

ICS 29.160.20
K 21
备案号: 57342-2017

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB / T 42097 — 2016

小水电机组无刷励磁技术条件

Technical specification for brushless excitation of small hydropower units

2016-12-05 发布

2017-05-01 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 小水电机组无刷励磁系统的组成 1

5 使用条件 2

 5.1 环境温度..... 2

 5.2 环境空气相对湿度 2

 5.3 气体污染..... 2

 5.4 振动 2

 5.5 海拔 2

 5.6 供电电源条件 2

6 技术要求 2

 6.1 系统技术要求 2

 6.2 交流励磁机和旋转硅整流二极管技术要求 3

 6.3 励磁装置技术要求 3

7 试验..... 4

8 供货范围 5

9 标志、包装、运输及储存..... 5

 9.1 一般要求..... 5

 9.2 标志 5

 9.3 包装 6

 9.4 运输与储存 6

10 产品质量保证期 6

参考文献..... 7

前 言

本标准依据 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。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由能源行业小水电机组标准化技术委员会（NEA/TC14）归口。

本标准起草单位：广东南丰电气自动化有限公司、湖南零陵恒远发电设备有限公司、杭州富春江水电设备有限公司、南京南瑞集团公司、武汉市陆水自动控制技术有限公司、深圳市国立旭振电气技术有限公司、天津电气科学研究院有限公司。

本标准主要起草人：刘东文、旷金平、吴玉泉、冯启文、熊杰、蓝明章、刘绍聪、曾毕鹏、赵磊。

本标准为首次发布。

小水电机组无刷励磁技术条件

1 范围

本标准规定了小水电机组无刷励磁系统的组成、使用条件、技术要求、试验、供货范围、包装、运输、产品质量保证期等。

本标准适用于单机容量小于 10MW 的小水电机组的无刷励磁系统。

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 191 包装储运图示标志

GB/T 2900.1 电工术语 基本术语

GB/T 2900.25 电工术语 旋转电机

GB/T 2900.32 电工术语 电力半导体器件

GB/T 2900.71 电工术语 电气装置

GB/T 3797 电气控制设备

GB 6450 干式电力变压器

GB/T 7409.1 同步电机励磁系统 定义

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

3 术语和定义

GB/T 2900.1、GB/T 2900.25、GB/T 2900.32、GB/T 2900.71、GB/T 7409.1 界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

微机励磁调节器 microcomputer excitation regulator

以微机技术（包括硬件技术和软件技术）为核心的数字式励磁调节器。

3.2

开关式励磁功率单元 static exciter with switching modulation

以不可控二极管和可控电力电子开关器件作为功率元件，通过不可控整流将交流电源整流成直流电源，然后利用可控电力电子功率器件作为通断开关调节励磁电流的功率单元。

3.3

晶闸管整流励磁功率单元 static exciter with thyristor rectifier bridge

由晶闸管或由晶闸管和二极管构成的全控或半控整流桥构成的功率单元。

3.4

续流灭磁 freewheeling de-excitation

小型发电机在励磁绕组两端反向并联一个硅整流二极管来释放灭磁时励磁绕组所产生的反电动势能量，达到灭磁的目的。

4 小水电机组无刷励磁系统的组成

小水电机组无刷励磁系统主要由以下两部分组成：

NB/T 42097 — 2016

- a) 交流励磁机和旋转硅整流二极管组成的不可控三相整流桥。交流励磁机为旋转电枢式三相同步发电机，其电枢和旋转硅整流桥与主发电机的转子（磁极）同轴组装并一起旋转；交流励磁机的磁场绕组则固定在主发电机的机座上。
- b) 无刷励磁装置。该装置由调节单元、功率单元、灭磁单元、保护单元及励磁变压器组成。

5 使用条件

5.1 环境温度

最高环境温度应不超过 $+40^{\circ}\text{C}$ ，并且在 24h 内的平均温度不超过 $+35^{\circ}\text{C}$ ，不低于 -5°C ，工作环境的温度变化率应不大于 5°C/h 。

