

ICS 27.100

P 60

备案号: J2766—2019

DL

中华人民共和国电力行业标准

P

DL/T 5565 — 2019

汽轮发电机组轴系扭振保护 设计规程

**Code for design of torsional stress relay for
steam turbine generator set**

2019-11-04 发布

2020-05-01 实施

国家能源局 发布

中华人民共和国电力行业标准

汽轮发电机组轴系扭振保护
设计规程

Code for design of torsional stress relay for
steam turbine generator set

DL/T 5565—2019

主编部门：电力规划设计总院

批准部门：国家能源局

施行日期：2020年5月1日

中国计划出版社

2019 北 京

国家能源局 公告

2019 年 第 6 号

国家能源局批准《水电工程电法勘探技术规程》等 384 项能源行业标准(附件 1)、《Technical Guide for Rock-Filled Concrete Dams》等 48 项能源行业标准英文版(附件 2)、《风电场项目环境影响评价技术规范》等 7 项能源行业标准第 1 号修改单(附件 3), 废止《风电场工程勘察设计收费标准》等 5 项能源行业标准/计划(附件 4), 现予以发布。

- 附件:1. 行业标准目录
2. 行业标准英文版目录
3. 行业标准修改通知单
4. 行业标准和计划废止目录

国家能源局
2019 年 11 月 4 日

附件：

行业标准目录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	出版机构	批准日期	实施日期
.....							
215	DL/T 5565—2019	汽轮发电机组轴系扭振保护设计规程			中国计划出版社	2019-11-04	2020-05-01
.....							

前 言

根据《国家能源局关于下达 2013 年第一批能源领域行业标准制(修)订计划的通知》(国能科技〔2013〕235 号)的要求,编制组在广泛调查研究,认真总结实际工程经验,参考国内外相关标准的基础上,制定本标准。

本标准的主要技术内容有:总则、术语、配置依据与原则、装置功能及技术要求、保护动作判据、定值要求及其检验、对相关回路及设备的要求等。

本标准由国家能源局负责管理,由电力规划设计总院提出,由能源行业电力系统规划设计标准化技术委员会负责日常管理,由中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送电力规划设计标准化管理中心(地址:北京市西城区安德路 65 号,邮编:100120,邮箱:bz_zhongxin@eppei.com)。

本标准主编单位:中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司

本标准参编单位:上海发电设备成套设计研究院有限责任公司

本标准主要起草人员:王绍德 任树东 康海燕 徐 珂
朱 芸 孙 茗 危 奇 杨 宇
孙 庆 张恒涛

本标准主要审查人员:佟明东 张 伟 王子英 宋瑞华
王 宁 高 洵 洪 潮 张仁伟
杨文超 张忠华 高 华 袁慧子
黄生睿 郭世峥 王西田 付忠广
王 丽 朱月涌 袁永强 夏 杰

目 次

1	总 则	(1)
2	术 语	(2)
3	配置依据与原则	(4)
3.1	配置依据	(4)
3.2	配置原则	(4)
4	装置功能及技术要求	(6)
4.1	装置功能	(6)
4.2	技术要求	(6)
5	保护动作判据	(8)
5.1	疲劳越限保护动作判据	(8)
5.2	模态发散保护动作判据	(8)
6	定值要求及其检验	(9)
6.1	定值要求	(9)
6.2	定值检验	(10)
6.3	调试要求	(10)
7	对相关回路及设备的要求	(11)
7.1	输入信号及其接入要求	(11)
7.2	输出信号	(11)
7.3	二次回路电源及其他	(12)
附录 A	轴系扭振模型等值方法与原则	(13)
附录 B	S—N 曲线的经验计算方法	(14)
	本标准用词说明	(17)
	引用标准名录	(18)
附:	条文说明	(19)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms	(2)
3	Configuration basis and principles	(4)
3.1	Configuration basis	(4)
3.2	Configuration principles	(4)
4	Device functions and technical requirements	(6)
4.1	Device functions	(6)
4.2	Technical requirements	(6)
5	Protective action criterion	(8)
5.1	Fatigue over limit protection trip criterion	(8)
5.2	Mode divergence protection trip criterion	(8)
6	Requirements of protection setting and its validation	(9)
6.1	Protection setting requirements	(9)
6.2	Protection setting validation	(10)
6.3	Commissioning requirements	(10)
7	Requirements for related secondary circuit and equipment	(11)
7.1	Input signals and their access requirements	(11)
7.2	Output signals	(11)
7.3	Secondary circuit power supply and others	(12)
Appendix A	Equivalent method and principle for shaft torsional vibration model	(13)

