ICS 27.100
F 24
备案号：40061-2013

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL / T 1231 — 2013

电力系统稳定器整定试验导则

Guide for setting test of power system stabilizer

2013-03-07发布　　2013-08-01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　PSS 的整定试验条件 …… 2
5　PSS 整定试验内容、方法、步骤和试验结果评判 …… 3
6　试验报告内容要求 …… 9
附录 A（规范性附录）　励磁控制系统无补偿相频特性的计算方法 …… 10
附录 B（规范性附录）　PSS 增益的估算方法 …… 12
附录 C（规范性附录）　复核性计算 …… 13

前　言

本标准按 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由全国电网运行与控制标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：国网浙江省电力公司、浙江省电力公司电力科学研究院、中国电力科学研究院、国家电网公司国家电力调度控制中心、华北电力科学研究院有限责任公司、广东电网电力科学研究院、上海市电力公司电力科学研究院、南方电网科学研究院、华东电力调控分中心和广东电力调度通信中心。

本标准主要起草人：陈新琪、刘增煌、周济、倪秋龙、苏为民、陈迅、赵红光、濮钧、卢嘉华、张伟、曹路、郭强、孙维真、楼伯良、吴涛、盛超、吴跨宇、叶琳、赵勇、李扬絮。

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）。

电力系统稳定器整定试验导则

1 范围

本标准规定了电力系统稳定器整定计算以及现场试验的内容、条件和方法。

本标准适用于电力系统稳定器整定计算以及现场试验，其他具有抑制电力系统低频振荡功能的附加控制单元可参照执行。

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，仅所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 7409 同步电机励磁系统

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 843 大型汽轮发电机励磁系统技术条件

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电力系统稳定器 power system stabilizer（PSS）

一种附加控制装置，它借助自动电压调节器控制同步电机励磁，抑制电力系统功率振荡。输入变量可以是转速、频率、功率等单变量，也可以是这些单变量的综合，简称 PSS。

3.2

反调 reverse action

当原动机输出功率增加（或减少）时，因 PSS 的调节作用引起励磁电压、同步电机电压和无功功率同时减少（或增加）的现象。

3.3

励磁控制系统无补偿频率响应特性 uncompensated frequency response of an excitation control system

无 PSS 时励磁调节产生的力矩分量 T_{e2} 对于 PSS 输出信号 U_s 的励磁控制系统频率响应特性（$\Delta T_{e2}/\Delta U_s$）。工程上常用机端电压 U_t 代替力矩分量 T_{e2}，即用 $\Delta U_t/\Delta U_s$ 来表述。ΔU_s 为在 PSS 输出信号嵌入点加入的激励信号。

3.4

励磁控制系统有补偿频率响应特性 compensated frequency response of an excitation control system

由 PSS 产生的同步电机附加转矩增量 ΔT_{e2} 对于 PSS 输入信号 U_{SI} 的励磁控制系统频率响应特性。工程上常用机端电压 ΔU_t 代替 ΔT_{e2}，用机端电压 $\Delta U_t/\Delta U_{SI}$ 来表述，ΔU_{SI} 为在 PSS 输入端加入的激励信号。

3.5

阻尼力矩 damping torque

使功率振荡衰减的力矩分量。

3.6

地区振荡模式 local mode

一个发电厂的一台或多台同步电机相对于电力系统或负荷中心的振荡模式，频率范围为 0.7Hz～

2Hz 左右。

3.7

区域间（联络线）振荡模式　inter-area oscillation mode or tie-line mode

在一个电力系统内的一个区域同步电机机群相对于另一区域同步电机机群的振荡模式，频率范围一般在 0.7Hz 以下。

3.8

PSS 的直流增益（即 PSS 增益）　DC gain of PSS

不包括隔直环节、振荡频率为零时的 PSS 增益。

3.9

PSS 的交流增益　AC gain of PSS

包括隔直环节、与不同振荡频率相对应的 PSS 增益。

3.10

PSS 的临界增益　critical gain of PSS

不引起励磁控制系统失稳现象的 PSS 的最大增益。

4　PSS 的整定试验条件

4.1　PSS

4.1.1　PSS 类型应符合下述要求：

a）水轮发电机和燃气轮发电机应首先选用无反调作用的 PSS，例如加速功率信号或转速（或频率）信号的 PSS，其次选用反调作用较弱的 PSS，如有功功率和转速（频率）双信号的 PSS。

