

ICS 29.240
K 00/09

CSEE

中国电机工程学会标准

T / CSEE 0079 — 2018

T / CSEE 0079 — 2018

发电机低励限制功能的源网协调 评价技术规范

Technical rules for evaluating power grid - source coordination of
generator under excitation limiter

中国电机工程学会标准
发电机低励限制功能的源网协调
评价技术规范
T / CSEE 0079 — 2018

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

2018 年 12 月第一版 2018 年 12 月北京第一次印刷
880 毫米×1230 毫米 16 开本 0.5 印张 12 千字

统一书号 155198 · 1117 定价 **18.00** 元

版权专有 侵权必究
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换



中国电机工程学会官方微信



155198.1117

2018-12-25 发布

2019-03-01 实施

中国电机工程学会 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 总则..... 2

5 发电机低励限制线设置的基本要求 2

6 发电机极限进相深度估算值的计算 2

7 发电机低励限制功能的试验评价 3

8 发电机低励限制动作行为的仿真评价 3

附录 A（规范性附录） 低励限制功能源网协调评价需要的基础资料要求 5

前 言

本标准按照《中国电机工程学会标准管理办法（暂行）》的要求，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》的规则起草。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国电机工程学会提出。

本标准由中国电机工程学会电力系统专业委员会技术归口并解释。

本标准起草单位：中国电力科学研究院有限公司、国网宁夏电力有限公司、国网江苏省电力有限公司、清华大学、国家电力调度控制中心、南方电网调度控制中心、北京四方继保自动化股份有限公司、浙江浙能技术研究院有限公司。

本标准主要起草人：马世英、王青、何凤军、唐晓骏、项丽、李海峰、陈新琪、张毅威、赵金、苏寅生、张志强、陈得治、韩志勇、宋新立、宋云亭、郑超、马士聪。

本标准为首次发布。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电机工程学会标准执行办公室（地址：北京市西城区白广路二条 1 号，100761，网址：<http://www.csee.org.cn>，邮箱：cseebz@csee.org.cn）。

发电机低励限制功能的源网协调评价技术规范

1 范围

本标准规定了发电机低励限制功能的源网协调的评价原则和评价方法。

本标准适用于接入 220kV 及以上电压等级的统调同步发电机组，接入 110kV 及以下电压等级的同步发电机组可参考执行。

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。

DL 755 电力系统安全稳定导则

DL/T 1164 汽轮发电机运行导则

DL/T 1523 同步发电机进相试验导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

进相运行 leading phase operation

发电机处于欠励状态，发电机机端电流相位超前机端电压，从系统吸收感性无功的运行状态。

3.2

极限进相深度 extreme leading phase condition

发电机进相运行时受到发电机的功角、电流、发热及相关母线电压等因素的限制，允许达到的最大进相深度。

3.3

极限进相深度估算值 extreme leading phase reactive estimate

基于仿真计算，考虑发电机进相运行时受到发电机的功角、电流及相关母线电压因素的限制，对允许达到的最大进相深度的估算。

3.4

低励限制 under excitation limit

一种电压调节器的附加功能，目的是在发电机进相运行时不超越发电机的静态稳定极限，或不超越由定子端部铁芯发热要求的发电机热容量。

3.5

低励限制线 under excitation limit curve

低励限制设置的反映允许吸收最大无功值与有功功率及机端电压关系的线段。

3.6

发电机功角 generator power angle

发电机 q 轴感应电动势与发电机机端电压的相角差。

4 总则

4.1 发电机应响应电网稳态或故障扰动时电压升高场景的进相调压需求，可通过电力系统实际运行方式下的仿真计算确定发电机进相能力的要求。

4.2 发电机极限进相深度应通过进相试验确定。

4.3 可通过极限进相深度估算值的计算，分析发电机极限进相深度受功角、机端电压、机端电流及厂用电母线电压因素的约束情况，对进相试验结果进行评价。

4.4 发电机低励限制功能应通过静态试验和动态试验，对基本功能、动作特性是否与设计要求相符进行评价。

4.5 发电机低励限制功能应通过基于电网实际数据的仿真，对其在电网故障扰动下的动作行为是否满足电网稳定运行要求进行评价。

5 发电机低励限制线设置的基本要求

5.1 发电机低励限制线宜在功率平面设定，常用的线型包括直线型、折线型和曲线型。

5.2 发电机低励限制线应参考进相试验获得的极限进相深度进行设定，应考虑极限进相深度受机端电压变化的影响，对低励限制线进行修正。

5.3 发电机低励限制线应与失磁保护定子侧阻抗判据曲线协调配合，保证低励限制先于失磁保护动作。可按式（1）将失磁保护定子侧阻抗判据曲线归算到功率平面，也可按式（2）将低励限制线归算到阻抗平面，实现两类曲线在同一坐标平面下的比较。

$$\left. \begin{aligned} P &= U^2 R / (R^2 + X^2) \\ Q &= U^2 X / (R^2 + X^2) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} R &= U^2 P / (P^2 + Q^2) \\ X &= U^2 Q / (P^2 + Q^2) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