Appendix B	Empirical calculation method for <i>S-N</i>	
	Curve	(14)
	Explanation of wording in this code	(17)
	List of quoted standards	(18)
	Addition: Explanation of provisions	(19)

1 总 则

1.0.1 为规范汽轮发电机组轴系扭振保护设计、统一定值要求与验证确认方法、提高保护动作正确率和机组运行安全可靠水平,制定本规程。

1.0.2 本标准适用于汽轮发电机组轴系扭振保护的配置、定值要求及其合理性检验与确认,以及扭振录波的配置与设计。

1.0.3 汽轮发电机组轴系扭振保护设计应符合安全性、合理性和工程实用性的要求。

1.0.4 汽轮发电机组轴系扭振保护设计除应执行本标准的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 次同步谐振 subsynchronous resonance (SSR)

次同步谐振是指串联电容补偿(串补)输电系统和汽轮发电机组在低于工频的一个或几个系统固有频率上相互交换能量的一种现象。次同步谐振包括三种形式,异步自励磁、扭振相互作用和暂态扭矩放大。

2.0.2 次同步振荡 subsynchronous oscillation (SSO)

次同步振荡是在电力系统运行平衡点受到扰动后产生的一种异常电气及机械振荡现象,此时电网与汽轮发电机组之间在低于工频的一个或几个扭振固有频率下进行显著的能量交换。次同步振荡不包括汽轮发电机组轴系刚体振荡,即低频振荡。

2.0.3 轴系 shaft system

机组的所有旋转部件完全连接组装好形成的转动系统。

2.0.4 扭振 torsional vibration

扭振是物体的扭转角振荡,通常是指旋转轴系沿轴心扭转角位移(扭曲)的振荡。

2.0.5 扭振模态 mode of torsional vibration

在受到扰动后,汽轮发电机组转子轴系各质量块之间存在轴系扭振,该扭振存在一个或几个固有频率,每一频率的扭转振荡称为一个扭振模态。

2.0.6 扭振模态频率 mode frequency of torsional vibration

每一个扭振模态的频率称为扭振模态频率,它是由轴系的质量分布及其转动惯量以及轴材料的机械特性决定的。

2.0.7 扭振振型 torsional mode shape

连接每个截面的扭振模态向量值形成的形态。

2.0.8 疲劳寿命曲线(S-N 曲线) stress-number curve

用来评价和估算材料的疲劳寿命损耗,反映材料在载荷作用下的扭应力范围和疲劳寿命循环次数之间关系的曲线叫作疲劳寿命曲线。其中疲劳寿命循环次数 N 的定义为,在对称恒幅扭应力作用下,经循环次数 N 以后材料破损。

2.0.9 疲劳寿命损耗 fatigue life loss

材料试件发生破损所需的某恒幅应力循环次数叫作疲劳寿命。疲劳寿命损耗则是指部件在交变应力作用下产生的疲劳寿命消耗累积值(一般用百分数表示)。

2.0.10 轴系扭振保护 torsional stress relay (TSR)

轴系扭振保护是针对轴系固有扭振频率设计的保护装置,它监视固有扭振频率的轴系扭振幅度及其变化趋势,当扭振幅度发散或扭振引起的疲劳累积达到定值时,发出报警或跳闸命令。

2.0.11 轴系扭振录波装置 disturbance recorder for shaft torsional vibration

轴系扭振录波装置是针对轴系扭振设计的录波装置,它能够对表征机组轴系扭振的运行参数进行录波,并提供相应的次同步振荡特征参数的计算分析,还可为用户提供事故、事件后的状态分析。

3 配置依据与原则

3.1 配置依据

3.1.1 应根据电厂接入系统方案,电厂与串补、直流整流站及其他快速控制的电力电子装置等的联系紧密程度,初步判断该电厂机组发生次同步谐振或次同步振荡的风险。

3.1.2 经初步判断存在次同步谐振或次同步振荡风险的汽轮发电机组,应进行专项研究,研究成果作为保护配置的依据。

3.1.3 次同步谐振风险评估专项研究及轴系扭振保护设计所需的机组基础资料,应由汽轮发电机组设备供应商或其他具备分析能力的协作机构提供。主要包括:

- 1 连续质量模型下的轴系扭振频率及其振型曲线;
- 2 轴系等效集中质量块个数及其转动惯量;
- 3 集中质量块间联接弹簧扭转刚度;
- 4 集中质量块的输入和输出功率;
- 5 轴系薄弱截面的几何结构尺寸,包括阶梯轴直径及其倒角半径或扭应力集中系数等;

- 6 各个薄弱截面的扭振疲劳寿命曲线(S-N 曲线)。

3.1.4 应使用连续质量模型所得到的扭振固有频率及其振型曲线对等值集中质量模型进行验证,在取得轴系实测参数之后应对连续质量模型进行验证,以保证等效集中质量模型的准确可靠。轴系扭振模型等值方法和原则可参见附录 A。

3.2 配置原则

3.2.1 汽轮发电机组轴系扭振保护应按双重化配置。

3.2.2 汽轮发电机组配置的两套轴系扭振保护宜分别安装在不

同的屏柜上。

3.2.3 配置轴系扭振保护的汽轮发电机组,宜配置轴系扭振录波设备及相应的扭振数据分析软件。

3.2.4 扭振录波装置或其他监视设备可单独组屏,也可与其中一套扭振保护装置合并组屏,还可多台机组共享,当多机共享时宜单独组屏。

3.2.5 配置轴系扭振保护的汽轮发电机组应分别在其机头(汽轮机端)和机尾(励磁机或发电机端)安装测速齿轮和测速探头。

3.2.6 每套轴系扭振保护应配置独立的测速探头及其信号传输通道。

3.2.7 当机组转速信号中的所有轴系次同步扭振模态分量在机头或机尾均可观测时,轴系扭振保护宜仅使用机头或机尾的信号;当部分模态在机头不可观测,而另一部分模态在机尾不可观测时,轴系扭振保护应同时使用机头和机尾信号。

3.2.8 当机组轴系存在接近工频的次同步扭振模态频率时,宜为该模态扭振保护配置两只测速探头,且两只探头宜以轴心为参考水平相对安装。

4 装置功能及技术要求

4.1 装置功能

- 4.1.1 轴系扭振保护装置应针对机组轴系不同严重程度次同步固有频率的扭振提供轴系安全保护。
- 4.1.2 轴系扭振保护装置应具有模态发散保护和疲劳越限保护的报警及跳闸功能。
- 4.1.3 轴系扭振保护装置应具有测速探头及装置异常告警功能。
- 4.1.4 轴系扭振录波装置应具有机组轴系转速录波记录功能,录波装置应提供扭振录波的分析软件,能够分析各模态扭振波形和频率。
- 4.1.5 轴系扭振保护装置和轴系扭振录波装置应具有同步对时接口。

4.2 技术要求

- 4.2.1 轴系扭振保护装置应实现被保护汽轮发电机组所有次同步模态和所有薄弱截面的扭振保护和报警功能。
- 4.2.2 轴系扭振保护装置应准确测量扭振转速信号,满足保护可靠动作要求。
- 4.2.3 轴系扭振保护装置的模态滤波器应能分离并准确提取各个次同步模态分量。
- 4.2.4 轴系扭振保护装置应准确计算各个模态在相应薄弱截面上产生的扭矩及疲劳寿命损耗。
- 4.2.5 由事件或扭振幅度启动式的扭振录波装置每次录波时间不应低于180s。
- 4.2.6 动模试验应作为轴系扭振保护装置型式试验的一部分,试

验内容应包括验证其扭振转速测量、轴系和薄弱截面扭矩及疲劳寿命损耗计算的正确性。

4.2.7 轴系扭振保护(或录波)装置的录波数据应能转换成符合《量度继电器和保护装置 第 24 部分:电力系统暂态数据交换 (COMTRADE)通用格式》GB/T 14598.24 的通用数据格式。

4.2.8 轴系扭振保护(或录波)装置各端口对电磁兼容要求应符合《量度继电器和保护装置 第 26 部分:电磁兼容要求》GB/T 14598.26 的规定。

5 保护动作判据

5.1 疲劳超限保护动作判据

5.1.1 疲劳超限保护实时监测扭应力幅度,当扭应力幅度达到或超过疲劳寿命曲线最低值时,保护装置疲劳寿命损耗开始累积;当扭应力幅度降低到疲劳寿命曲线最低值以下时,保护装置疲劳寿命损耗累积值清零。