b）具有快速调节机械功率作用的大型汽轮发电机应选用无反调作用的 PSS，其他汽轮发电机可选用单有功功率信号的 PSS。

4.1.2　当采用转速信号时应具有衰减轴系扭振信号的滤波措施。

4.1.3　制造厂应提供 PSS 和自动电压调节器数学模型，宜采用 GB/T 7409 标准规定的 PSS 数学模型。

4.1.4　PSS 及其他有相似功能的附加控制应具备以下性能和试验手段：

a）PSS 信号测量环节的时间常数小于 20ms。

b）有 1～2 个隔直环节，对输入信号为有功功率的 PSS 隔直环节时间常数可调范围不小于 0.5s～10s，对输入信号为转速（频率）的 PSS 隔直环节时间常数可调范围不小于 5s～20s。

c）有 2 个及以上超前—滞后环节。

d）PSS 增益可连续、方便调整，对输入信号为有功功率的 PSS 增益可调范围不小于 0.1（标幺值）～10（标幺值），对输入信号为转速（频率）的 PSS 增益可调范围不小于 5（标幺值）～40（标幺值）。

e）有输出限幅环节。输出限幅在发电机电压标幺值的±0.05～±0.10 范围可调。

f）具有手动投退 PSS 功能以及按发电机有功功率自动投退 PSS 功能，并显示 PSS 投退状态。

g）PSS 输出噪声小于±0.005（标幺值）。

h）PSS 调节无死区。

i）能进行励磁控制系统有、无补偿相频特性测量。

j）能接受外部试验信号，并在 PSS 输入端设置信号选择开关，在 AVR 内 PSS 输出嵌入点设置信号选择开关。

k）能定义内部变量输出，供外部监测和录波。

l）数字式 PSS 应能在线显示、调整和保存参数，时间常数以 s 表示，增益和限幅值以标幺化表示，参数以十进制表示。

4.2 自动电压调节器（automatic voltage regulator, AVR）

AVR 应符合下列要求：

a） AVR 静态放大倍数满足 GB/T 7409 规定的发电机端电压静差率要求。

b） 发电机空载电压给定阶跃响应同时符合 GB/T 7409、DL/T 583、DL/T 843 等标准规定的要求。

c） AVR 暂态和动态增益同时满足 GB/T 7409、DL/T 583、DL/T 843 等标准规定的要求。

d） AVR 调差率已按调度要求整定完成，并投入运行。

4.3 试验仪器

试验仪器应满足下列要求：宜采用频谱分析仪进行频率响应特性测量。测量的频率范围应不小于 0.1Hz～10Hz，输出的测量噪声信号可选随机噪声信号（random noise）或周期性调频信号（periodic chirp），信号的幅值可调范围应不小于 0V～2V，信号的负载电流不小于 20mA，幅值测量范围应不小于 80dB。

