磁变压器高压绕组<br>（与发电机、主变压器断开）对地 | 2500      | ≥20        |
| 励磁变压器高压绕组<br>（与发电机、主变压器连接）对地 | 2500      | ≥1.0       |
| 励磁变压器低压绕组对地                  | 1000      | ≥1.0       |
| 控制电源回路对地                     | 500       | ≥1.0       |
| TV、TA 回路对地                   | 500       | ≥1.0       |
| 发电机—变压器组保护<br>跳闸信号回路对地       | 500       | ≥1.0       |

5.1.2 操作、保护、限制及信号回路动作试验

- a) 试验条件：进行操作、保护、限制及信号回路试验时，应确认没有接线错误后才允许接通电源，通电前应确认各开关等元件处于开路状态。
- b) 试验内容：对励磁系统的全部操作、保护、限制及信号回路应按照逻辑图进行传动检查；应对技术条件和合同规定的相关内容进行检查；判断设计图和竣工图的正确性。操作、保护、限制及信号回路动作试验内容见表 3。

表 3 操作、保护、限制及信号回路动作试验内容

| 试验类别 |    | 检 查 项 目          | 结果 |
|------|----|------------------|----|
| 控制操作 | 1  | 分合灭磁开关           |    |
|      | 2  | 起励、灭磁            |    |
|      | 3  | 自动通道间，自动、手动通道间切换 |    |
|      | 4  | PSS 投退           |    |
|      | 5  | 就地、远方切换          |    |
|      | 6  | 就地、远方增减磁         |    |
|      | 7  | 运行方式选择           |    |
|      | 8  | 恒无功、恒功率因数选择      |    |
| 运行状态 | 9  | 励磁调节装置调节方式       |    |
|      | 10 | 运行通道             |    |
|      | 11 | PSS 投/切          |    |
|      | 12 | 磁场断路器分/合         |    |
|      | 13 | 发电机电压、电流         |    |
|      | 14 | 有功功率和无功功率        |    |
|      | 15 | 励磁电压和励磁电流        |    |

表 3（续）

| 试验类别 |    | 检 查 项 目       | 结果 |
|------|----|---------------|----|
| 故障显示 | 16 | 励磁机故障         |    |
|      | 17 | 励磁变压器故障       |    |
|      | 18 | 功率整流装置故障      |    |
|      | 19 | 电压互感器断线       |    |
|      | 20 | 励磁装置工作电源消失    |    |
|      | 21 | 励磁调节装置故障      |    |
|      | 22 | 触发脉冲故障        |    |
|      | 23 | 调节通道自动切换动作    |    |
|      | 24 | 欠励限制动作        |    |
|      | 25 | 过励限制动作        |    |
|      | 26 | $U_{lf}$ 限制动作 |    |
|      | 27 | 起励故障          |    |
|      | 28 | 旋转整流元件故障      |    |
|      | 29 | 发电机—变压器组故障跳闸  |    |

c) 评判标准：应确认实际系统与设计图纸一致，各项功能正常。

5.1.3 自动电压调节器各单元特性检查

5.1.3.1 稳压电源单元检查

a) 试验内容：

- 1) 稳压范围测试：稳压单元接相当于实际电流的等值负载，根据稳压范围的要求，改变输入电压幅值和频率，测量输出电压的变化。
- 2) 输出纹波系数测试：输入、输出电压和负载电流均为额定值，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。

b) 评判标准：输出电压纹波系数应小于 2%，输出电压与额定电压的偏差值应小于 5%。

5.1.3.2 模拟量、开关量单元检查

a) 试验条件：标准三相交流电压源（输出 0V~150V，45Hz~55Hz，精度不低于 0.5 级），标准三相交流电流源（输出 0A~10A，精度不低于 0.5 级），标准直流电压源（输出 0~2 倍额定励磁电压，精度不低于 0.5 级）。利用三相电压源和电流源接入励磁调节器，模拟定子电压、定子电流、代表转子电流的整流器阳极电流等信号、转子电压。

b) 试验内容：

- 1) 模拟量测试：微机励磁调节器接入三相标准电压源和电流源。电压源有效值变化范围为 0%~130%（微机励磁调节器设计输入值），电流源有效值变化范围为 0%~150%。设置 5~10 个测试点，其中要求有 0 和额定值两点。模拟量测试范围及测量点见表 4。不要求测试点等间距，在设计的额定值附近测试点可以密集些。观测微机励磁调节器测量显示值并记录。