式中：

P ——同步发电机机端电磁功率标么值；

Q ——同步发电机机端无功功率标么值；

R ——机端测量电阻标么值；

X ——机端测量电抗标么值；

U ——机端电压标么值。

6 发电机极限进相深度估算值的计算

6.1 基本要求

6.1.1 发电机极限进相深度估算考虑的约束条件

- 发电机功角不得超过允许值：汽轮发电机依据 DL/T 1164，水轮发电机依据 DL/T 1523。
- 发电机端电压不应低于额定电压的 90%。
- 发电机端电流不应大于额定电流。
- 厂用电电压不应低于额定电压的 95%。

6.1.2 对发电机进相考虑的典型运行工况点要求

- 发电机的有功工况应包括机组正常运行功率的最大值和最小值，中间点可根据机组稳定运行情况选定，汽轮发电机可设置 25%、50%、75%、100% 额定有功功率，水轮发电机可设置 0%、50%、75%、100% 额定有功功率。

b) 厂用电负荷功率应根据机组出力情况采用对应值。

6.1.3 估算宜采用潮流计算程序，计算数据中应对发电厂的厂用变压器建模，高压厂用负荷和低压厂用负荷分别挂接在相应电压等级的母线上。

6.2 计算方法和流程

6.2.1 根据现场进相试验时电网实际运行基本状况，设置基础运行方式的潮流数据，使系统接线形式、开机、负荷、潮流电压分布与实际情况相符，待评估机组为迟相运行状态，机端电压和厂用电电压在合理范围内。

6.2.2 设置待评估发电机的有功出力为典型运行工况点之一，逐步减小发电机无功出力增加进相深度，直至发电机功角、发电机端电压、发电机端电流、厂用电电压四个因素至少一项达到限制条件，此时的无功出力即为该有功出力对应的极限进相深度估算值。

6.2.3 设置待评估发电机的有功出力为其他的典型运行工况点，重复 6.2.2，得到各典型有功出力对应的极限进相深度估算值。

7 发电机低励限制功能的试验评价

7.1 基本要求

7.1.1 通过静态试验评价发电机低励限制的动作特性是否与设计相符。

7.1.2 在保证机组安全的前提下进行发电机负载动态试验，评价发电机低励限制的动态特性。

7.2 试验方法和流程

7.2.1 静态试验

a) 在低励限制单元输入端通入模拟发电机运行的定子电压和电流。

b) 在低励限制线上，选择有功功率为 0%、50%、75%、100%额定有功功率的点作为测试工况点，调整定子电压和电流的模拟值，使得对应的无功功率满足低励限制动作条件，基于动作值应与设置值相符的判断条件进行评价。

7.2.2 动态试验

a) 发电机并网带负荷，励磁系统正常运行。

b) 低励限制线可设为临时整定值。

c) 发电机带一定的有功功率，缓慢降低励磁电流使低励限制动作，基于动作值应与设置值相符的判断条件进行评价。

d) 调整发电机运行在低励限制线附近，设置机端电压 1%~4%的下阶跃扰动试验，扰动过程低励限制应动作，基于发电机及励磁系统应稳定运行、有功功率振荡阻尼比应不小于 0.03 的判断条件进行评价。

8 发电机低励限制动作行为的仿真评价

8.1 基本要求

8.1.1 应采用可详细模拟电力系统暂态过程的仿真计算程序，程序可模拟交流系统短路、开断等类型的故障和直流系统的换相失败、再启动等类型的故障。

8.1.2 发电机及其控制系统应采用可详细模拟暂态特性的模型，低励限制模型应与实际装置的逻辑、

特性一致。

8.1.3 电网中的交流系统采用准稳态模型，直流系统采用准稳态模型或电磁暂态模型。

8.2 计算方法和流程

8.2.1 依据 DL 755 设置典型研究方式，应着重考虑有高电压风险的运行方式或场景，例如低谷负荷运行方式、当地电源开机容量小由大容量直流馈入功率的方式，大规模风电集中并网由直流送电的送端电网、电缆线路比重较高的电网等。

8.2.2 依据 DL 755 设置典型故障，应着重考虑有高电压风险的故障，例如直流送端近区因直流故障电压暂态升高、水电长链式外送的通道解列故障后电压暂态升高等故障。

8.2.3 基于潮流结果，对选定的故障进行时域仿真计算。

8.2.4 基于仿真计算结果，对低励限制动作行为进行分析，基于发电机及励磁系统应稳定运行、未发生功角失稳、有功功率振荡阻尼比应不小于 0.03 的判断条件进行评价。

附 录 A
(规范性附录)

低励限制功能源网协调评价需要的基础资料要求

低励限制功能源网协调评价需要的基础资料要求包括：

- a) 发电机、励磁系统、低励限制功能的数学模型结构框图和定值参数；
 - b) 进相试验报告和录波曲线（包含低励限制试验内容）；
 - c) 发电机失磁保护的逻辑和定值参数；
 - d) 电网仿真的方式数据。
-