5.2 环境空气相对湿度

运行地点的最湿月月平均最高相对湿度为 90%，同时该月月平均最低温度不高于 25°C 。

5.3 气体污染

运行地点应无导电或爆炸尘埃，无腐蚀金属或破坏绝缘的气体或蒸汽。

5.4 振动

装置安装地点所允许的振动条件：振动频率范围为 $10\text{Hz}\sim 500\text{Hz}$ ，振动加速度不大于 10m/s^2 。

5.5 海拔

使用地点的海拔不超过 2500m。当使用地点海拔超过 2500m 时，应考虑介电性能的降低和空气冷却效果的减弱，需方应与供方协商。

5.6 供电电源条件

直流与交流供电电源的电压偏差不超过额定值的 $-20\%\sim +15\%$ ，交流电源频率偏差不超过额定值的 $\pm 5\%$ 。

6 技术要求

6.1 系统技术要求

6.1.1 励磁系统应保证主发电机在并网工况下正常平稳运行，在单机带负荷或孤网运行工况下能正常运行。

6.1.2 励磁系统应保证当主发电机励磁电流和电压为主发电机额定负载下励磁电流和电压的 1.1 倍时，能长期连续运行。

6.1.3 励磁系统的顶值电压倍数不小于 1.6（按 80%的发电机额定电压计算，并在额定转速时确定）。

6.1.4 励磁系统在输出顶值电流情况下，允许持续时间不小于 10s。

6.1.5 励磁系统的标称响应不低于每秒 2 倍额定励磁电压。

6.1.6 励磁系统应保证主发电机机端调压精度不大于 $\pm 1\%$ 。

6.1.7 励磁系统应能保证主发电机端电压调差率整定范围为 $\pm 15\%$ 。

6.1.8 励磁系统应保证在主发电机空载运行情况下，频率值每变化 1%时，主发电机电压的变化值不大于额定值的 $\pm 1.0\%$ 。

6.1.9 励磁系统应满足下列要求：

- a) 空负荷±10%阶跃响应, 主发电机电压超调量不大于额定电压的 10%, 振荡次数不超过 3 次, 调节时间不大于 5s。
- b) 主发电机转速在 0.95~1.05 倍额定转速范围内, 突然投入励磁系统, 使主发电机机端电压从零上升至额定值时, 电压超调量不大于额定电压的 10%, 振荡次数不超过 3 次, 调节时间不大于 5s。
- c) 在额定功率因数下, 当主发电机突然甩掉额定负荷后, 主发电机电压超调量不大于 15%额定值, 振荡次数不超过 3 次, 调节时间不大于 5s。

6.1.10 励磁系统的年强迫停运率应不大于 0.2%。

6.2 交流励磁机和旋转硅整流二极管技术要求

6.2.1 交流励磁机的各项电气参数应能满足系统技术要求。

6.2.2 旋转硅整流二极管应选用专用型旋转硅整流二极管。旋转硅整流二极管的反向重复峰值电压 (V_{RRM}) 应大于交流励磁机线电压的 1.5 倍。同一整流桥的各个二极管的相关参数尽可能一致。

6.3 励磁装置技术要求

6.3.1 励磁调节单元

- a) 该单元宜采用微机励磁调节器, 具有友好的人机界面; 该调节器设有通信接口与上位计算机进行通信, 接口方式为 RS-485 或以太网, 宜采用标准的 Modbus 协议传输信息。
- b) 具有自动电压调节 (AVR) 功能和励磁电流调节 (FCR) 功能。自动电压调节功能应能保证在主发电机的电压在空载额定电压的 70%~110% 范围内稳定、平滑地调节。励磁电流调节功能应能保证主发电机的励磁电流在空载额定电流的 30%~130% 范围内稳定、平滑地调节。主发电机在空载运行状态下, 自动电压调节和励磁电流调节的给定值变化引起主发电机电压变化的速度在每秒 0.3%~1% 发电机额定电压。
- c) 励磁调节单元具有使主发电机的电压自动跟踪系统电压的功能, 以利于快速并网。
- d) 励磁调节单元可以全部或部分装设以下附加功能:
 - 1) 过励限制。
 - 2) 欠励限制。
 - 3) V/f 限制。
 - 4) 过励保护。
 - 5) 确保主发电机在单机带负载或孤网运行工况下正常运行的附加功能。
 - 6) 按用户要求可增加 PSS 功能。

6.3.2 功率单元

功率单元可采用晶闸管整流励磁功率单元, 也可以采用开关式励磁功率单元。推荐采用脉宽调制方式 (PWM) 的开关式励磁功率单元。

6.3.3 灭磁单元

无刷励磁发电机的灭磁通过交流励磁机的灭磁来实现。利用开关式励磁功率单元或晶闸管半控整流桥励磁功率单元的, 采用续流灭磁; 利用晶闸管全控整流桥励磁功率单元的, 采用逆变灭磁。

6.3.4 起励单元

励磁装置装有起励单元, 应能可靠起励, 起励方式可以采用残磁电压起励, 也可以采用外加直流

NB / T 42097 — 2016

电源（或交流整流电源）起励。起励电流宜控制在交流励磁机空载励磁电流的 20%以下。如果起励不成功，起励回路应自动退出，并发出起励不成功信号。

6.3.5 励磁变压器

励磁装置的功率单元宜通过励磁变压器与主发电机的定子输出端相连，励磁变压器的性能应符合 GB 6450 的相关规定，并且初次级之间设有屏蔽层。对于定子电压为 400V 的低压发电机组，励磁变压器宜采用普通干式变压器；对于定子电压为 6.3kV 或 10.5kV 的高压发电机组，励磁变压器宜采用环氧浇注干式变压器。

6.3.6 保护单元

励磁装置应设有旋转硅整流二极管故障保护装置，当旋转硅整流二极管发生故障时，该保护装置应发出故障信号示警并跳开主发电机出口断路器和励磁装置的灭磁开关，停止励磁，防止事故扩大。