表 4 模拟量测试范围及测量点

| 类别         | 测量范围                               | 测 量 点                                   |
|------------|------------------------------------|-----------------------------------------|
| 电压、电流量     | 0% ~130% 额定值                       | 测试点 5~10 个，需包括 0 和额定值                   |
| 频率值        | 水轮发电机 45Hz~80Hz<br>汽轮发电机 48Hz~52Hz | 每隔 0.5Hz 测一次                            |
| 有功功率、无功功率量 | -80% ~100%                         | 至少包括额定有功功率、无功功率及额定有功功率零无功功率、额定无功功率零有功功率 |

2) 开关量测试：通过微机励磁调节器板件指示或界面显示逐一检查开关量输入、输出环节的正确性。

c) 评判标准：电压测量精度分辨率在 0.5% 以内，电流测量精度在 0.5% 以内，有功功率、无功功率计算精度在 2.5% 以内，开关量输入、输出符合设计要求。

5.1.3.3 低励限制单元试验

a) 试验内容：在低励限制单元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低励限制曲线对应的有功功率和无功功率数值。此时调整低励限制单元中有关整定参数，使低励限制动作。根据低励限制整定曲线，选择 2~3 个工况点验证特性曲线。

b) 评判标准：动作值与设置相符，低励限制动作信号正确发出。

5.1.3.4 过励限制单元试验

a) 试验内容：计算反时限特性参数并设置过励限制单元的顶值电流瞬时限制值和反时限特性参数。测量模拟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。在过励限制的输入端通入模拟发电机运行时的转子电流信号，其大小相应于过励限制曲线对应的转子电流。此时调整过励限制单元中有关整定参数，使过励限制动作。根据过励限制整定曲线，选择 2~3 个工况点验证过励限制特性曲线和动作延时。

b) 评判标准：动作值与设置相符，过励限制动作信号正确发出。

5.1.3.5 定子电流限制单元试验

a) 试验内容：用三相电流源作机端电流的模拟信号，整定并输入设计的定子电流限制曲线，调整三相电流源的输出大小使其对应于定子电流限制值。此时调整定子电流限制单元中有关整定参数，使定子电流限制动作。根据定子电流限制整定曲线，选择 2~3 个工况点验证定子电流特性曲线。

b) 评判标准：动作值与设置相符，励磁调节器定子电流限制动作信号正确发出。

5.1.3.6 *U/f* 限制单元试验

a) 试验内容：用可变频率三相电压源作机端电压的模拟信号，整定并输入设计的 *U/f* 限制曲线，调整三相电压源的频率，使电压频率在 45Hz~52Hz 范围内改变。测量励磁调节器的电压整定值和频率值并做记录。

b) 评判标准：动作值与设置相符，励磁调节器 *U/f* 限制动作信号正确发出。

5.1.4 同步信号及移相回路检查试验

a) 试验条件：标准三相交流电压源、示波器等试验仪器。

b) 试验内容：励磁调节器的运行方式为手动或定角度方式，模拟励磁调节器运行的条件，使其输出脉冲。用示波器观察调整触发脉冲与同步信号之间的相差，检查触发脉冲角度的指示与实测是否一致，调整最大和最小触发脉冲控制角限制。

c) 评判标准：励磁调节器移相特性正确。

### 5.1.5 开环小电流负载试验

- a) 试验条件：励磁调节器装置各部分安装检查正确，完成接线检查和单元试验及绝缘耐压试验后进行。如是自并励系统，加入与试验相适应的工频三相电源；如是交流励磁机励磁系统，则开启中频电源并检查输入电压为正相序。确定整流柜及同步变压器为同相序且为正相序，接好小电流负载。
- b) 试验内容：
  - 1) 输入模拟 TV 和 TA 以及励磁调节器应有的测量反馈信号，检测各测量值的测量误差在要求的范围之内。
  - 2) 励磁调节器上电，操作增减磁，改变整流柜直流输出，用示波器观察负载上波形，每个周期有 6 个波头，各波头对称一致，增减磁时波形变化平滑无跳变。
- c) 评判标准：直流输出电压应满足