4.4 试验机组

试验机组及其运行工况应满足下列要求：

a） 被试机组处于正常接线状态，并保持出力基本恒定，满足试验要求。

b） 被试机组继电保护、热工保护正常投入运行，励磁系统调差率整定完成，并无限制、异常和故障信号。

c） 被试机组有功功率大于 80%额定值，无功功率小于 20%额定值。

d） 被试机组投入自动电压控制功能，被试机组 AGC、AVC 功能暂时退出。

4.5 PSS 参数的预计算

宜在实际电网数据上或单机对无穷大系统上进行如下内容的 PSS 参数预计算：

a） 本系统存在的最低机电振荡频率以及与本机组相关的低频振荡模式。

b） 系统结构和工况变化时励磁控制系统无补偿相频特性变化范围。

c） 励磁控制系统两种无补偿相频特性（$\Delta U_t/\Delta U_s$ 和 $\Delta T_{e2}/\Delta U_s$）的差异。

d） 计算 PSS 参数，并观察 PSS 参数对系统扰动的影响和反调情况。

e） 复核制造厂提供的 PSS 整定参数。

5 PSS 整定试验内容、方法、步骤和试验结果评判

5.1 试验内容

试验内容依据下列要求确定：

a） 新建或改造后的励磁系统应进行完整的 PSS 整定试验。

b） 当 PSS 参数需要重新整定（只调整增益时除外）时，应进行完整的 PSS 整定试验。

5.2 PSS 环节模型参数的确认

PSS 环节模型参数和功能的确认应在励磁调节器型式试验阶段完成，并且在产品使用说明书中给出有关说明。

5.3 信号标定和部分参数整定要求

PSS 输入和输出信号标定和部分参数整定满足下列要求：

a） 对 PSS 输入信号应标定发电机额定转速为 1（标幺值），额定频率为 1（标幺值），额定视在功率为 1（标幺值）（当额定有功功率标幺值为 1 时，需要在试验报告中说明）。

b） 对 PSS 输出信号，当 PSS 输出加入到 AVR 电压相加点上时 PSS 输出信号的基准值应与发电机电压的基准值相同；当 PSS 输出加入到 AVR 电压相加点后的某环节的输出点时，PSS 输出信号的基准值与该输出点信号的基准值相同，以保证计算模型的正确性。

c） PSS 输出限幅值的范围宜为±0.05（标幺值）～±0.10（标幺值）。

d） PSS 自动投退的有功功率应大于发电机正常运行的最小有功功率。

e） 隔直环节参数应不造成低频振荡频率范围内 PSS 信号相位和幅值的明显变化。

5.4 励磁控制系统无补偿相频特性的确定

5.4.1 对励磁控制系统无补偿相频特性的要求

励磁控制系统无补偿相频特性应通过实际测量确定。当实际励磁系统不具备进行励磁控制系统无补偿相频特性测量条件时，在励磁系统模型参数确认后，可采用计算确定励磁控制系统无补偿相频特性。

5.4.2 实测励磁控制系统无补偿相频特性

5.4.2.1 实测励磁控制系统无补偿相频特性的条件是励磁调节器应具备外加模拟信号入口，将外加信号取代 PSS 输出信号加入到 AVR 中。

5.4.2.2 实测励磁控制系统无补偿相频特性的方法和主要步骤如下：

a） 用频谱分析仪测量：

1） 选择试验信号源种类（随机噪声信号或周期性调频信号），选择频率范围。

2） 将试验信号输出接到 AVR 的 PSS 嵌入点。

3） 增大试验信号输出直至发电机电压有微小摆动，一般小于 2%额定电压。

4） 测量频率响应特性（$\Delta U_t/\Delta U_s$）。

5） 观察、记录测量结果；曲线形状应符合规律、基本光滑、凝聚函数在关注频段内仅个别数值可小于 0.8，否则应调整试验信号幅值或采用其他类型信号源。

b） 用低频正弦信号发生器和波形记录分析仪测量：

1） 在 0.1Hz～3.0Hz 范围内取 10 个以上频率点，在所有选定的频率点上测量调节器 PSS 嵌入点到发电机电压的相频特性。

2） 选定低频正弦试验信号的频率。

3） 将试验信号输出接到 AVR 的 PSS 嵌入点。

4） 逐步增大试验信号输出直至发电机电压有微小摆动（一般小于 2%额定电压），波形稳定后用波形分析记录仪记录波形，测量结束后减少试验信号输出至零，并切除该信号。

5） 选定新的试验信号频率，重复本条步骤 3）、4）直至所有频率点测量完毕。

6） 计算各个频率点下发电机电压相对于输入信号的相位，计算相频特性。

5.4.3 计算励磁控制系统无补偿相频特性

可采用 Phillips-Heffron 模型计算法、单机无穷大系统计算法和实际电网计算法中的一种方法进行励磁控制系统无补偿相频特性计算，计算时可忽略机组阻尼系数和转动惯量偏差对励磁控制系统无补偿相频特性的影响，计算方法见附录 A。

5.5 励磁控制系统有补偿相频特性的确定

5.5.1 对励磁控制系统有补偿相频特性的要求

应实测励磁控制系统有补偿相频特性，无测试条件时可通过计算方法确定。

通过调整 PSS 相位补偿，使本机振荡频率的力矩向量滞后$\Delta\omega$轴 0°～30°；在 0.3Hz～2.0Hz 频率的力矩向量滞后$\Delta\omega$轴在超前 20°至滞后 45°之间；当有低于 0.2Hz 频率要求时，最大的超前角不应大于 40°，同时 PSS 不应引起同步力矩显著削弱而导致振荡频率进一步降低、阻尼进一步减弱。