5.1.2 当扭振疲劳损耗累积值超过报警定值时,轴系扭振保护装置应发出报警信号;如果进一步累积,扭振疲劳损耗累积值超过跳闸定值时,轴系扭振保护装置应发出跳闸信号。

5.1.3 轴系扭振保护应提供各个单一模态扭振时的模态转速与动作时间的反时限曲线,即保护动作曲线。

5.2 模态发散保护动作判据

5.2.1 模态发散保护实时监测机组各次同步模态扭振幅度,当任何一个模态持续发散时,发出报警或跳闸信号。

5.2.2 模态发散保护动作判据除应判定次同步扭振模态发散以外,还应有其他避免误动的限制措施。限制措施包括下列内容:

- 1 疲劳寿命损耗达到一定值;
- 2 轴系扭振发散持续时间达到一定值;
- 3 轴系扭振发散模态的扭振幅值达到一定值。

6 定值要求及其检验

6.1 定值要求

6.1.1 针对被保护机组的保护定值和动作特性应由轴系扭振保护装置供应商提供。

6.1.2 轴系扭振保护定值应保证被保护的汽轮发电机组轴系在系统各种运行工况下,避免任何形式的轴系固有频率扭振造成轴系损伤或者损坏。

6.1.3 轴系扭振保护定值应依据汽轮发电机组供应商提供的机组轴系各薄弱截面(包括发电机轴颈及联轴器)的疲劳寿命曲线计算和整定,机组疲劳寿命损耗应考虑轴系各薄弱截面的实际情况及其应力集中系数。

6.1.4 轴系扭振保护定值应依据轴系扭振疲劳寿命曲线(S-N曲线)适当保留安全裕度,但也应避免系统任何单一故障及其操作引起收敛性的轴系扭振导致保护动作,保护定值应在安全与可靠之间做好协调。

6.1.5 轴系扭振保护疲劳越限跳闸定值可取疲劳寿命损耗达到1%,若机组暂态扭矩放大问题严重,此定值不能躲过系统单一故障及其操作引起疲劳寿命损耗时,定值也可以适当提高,或者采取其他预防措施降低机组的暂态扭矩放大幅度。

6.1.6 轴系扭振模态发散保护定值应在确保轴系扭振为固有频率扭振失稳时尽快动作。发散持续时间宜在1s以上,若以疲劳寿命损耗为门槛值,此门槛值宜远低于疲劳越限保护动作值,如动作值的10%~20%。

6.1.7 轴系扭振保护报警定值应低于对应的跳闸定值,以保证报警早于跳闸一定的时间,具体定值可结合报警的用途及其要求确定。

6.2 定值检验

6.2.1 装置型式试验中,轴系扭振保护的動作特性与其定值的一致性及其正确性应通过动模试验(含轴系扭振仿真及疲劳寿命损耗计算)来检验或认证。

6.2.2 用于次同步谐振问题的轴系扭振保护,应针对具体工程的次同步谐振仿真结果进行动模试验和定值合理性检验。合理性检验应包括下列内容:

1 在系统发生各种单一故障情况下,如果轴系扭振是收敛的,轴系扭振保护不应切机;

2 在汽轮发电机组轴系扭振一个或多个模态发散时,应发出模态发散保护跳闸信号;

3 在汽轮发电机组轴系疲劳寿命损耗越限时,应发出疲劳越限跳闸信号;

4 轴系扭振保护的模态发散保护跳闸定值应避免汽轮发电机组在拍频收敛时误动;

5 轴系扭振保护各模态的出厂跳闸曲线应和实际动模试验的检测结果相符。

6.3 调试要求

6.3.1 保护装置投运前应检测轴系扭振保护使用的测速探头工作正确可靠。

6.3.2 现场测试时可采用信号发生器对保护定值曲线上的点进行抽样测试验证。

6.3.3 保护投产前宜进行轴系参数测量试验,验证轴系扭振模型及其参数,包括轴系固有扭振频率、并网运行时与轴系固有扭振频率密切相关的系统固有频率以及各次同步模态机头与机尾扭振幅度的相对大小。

6.3.4 在投运前应按相关标准的要求进行相关回路、接线的检查和传动试验。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/278117046073006026>