$$U_d = 1.35U_{ab} \cos \alpha, \alpha \leq 60^\circ$$

$$U_d = 1.35U_{ab} [1 + \cos(\alpha + 60^\circ)], 60^\circ \leq \alpha \leq 120^\circ \quad (1)$$

式中：

$U_d$  —— 整流桥输出控制电压，V；

$U_{ab}$  —— 整流桥交流侧电压，V；

$\alpha$  —— 整流桥触发角，(°)。

整流设备输出电压波形的换相尖峰不应超过阳极电压峰值的 1.5 倍。

- d) 安全措施：断开励磁变压器一次接线。防止试验中谐波电流进入厂用电母线导致厂用电保护误动跳机。

## 5.2 发电机空载条件下试验

### 5.2.1 核相试验与相序检查试验

- a) 试验条件：励磁系统接线查对完毕，通电正常。
- b) 试验内容：
  - 1) 对于自并励系统，通过临时电源对励磁变压器充电，验证励磁变压器二次侧和同步变压器的相位一致。对励磁变压器送电后注意其温升的情况。
  - 2) 对于交流励磁机励磁系统，采用试验中频电源检查主电压和移相控制范围的关系，开机达额定转速后检查副励磁机电压相序。
- c) 评判标准：各相位关系应该符合设计要求。

### 5.2.2 交流励磁机带整流装置时的空载试验

- a) 试验条件：发电机空载状态稳定运行，由受励磁调节器控制的可控整流桥向励磁机励磁绕组供电，励磁机向发电机转子绕组供电，发电机转速稳定。
- b) 试验内容：
  - 1) 空载特性曲线：交流励磁机连接整流器，整流器的负载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及下降特性曲线。试验时测量励磁机磁场电压、磁场电流、交流输出电压及整流电压，试验时的最大整流电压可取励磁系统顶值电压。
  - 2) 负载特性曲线：可以在发电机空载及负载试验的同时，测量励磁机磁场电压、电流、发电机磁场电压等，作出励磁机负载特性曲线。
  - 3) 空载时间常数：交流励磁机空载额定转速时，使励磁机磁场电压发生阶跃变化，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（包括引线及整流元件）的空载时间常数。

### 5.2.3 副励磁机负载特性试验

- a) 试验条件：机组转速达到额定值。
- b) 试验内容：副励磁机以可控整流器为负载，整流装置输出接等值负载，逐渐增加负载电流，直至达到发电机额定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载电流。也可以在运行中测量不同负载时副励磁机的电压和整流负载电流。
- c) 评判标准：副励磁机负荷从空载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。

### 5.2.4 励磁调节器起励试验

- a) 试验条件：起励控制的静态检查结束，励磁调节器的PID参数已进行初步整定，发电机转速为额定转速。
- b) 试验内容：进行励磁调节器不同通道、自动和手动方式、远方和就地的起励操作，进行低设定值下起励和额定设定值下起励。
- c) 评判标准：能够成功起励，发电机电压稳定在设定值。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%。水轮机、燃气轮机等有调峰作用的机组应该具有快速并网能力，其励磁系统自动通道起励时间应小于15s。

### 5.2.5 自动及手动电压调节范围测量试验

- a) 试验条件：发电机空载稳定工况下进行。
- b) 试验内容：设置调节器通道，先以手动方式再以自动方式调节，起励后进行增减给定值操作，至达到要求的调节范围的上下限。记录发电机电压、转子电压、转子电流和给定值，同时观察运行稳定情况。
- c) 评判标准：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载磁场电流的20%，同时不能超过发电机电压的限制值。自动励磁调节时，发电机空载电压能在额定电压的70%~110%范围内稳定平滑地调节。在发电机空载运行时，DCS或手动连续操作下，自动励磁调节的调压速度应不大于每秒1%发电机额定电压，不小于0.3%发电机额定电压。