5.5.2 确定励磁控制系统有补偿相频特性的方法和主要步骤

5.5.2.1 计算励磁控制系统有补偿相频特性

当 PSS 的输入为单信号时，按 PSS 传递函数计算 PSS 相频特性。当 PSS 的输入为多信号时，按信号之间关系转换为单信号 PSS 后再计算 PSS 相频特性。PSS 相频特性应包含 PSS 信号测量环节相频特性在内。励磁系统有补偿时，相频特性等于 PSS 相频特性与励磁控制系统无补偿相频特性之和。调整 PSS 相位补偿参数使励磁控制系统有补偿相频特性满足 5.5.1 的要求。

5.5.2.2 实测励磁控制系统有补偿相频特性

5.5.2.2.1 实测励磁控制系统有补偿相频特性的条件如下：

a） PSS 为单信号输入。

b） 可切除原 PSS 输入信号后外加测量信号。

c） 具备外加模拟信号入口。

d） 具备频谱分析仪或低频正弦信号发生器及相关的记录分析仪器。

5.5.2.2.2 实测有补偿相频特性的主要步骤如下：

a） 经计算确定一组基本满足要求的 PSS 参数，增益可选择为频率等于 1Hz 时的交流增益为 0.2（标幺值）。

b） 选择试验信号源种类（随机噪声信号或周期性调频信号）和频率范围。

c） 断开 PSS 量测环节的输出，将试验信号接到 PSS 的输入点，替代量测的输出。

d） 增大试验信号输出直至发电机电压有微小摆动，一般小于 2%额定电压。

e） 测量发电机电压对于 PSS 输入点的频率响应特性。

f） 减少试验信号输出至零。

g） 观察、记录测量结果。曲线形状应符合规律、基本光滑、凝聚函数在关注频段内仅个别频率可小于 0.8，否则应调整测量信号幅值或采用其他信号源。

h） 检查有补偿相频特性是否满足 5.5.1 条的要求。不满足要求时，调整 PSS 参数后重新进行测量，直到满足要求为止。

5.6 PSS 增益的确定

5.6.1 PSS 增益的整定要求

对 PSS 增益的整定要求如下：

a） PSS 应提供适当的阻尼，有 PSS 时发电机负载阶跃试验的有功功率波动衰减阻尼比应不小于 0.1。

b） 按 DL/T 843 的规定：PSS 的输入信号为功率时 PSS 增益可取临界增益的 1/5～1/3（相当于开环频率特性增益裕量为 9dB～14dB），PSS 的输入信号为频率或转速时可取临界增益的 1/3～1/2（相当于开环频率特性增益裕量为 6dB～9dB）。