6.3.7 其他

- a) 励磁装置是电子装置，技术要求还应符合 GB/T 3797 的相关规定。
- b) 适用于容量不大于 1MW，电压为 400V 的发电机的励磁装置，宜采用箱式组装，以利于一体化发电机智能控制屏的组屏。适用于容量大于 1MW，电压为 6.3kV 或 10.5kV 的发电机的励磁装置，宜采用柜式组装，推荐尺寸为高（2260mm）×宽（800mm）×深（600mm）。

7 试验

- 7.1 本试验仅规定了无刷励磁装置的试验分类和试验项目。交流励磁机和不可控三相整流桥的试验应按小水电机组无刷励磁发电机的试验规定执行。
- 7.2 试验分为型式试验、出厂试验与交接试验。
- 7.3 所有试验均应有试验记录。
- 7.4 试验项目见表 1。

表 1 试 验 项 目

序号	试 验 项 目	型式试验	出厂试验	交接试验
1	励磁系统各部件的绝缘耐压试验	√	√	√
2	自动电压调节器各单元及附加单元静态特性试验及总体静态特性试验	√	√	√
3	操作控制回路动作试验	√	√	√
4	励磁调节器各部件温升试验	√		
5	噪声的测定	√		
6	用模拟方法检验保护及控制装置	√		
7	自动电压调节电压整定范围的测定	√	√	√
8	手动励磁调节整定范围的测定	√	√	√
9	静差率的测定	√	√	√
10	无功电流补偿率的测定	√		√
11	自动电压调节/手动励磁调节切换试验	√	√	√
12	励磁变压器试验	√	√	√

表 1（续）

序号	试 验 项 目	型式试验	出厂试验	交接试验
13	起励试验	√		√
14	灭磁试验	√		√
15	甩负荷试验			√
16	发电机空载状态下，电压阶跃响应试验	√		√
17	带自动电压调节器的主发电机频率变化 1%时，端电压变化率的测定	√		√
18	检测各附加功能整定与动作正确性	√	√	√
19	励磁系统顶值电压、标称响应与电压响应时间的测定	√		
20	励磁装置电磁兼容试验	√		

8 供货范围

交流励磁机和旋转硅整流二极管组成的不可控三相整流桥由生产发电机的厂家供货；无刷励磁装置及励磁变压器由生产励磁装置的厂家供货。

9 标志、包装、运输及储存

9.1 一般要求

标志、包装、运输及储存应符合 GB/T 191、GB/T 13384 的相关规定。

无刷励磁装置的标志、包装、运输及储存按本规定执行。交流励磁机和三相不可控整流桥与主发电机一起组装，其标志、包装、运输及储存按小水电机组无刷励磁发电机的规定执行。

9.2 标志

9.2.1 产品铭牌

产品铭牌内容包括：

- a) 产品名称；
- b) 产品型号；
- c) 技术标准代号；
- d) 额定输出电压，V；
- e) 额定输出电流，A；
- f) 操作控制电压，交流（AC），直流（DC），V；
- g) 出厂编号；
- h) 制造年月；
- i) 制造厂名。

9.2.2 包装标志

包装箱外部应注明下列标志：

- a) 收货单位名称；
- b) 收货单位地址；
- c) 产品名称；

NB / T 42097 — 2016

- d) 出厂编号;
- e) 制造厂名称;
- f) 制造厂地址;
- g) 标注防潮、防雨、防振、防撞击位置等标记。

9.3 包装

9.3.1 产品包装必须保证产品在储存、运输过程中不受机械损伤, 并有防潮、防雨、防尘能力。产品包装期为从出厂发运之日起算的一年。

9.3.2 随机技术文件:

- a) 随机文件清单;
- b) 产品合格证;
- c) 产品说明书(包括使用、原理、维护等项);
- d) 产品装配图(包括安装图);
- e) 产品对外端子接线图;
- f) 电气原理图;
- g) 交货明细表;
- h) 产品出厂试验记录。

9.4 运输与储存

9.4.1 产品运输过程中, 不应有激烈振动、撞击和倒置。某些部件对运输温度有特殊要求时应注明, 以便运输时采取措施。

9.4.2 产品运到工地后, 应按制造厂规定储存。无制造厂规定的, 应储存在掩蔽干燥库房内。

10 产品质量保证期

用户应按照本技术要求和制造厂有关技术文件的规定正确保管、安装和使用。产品质量保证期为装置投运之后一年, 或从制造厂起运日算起两年(以先到期为准)。产品质量保证期内因制造或元器件质量不良而发生损坏或不能正常工作时, 制造厂应无偿地为用户修理、更换零部件或更换产品。

参 考 文 献

- [1] GB/T 7409.3—2007 同步电机励磁系统大、中型同步发电机励磁系统技术要求
 - [2] 水利部（水电〔2003〕170号）农村水电技术现代化指导意见
 - [3] ANSI/IEEE 1020: 1988 Guide for control of small hydroelectric power plants
 - [4] 李基成. 现代同步发电机励磁系统设计及应用. 北京: 中国电力出版社, 2002.
 - [5] 程远楚. 中小型水轮发电机励磁装置. 北京: 中国电力出版社, 2007.
-