注意：如发电机与主变压器连接不能断开，则试验过程中励磁电流上限应保证机端电压不超过1.05倍额定电压。

### 5.2.6 灭磁试验及转子过电压保护试验

- a) 试验条件：灭磁装置静态检查结束，做好试验测量录波准备。
- b) 试验内容：灭磁试验在发电机空载额定电压下按正常停机逆变灭磁、单分灭磁开关灭磁、远方正常停机操作灭磁、保护动作跳灭磁开关灭磁4种方式进行，测录发电机端电压、磁场电流和磁场电压的衰减曲线，测定灭磁时间常数，必要时测量灭磁动作顺序。
- c) 评判标准：灭磁开关不应有明显灼痕，灭磁电阻无损伤，转子过电压保护无动作，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70%，应低于转子过电压保护动作电压。

### 5.2.7 自动电压调节通道切换及自动/手动控制方式切换试验

- a) 试验条件：在发电机95%额定空载电压状态下进行，做好录波准备。
- b) 试验内容：在空载运行工况下，人工操作调节器通道和控制方式切换，录波记录发电机电压。模拟通道故障、调节器电源消失等故障情况进行自动通道切换检查。
- c) 评判标准：发电机空载自动跟踪切换后机端电压稳态值变化小于1%额定电压，机端电压变化暂态值最大变化量不超过5%额定机端电压。

### 5.2.8 发电机空载阶跃响应试验条件、内容及评判标准

- a) 试验条件：发电机空载稳定运行，励磁调节器工作正常。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%。

- b) 试验内容：设置励磁调节器为自动方式，设置阶跃试验方式，设置阶跃量，发电机电压为空载额定电压，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。采用录波器测量记录发电机电压、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。
- c) 评判标准：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%。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%。较小的上升时间和适当的超调量有利于电力系统稳定。

### 5.2.9 冷却风机切换试验条件、内容及评判标准

- a) 试验条件：发电机空载运行，励磁调节器以正常自动方式运行。
- b) 试验内容：整流柜的风机为双套冗余设计，双路电源供电。模拟一路电源故障，观察备用风机是否启动；断掉风机工作电源，观察是否能够切换到备用电源继续工作。
- c) 评判标准：当工作风机故障停止运行时，备用风机应自动启动运行；在风机工作交流电源断电的情况下，应自动切换到备用电源工作。

### 5.2.10 电压互感器（TV）二次回路断线试验条件、内容及评判标准

- a) 试验条件：在发电机 95% 额定空载电压状态下进行，做好录波准备。
- b) 试验内容：励磁系统正常运行时人为模拟任意 TV 断一相，励磁调节器应能进行通道切换保持自动方式运行，同时发出 TV 断线故障信号。励磁调节器在备用通道再次发生 TV 断线时应切换到手动方式运行。模拟 TV 两相同时断线时，励磁调节器应切换到手动方式运行。当恢复被切断的 TV 后，励磁调节器的 TV 断线故障信号应复归，发电机保持稳定运行不变。
- c) 评判标准：TV 一相断线时发电机电压应当基本不变；TV 两相断线时，机端电压超过 1.2 倍的时间不大于 0.5s。

### 5.2.11 $U/f$ 限制试验条件、内容及评判标准

- a) 试验条件：在发电机空载稳定工况下，励磁调节器以自动方式正常运行。
- b) 试验内容：在机组额定转速下降低  $U/f$  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。水轮发电机应在额定电压下通过降低频率的方式进行试验。
- c) 评判标准： $U/f$  限制动作后运行稳定，动作值与设置值相符。

### 5.2.12 过励限制试验

- a) 试验条件：在发电机空载稳定工况下，励磁调节器以自动方式正常运行。
- b) 试验内容：试验中为达到限制动作，宜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。降低过励反时限动作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动作过程，应快速而稳定。
- c) 评判标准：过励限制动作后机组运行稳定，动作值与设置相符。
- d) 安全措施：防止过励限制试验过程中保护误动导致跳机。