c） 实际整定的 PSS 增益应考虑反调大小和调节器输出波动幅度。

5.6.2 PSS 增益的整定方法

确定 PSS 增益可采用现场试验法或估算确认法，现场试验法有临界增益法、PSS 开环输出/输入频率响应特性稳定裕量法和负载阶跃试验法。

5.6.3 临界增益法

5.6.3.1 特点和适用条件

临界增益法可获得增益稳定裕量，适用于增益易于调整的、具有手动投切功能的 PSS。

5.6.3.2 试验步骤

临界增益法试验按以下步骤进行：

a） 设置频率等于 1Hz 时的交流增益为 0.2（标幺值）。

b） 观察 PSS 输出为零时投入 PSS。

c） 观察励磁调节器的输出或发电机转子电压有无持续振荡。

d） 退出 PSS。

e） 如无持续振荡，则增大 PSS 增益；如有持续振荡则减少 PSS 增益，对双输入信号的 PSS 要求按比例增加或减少两个信号的增益。

f） 重复本条步骤 c)、d)、e） 和 f)，直至励磁调节器的输出或发电机转子电压出现持续振荡时为止，此时的增益即为临界增益。

g） 按 5.6.1 确定 PSS 增益，PSS 投入后运行应稳定，发电机电压的波动应不大于额定电压的 1%。

5.6.4 PSS 开环输出/输入频率响应特性稳定裕量法

5.6.4.1 特点和适用条件

稳定裕量法可获得 PSS 开环频率特性的增益稳定裕量和相位稳定裕量,适用于可解开 PSS 闭环并进行信号测试的 PSS。

5.6.4.2 试验步骤

按以下步骤进行该项试验：

a） 在 PSS 任两个环节间将 PSS 开环，原信号流入端即为测量开环频率响应特性时的信号输入点，原信号流出端即为测量开环频率响应特性时的结果输出端。

b） 对数字式调节器设置 A/D 和 D/A 变换器参数。

c） 给定目标增益裕量 $L_{M.EXP}$（dB）。

d） 设置 PSS 增益为 K_0。

e） 逐步增大频谱仪噪声信号输出，直到所测频率特性在 1Hz～10Hz 范围较为光滑，穿越频率明确。

f） 测量输出/输入相位差为 180° 处的增益 $L_{M.0}$（dB）。

g） 按式（1）、式（2）分别计算目标增益 K_{EXP} 及所需增益调整量 ΔK：

$$K_{EXP} = 10^{(L_{M.0} - L_{M.EXP})/20} K_0 \tag{1}$$

$$\Delta K = (10^{L_0 - L_{M.E}/20} - 1) K_0 \tag{2}$$

h） 投入 PSS 后运行应稳定，发电机电压和无功功率的波动应不大。

5.6.5 负载阶跃试验法

5.6.5.1 适用的条件和特点

a） 适用条件：本方法适用于增益不易于调整或临界增益值受内部增益上限定值限制的 PSS。

b） 特点：本方法可获得有/无 PSS 时的振荡频率变化量及阻尼比改变量。

5.6.5.2 试验步骤

按以下步骤进行该项试验：

a） 设置参考电压阶跃量 0.01（标幺值）～0.04（标幺值）。

b） 进行小阶跃量无 PSS 的阶跃试验。如有功功率波动不明显，应加大阶跃量再进行试验。

c） 进行同阶跃量下有 PSS 的阶跃试验。

d） 计算有功功率振荡频率和阻尼比，当振荡频率不符合要求时应调整 PSS 相位补偿参数，当阻尼比不符合要求时应增大增益，再次进行有 PSS 的阶跃试验直至满足 5.6.5.4 的要求。

e） PSS 增益扩大 3 倍进行负载阶跃试验，不出现持续振荡现象。

f） 投入 PSS 后运行应稳定，发电机电压和无功功率的波动应不大。

5.6.5.3 振荡频率和阻尼比的计算方法

取多个振荡周期按式（3）计算频率的平均值：

$$f = N / (T_{2N+1} - T_1) \tag{3}$$

式中：

N ——计算周期数；

T_1 ——第一个峰值出现的时间（见图 1），s；

T_{2N+1} ——第 $2N+1$ 个峰值出现的时间，s。

按式（4）计算平均阻尼比 ζ：

$$\varsigma = \frac{1}{2N\pi} Ln\left(\frac{P_1 - P_2}{P_{2N+1} - P_{2N+2}}\right) \tag{4}$$

式中：

N ——计算周期数；

P_1、P_2 ——第一个和第二个功率峰值（见图 1），MW；

P_{2N+1}、P_{2N+2} ——第 $2N+1$ 个和第 $2N+2$ 个功率峰值，MW。

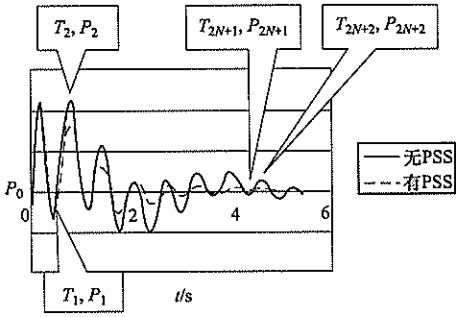


图 1　发电机负载阶跃的有功功率响应

5.6.5.4　试验结果评判

试验结果应能满足如下要求：

a）　比较有无 PSS 负载阶跃有功功率的振荡频率检验 PSS 相位补偿和增益是否合理，有 PSS 的振荡频率应是无 PSS 的振荡频率的 80%～120%。

b）　有 PSS 应比无 PSS 的负载阶跃响应的阻尼比应有明显提高，其中有 PSS 的负载阶跃响应的阻尼比应大于 0.1。

5.6.6　**PSS 增益的估算确认法**

PSS 增益的估算方法适用于 PSS 参数预计算，估算方法见附录 B。

5.7　效果检验

5.7.1　基本要求

PSS 整定效果应通过现场发电机负载阶跃响应检验，还可根据情况补充进行系统扰动、低频段适用性计算等其他检验方法。

5.7.2　发电机负载阶跃响应检验

5.7.2.1　发电机负载阶跃响应检验的目的如下：

a）　检验对应地区性振荡的 PSS 相位补偿参数是否正确有效。

b）　检验 PSS 放大倍数是否适当。

5.7.2.2　负载阶跃响应检验的方法如下：

a）　设置参考电压阶跃量 0.01（标幺值）～0.04（标幺值）。

b）　进行同阶跃量下有 PSS 和无 PSS 的阶跃试验。

c）　比较有 PSS 和无 PSS 时发电机负载阶跃响应的结果，应符合 5.6.5.4 要求。

5.7.3　系统扰动检验的方法

在系统条件许可时根据需要还可采用无故障切除发电厂的一条出线或系统的某一条联络线、切机、切负荷等系统扰动，分别在有 PSS 和无 PSS 下各做一次扰动，录取线路和发电机的有功功率等量的波形。有 PSS 的振荡次数应明显少于无 PSS 的振荡次数。

5.7.4　检验 PSS 参数在低频段适应性的计算方法

对于需要特别重视低频段阻尼作用的机组，可进行下述计算以说明 PSS 在低频段的作用。在单机

对无穷大系统或者在多机系统中增大被试机组的转动惯量，使振荡频率降低到所需范围，进行有、无PSS 的扰动计算，通过比较可获得 PSS 对区域性低频振荡阻尼的影响，判断 PSS 在区域性低频振荡的阻尼作用。