## 5.3 发电机并网后试验

### 5.3.1 励磁系统 TA 极性检查

- a) 试验条件：发电机并网。
- b) 试验内容：发电机并网后，增减励磁，调节发电机无功功率，观察无功功率变化方向。
- c) 评判标准：无功功率变化方向与增减励磁方向一致，可判断励磁系统 TA 极性正确。

### 5.3.2 并网后调节通道切换及自动/手动控制方式切换试验

- a) 试验条件：在发电机带负荷状态下进行。

- b) 试验内容：在发电机并网带负荷运行工况下，人工操作励磁调节器通道和控制方式切换试验，观测记录机组无功功率的波动。
- c) 评判标准：发电机带负荷状态自动跟踪后切换无功功率稳态值变化小于 10% 额定无功功率。

### 5.3.3 电压静差率及电压调差率测定

- a) 试验目的：电压静差率是检验发电机负载变化时励磁调节器对机端电压的控制准确度；电压调差率测定试验的目的是实现发电机之间的无功分配和稳定运行并可以提高系统电压稳定性。
- b) 试验条件：发电机并网带负荷运行。
- c) 试验内容（稳态增益满足要求）：
  - 1) 电压静差率测定：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，在发电机空载试验中相同励磁调节器增益下测量给定值  $U_{ref1}$  对应的机端电压  $U_0$ ，然后按式（2）计算电压静差率

$$\varepsilon = \frac{U_0 - U_1}{U_N} \times 100\% \quad (2)$$

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。

励磁自动调节应保证发电机机端电压静差率小于 1%，此时汽轮发电机励磁系统的稳态增益一般应不小于 200 倍，水轮发电机励磁系统的稳态增益一般应不小于 100 倍。

- 2) 电压调差极性：发电机并网带一定负荷，增加无功补偿系数，无功功率增加的为负调差，减少的为正调差。
- 3) 电压调差率测定：发电机并网运行时，在功率因数等于零的情况下调节给定值使发电机无功功率  $Q$  大于 50% 额定无功功率，测量此时的发电机电压  $U_t$  和电压给定值  $U_{ref}$ ，在发电机空载试验中得到  $U_{ref}$  对应的发电机电压  $U_{t0}$ ，代入式（3）中求得电压调差率  $D$ ：

$$D(\%) = \frac{U_{t0} - U_t}{U_m} \frac{S_N}{Q} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

$S_N$ ——发电机额定容量，kV；

$U_m$ ——发电机空载额定电压。

### 5.3.4 发电机负载阶跃响应试验

- a) 试验条件：发电机有功功率大于 80% 额定有功功率，无功功率为 5%~20% 额定无功功率。调差系数整定完毕，所有励磁调节器整定完毕，机组保护、热工保护投入，机组 AGC、AVC 退出。
- b) 试验内容：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。阶跃量的选择需考虑励磁电压不进入限幅区。
- c) 评判标准：发电机额定工况运行，阶跃量为发电机额定电压的 1%~4%，有功功率阻尼比大于 0.1，波动次数不大于 5 次，调节时间不大于 10s。

### 5.3.5 发电机负荷条件下的带负荷调节试验

- a) 试验条件：励磁调节器在并网运行方式下采用恒电压调节方式，调节励磁时要防止机端电压超出许可的范围。
- b) 试验内容：



- 1) 在发电机并网带不同有功负荷运行工况下, 人工操作励磁调节器通道和控制方式切换试验, 观测记录机组无功功率的波动。
- 2) 检查励磁电流限制器定值, 临时改变过励磁电流限制器定值, 用电压阶跃方法观察限制器动作时的动态特性, 再恢复定值。
- 3) 检查定子电流限制器定值, 临时改变定子电流限制器定值, 同时降低机组有功出力, 提高无功电流比例, 用电压阶跃方法观察限制器动作时的动态特性, 再恢复定值。
- c) 评判标准: 无功功率调节平稳、连续, 励磁电压无明显晃动和异常信号, 机组电压保持正常。过励限制和定子电流限制器动作后运行平稳。