5.8 反调试验

5.8.1 适用范围

水轮发电机组、燃气轮发电机组和汽轮发电机组上使用的各种形式的 PSS 都需要进行反调试验。

5.8.2 试验目的

检验在原动机正常运行操作的最大出力变化速度下，发电机无功功率和发电机电压的波动是否在许可的范围。

5.8.3 试验准备

应做好如下试验准备：

a） 按原动机正常运行操作的出力最大变化量和变化速度进行设定，例如连续减出力 10%～20%额定有功功率。

b） 录波仪记录发电机有功功率、无功功率、励磁电压和发电机端电压。

5.8.4 安全措施

应制订如下安全措施：

a） 励磁调节器处于正常方式运行，各个限制保护设定正确，工作正常。

b） 采用原动机正常运行操作方式。

c） 先进行降原动机出力试验，再进行增原动机出力试验。

d） 原动机出力变化量由小到预定值依次增加。

e） 发生异常时停止原动机出力改变、退出 PSS，并根据情况决定是否切到备用通道运行。

5.8.5 试验步骤

按以下步骤进行该项试验：

a） 原动机出力不变时进行有、无 PSS 的稳态录波，观察有功功率和无功功率波动；

b） 进行无 PSS 下的改变原动机出力试验，记录并观察有功功率、无功功率和发电机电压波动；

c） 进行有 PSS 下的改变原动机出力试验，记录并观察有功功率、无功功率和发电机电压波动；

d） 如不符合判别要求，则应选择以下措施抑制 PSS 反调：

1） 采用加速功率型的 PSS。

2） 采用转速型 PSS。

3） 增减原动机出力操作时短时闭锁 PSS 输出。

4） 减少隔直环节时间常数（在相位补偿满足要求时）。

5） 减少 PSS 增益（在系统阻尼容许时）。

6） 减少原动机出力调整幅度和速度（临时措施）。

5.8.6 试验结果评判

在原动机正常运行操作的最大出力变化速度下，无功功率变化量小于 30%额定无功功率，机端电压变化量小于 3%额定电压。

5.9 其他说明

试验的其他说明如下：

a） 采用合成加速功率的 PSS 应先通过发电机负载阶跃确认合成机械功率点的波动最小。

b） 抽水蓄能机组的 PSS 整定试验在发电机运行方式和电动机运行方式下分别按上述方法进行整定试验，PSS 功能应符合上述两种运行方式。

c） 复核性计算见附录 C（可选项）。

6 试验报告内容要求

试验报告应包括以下内容：

a） 试验机组和励磁系统数据。

b） 试验时间、试验工况和试验项目。

c） PSS 参数确定方法。

d） 励磁控制系统无补偿频率特性、PSS 的相频特性、励磁控制系统有补偿频率特性。

e） 有 PSS 和无 PSS 的发电机负载阶跃响应及其他检验结果。

f） 反调试验结果。

g） PSS 模型和参数整定值（说明 PSS 输入信号的基准值）。

h） 结论包括评价 PSS 性能（含 PSS 适应的频率范围），提出投运 PSS 的条件和建议。

CHINA ELECTRIC POWER PRESS

附 录 A
（规范性附录）
励磁控制系统无补偿相频特性的计算方法

A.1 Phillips-Heffron 模型计算法

A.1.1 模型

单机对无穷大系统线性化的 Phillips-Heffron 模型见图 A.1。

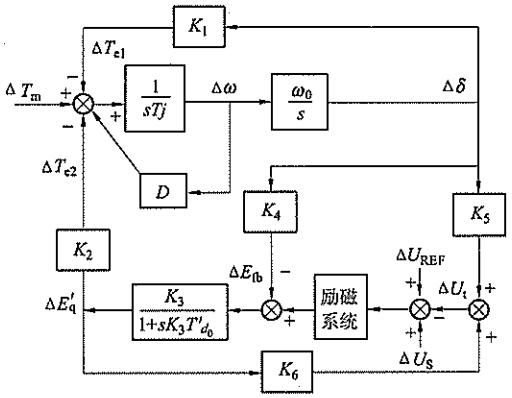


图 A.1 低频振荡分析用的单机对无穷大系统线性化 Phillips-Heffron 模型

A.1.2 计算步骤

计算步骤如下：

a） 已知参数：发电机 X_d、X'_d、X_q、T'_{d0}、系统等值联系电抗 X_e、发电机阻尼系数 D（汽轮发电机可取 D=2～5；水轮发电机可取 D=0.05）、转动惯量 T_j、电压调节器的模型参数。