### 5.3.6 励磁调节器低励限制校验试验

- a) 试验条件: 励磁调节器在并网运行方式下运行。
- b) 试验内容:
  - 1) 低励限制单元投入运行, 在一定的有功功率时, 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。
  - 2) 在低励限制曲线范围附近进行 1% ~ 3% 的下阶跃试验, 阶跃过程中欠励限制应动作。欠励限制动作时发电机无功功率应无明显摆动。如果试验进相过多导致机端电压下降至 0.9 (标幺值), 则不允许再继续进行试验, 需修改定值并且在严密监视厂用电电压条件下进行试验。
- c) 评判标准: 低励限制动作后运行稳定, 动作值与设置相符, 且不发生有功功率的持续振荡。

### 5.3.7 功率整流装置额定工况下均流检查

- a) 试验条件: 发电机负载达到额定值下进行。
- b) 试验内容: 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。
- c) 评判标准: 功率整流装置的均流系数应不小于 0.9。均流系数为并联运行各支路电流平均值与支路最大电流之比。任意退出一个功率柜其均流系数也要符合要求。

### 5.3.8 甩无功负荷试验 (配合汽轮发电机或水轮发电机甩负荷试验进行)

- a) 试验条件: 发电机并网带额定有功和无功负荷, 做好试验录波准备。如果试验出现紧急情况, 应立刻解列灭磁。若 PSS 试验已完成, 投入 PSS 功能, 否则退出 PSS 功能。
- b) 试验内容: 发电机带额定有功和无功负荷, 断开发电机出口断路器, 突甩负荷, 对发电机机端电压进行录波, 测试发电机电压最大值。根据机组情况甩负荷量由小到额定分几挡进行。
- c) 评判标准: 发电机甩额定无功功率时, 机端电压出现的最大值应不大于甩前机端电压的 1.15 倍, 振荡不超过 3 次。

## 6 试验报告

试验报告应记录并包括以下内容:

- a) 试验机组和励磁系统数据、主变压器数据;
- b) 试验时间、试验工况、试验项目和安全注意事项;
- c) 试验结果用相关表格、曲线或录波图;
- d) 试验用仪器、仪表一览表, 并注明精度;
- e) 励磁附加控制定值表 (参见附录 A);
- f) 试验结果与要求的技术规范进行比较, 评价励磁系统性能并得出结论, 提出投运的建议。

试验结果应能够重复验证。在现场将各项试验结果如实记入原始记录表, 原始记录表应有试验人员和技术负责人签名。原始记录表应作为用户档案保存两年。

附 录 A  
(资料性附录)  
励磁附加控制定值表

表 A.1 励磁附加控制定值表

| 序号 | 参数名称                                     | 设 定 值           |                |
|----|------------------------------------------|-----------------|----------------|
| 1  | 调差系数                                     |                 |                |
| 2  | 过电压限制                                    |                 |                |
| 3  | $U/f$ 限制设定参数                             |                 |                |
| 4  | 最大励磁电流瞬时限制                               |                 |                |
| 5  | 欠励限制（以曲线表示欠励限制线，取该限制特性的 5 点 $P$ 、 $Q$ 值） | $P$ 有功<br>MW    | $Q$ 无功<br>Mvar |
|    |                                          |                 |                |
|    |                                          |                 |                |
|    |                                          |                 |                |
|    |                                          |                 |                |
|    |                                          |                 |                |
| 6  | 过励限制                                     |                 |                |
|    |                                          |                 |                |
|    |                                          |                 |                |
| 7  | 强励反时限限制参数                                | 强励倍数 $K$        |                |
|    |                                          | 强励允许时间 $t$<br>s |                |
|    |                                          | 长期允许励磁电流<br>A   |                |

中 华 人 民 共 和 国  
电 力 行 业 标 准  
大型发电机励磁系统现场试验导则

DL/T 1166—2012

\*

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>)

北京九天众诚印刷有限公司印刷

\*

2012年12月第一版 2012年12月北京第一次印刷

880毫米×1230毫米 16开本 1印张 25千字

印数 0001—3000册

\*

统一书号 155123·1242 定价 9.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

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



155123.1242

上架建议:规程规范/电力工程