b） 宜在以下两种工况下进行计算，P、Q 和 U_t 分别为发电机有功功率、无功功率和机端电压，各量均以发电机额定值（S_n、U_{tn}）为基值：

1） 对应最大滞后角的工况为：P=P_n（P_n 为发电机额定有功功率），Q=0（标幺值），U_t=1（标幺值），X_e = 0.2（标幺值）。

2） 对应最小滞后角的工况为：P=0.5（标幺值），Q=0.5（标幺值），U_t=1（标幺值），X_e=0.4（标幺值）。

c） 计算 Phillips-Heffron 模型中 K_1～K_6。

d） 计算对应上述两种工况的 $\Delta E'_q / \Delta U_s$ 频率特性，计算的频率范围应为 0.1Hz～2Hz。

A.2 单机无穷大系统计算法

采用专用的电力系统分析程序建立单机对无穷大系统进行励磁控制系统无补偿相频特性计算，步骤如下：

a） 已知发电机和励磁系统模型参数。

b） 计算采用发电机模型应为 5 阶及以上，发电机阻尼系数可取 0～0.05。

c） 宜在以下两种工况下进行计算，P、Q 和 U_t 分别为发电机有功功率、无功功率和机端电压，各量均以发电机额定值（S_n、U_{tn}）为基值：

1） 对应最大滞后角的工况为：P= P_n，Q=0（标幺值），U_t=1（标幺值），X_e=0.2（标幺值）。

2） 对应最小滞后角的工况为：P=0.5（标幺值），Q=0.5（标幺值），U_t=1（标幺值），X_e=0.4

（标幺值）。

d） 计算对应两种工况的 $\Delta E'_q / \Delta U_s$ 频率特性，计算的频率范围应为 0.1Hz～2Hz。

A.3 实际电网计算法

采用专用的电力系统分析程序使用实际电网数据进行励磁控制系统无补偿相频特性计算，步骤如下：

a） 已知实际电网数据、被试发电机励磁系统模型参数、其他机组励磁系统模型参数可采用同类励磁系统的典型模型参数。

b） 计算采用发电机模型应为 5 阶及以上，发电机阻尼系数可取 0～0.05。

c） 宜在以下两种工况下进行励磁系统滞后特性计算，有机端并列机组时宜计算并列的机组在线和离线两种情况：

1） 对应最大滞后角的工况为：全厂满发，被试机组高功率因数。

2） 对应最小滞后角的工况为：全厂仅被试机组运行，$P=0.5$（标幺值），低功率因数，多路出线仅留一条运行。

d） 计算对应两种工况的 $\Delta E'_q / \Delta U_s$ 频率特性，计算的频率范围应为 0.1Hz～2Hz。

附 录 B
（规范性附录）
PSS 增益的估算方法

B.1 估算条件

a） 具备符合实际的发电机和励磁系统模型参数（包括 PSS），在缺少实际的发电机组转动惯量时可采用典型值或制造厂的设计值进行计算。
b） 使用适用的计算工具构成单机对无穷大系统，有电网数据时可在全网多机系统下进行计算。
c） PSS 相位补偿参数通过试验或计算已经得到。
d） PSS 增益可先设为 1。

B.2 临界放大倍数法估算

a） 进行有 PSS 的发电机负载阶跃计算，增大 PSS 增益应见机组有功功率振荡减少，继续增大 PSS 增益，当发电机转子电压出现高于本机振荡频率的持续振荡（振荡次数大于 10 次），此时的 PSS 增益为计算的临界增益，振荡频率一般大于 2Hz。
b） 按 5.6.1 要求，由临界增益确定 PSS 增益。

B.3 负载阶跃法估算

a） 负载阶跃法应考虑发电机阻尼系数和转动惯量的影响。
b） 邻近单元机组有无 PSS 对试验机组负载阶跃阻尼比提高值影响不大。
c） 进行无 PSS 的发电机负载阶跃计算。
d） 进行有 PSS 的发电机负载阶跃计算，使有 PSS 应比无 PSS 的负载阶跃响应的阻尼比有明显提高，其中有 PSS 的负载阶跃响应的阻尼比应大于 0.1。

附 录 C
（规范性附录）
复 核 性 计 算

C.1 复核性计算内容

电力系统运行部门接受 PSS 整定试验报告后可选择以下一项或多项内容进行复核性计算：

a） 进行阶段性全网小干扰稳定性计算（低频振荡模式分析）。

b） 小干扰时域分析之一：进行有、无 PSS 负载阶跃响应计算，观察发电机有功功率振荡衰减情况。对于区域间振荡模式可采用增大试验机组惯性，使得负载阶跃产生对应于系统最低振荡频率的振荡。

c） 小干扰时域分析之二：主变压器高压侧一条出线三相短路 0.01s～0.04s 后切除短路故障，或者主变压器高压侧无故障切除一条出线，观察发电机有功功率振荡衰减情况。

d） 大干扰时域分析：按运行单位安全稳定分析规定进行大干扰校核，包括主变压器高压侧一条出线三相短路 0.1s 后切除该线路，观察发电机有功功率振荡衰减情况。

C.2 复核性计算条件

采用符合实际的电力系统数据、发电机和励磁系统（包括 PSS）模型和参数。

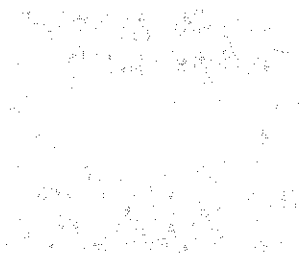
C.3 复核性计算结果判据

计算结果应同时满足下列判据：

a） 阶段性全网有、无 PSS 低频振荡模式比较，有 PSS 时全网不产生新的弱阻尼振荡模式；有 PSS 时与试验机组有关的振荡模式阻尼比得到提高。

b） 时域响应计算的结果有 PSS 比无 PSS 的有功功率衰减的阻尼比应有提高，励磁电压不出现 10 次以上的不稳定性振荡。

CHINA ELECTRIC POWER PRESS



中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
电力系统稳定器整定试验导则
DL / T 1231 — 2013
*
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
*
2013 年 8 月第一版 2013 年 8 月北京第一次印刷
880 毫米×1230 毫米 16 开本 1 印张 27 千字
印数 0001—3000 册
*
统一书号 155123・1602 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

155123.1602
上架建议：规程规范/电力工程