



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 106972484 B

(45) 授权公告日 2021.04.30

(21) 申请号 201710207175.3

(22) 申请日 2017.03.31

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106972484 A

(43) 申请公布日 2017.07.21

(73) 专利权人 国家电网公司
地址 100031 北京市西城区西长安街86号
专利权人 南京南瑞集团公司

国网河南省电力公司
国网冀北电力有限公司
中国电力科学研究院
国网黑龙江省电力有限公司
中电普瑞电力工程有限公司

(72) 发明人 施秀萍 江世杰 谢欢 陶向宇
黄远超 白铮 濮钧 赵思东
梁浩 江海洋 陈真

(74) 专利代理机构 北京安博达知识产权代理有限公司 11271

代理人 徐国文

(51) Int.Cl.
H02J 3/00 (2006.01)
H02J 3/46 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 104965983 A, 2015.10.07
CN 102983802 A, 2013.03.20
CN 102298115 A, 2011.12.28
CN 202166727 U, 2012.03.14
施秀萍等. 基于PMU数据的网源动态性能监测评价系统研发.《电力系统及其自动化》. 2016, 第28卷第42-45页.

审查员 王妍

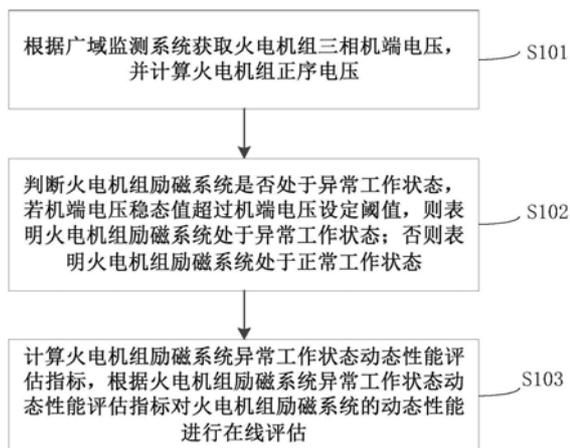
权利要求书4页 说明书11页 附图1页

(54) 发明名称

多场景下火电机组励磁系统动态性能在线评估方法和装置

(57) 摘要

本发明提供一种多场景下火电机组励磁系统动态性能在线评估方法和装置,根据广域监测系统获取火电机组三相机端电压,并计算火电机组正序电压;分析火电机组励磁系统的工作状态,判断火电机组励磁系统是否处于异常工作状态;计算火电机组励磁系统异常工作状态动态性能评估指标,并对火电机组励磁系统的动态性能进行在线评估。本发明还对火电机组励磁系统在低频振荡过程中的阻尼特性以及火电机组励磁系统的励磁限制器动作性能进行在线评估,在线辨识排查出运行状态异常或与期望响应存在差异的发电机组,及时甄别发电机组不良动态性能,从而更有效地保障电网安全稳定运行。



1. 多场景下火电机组励磁系统动态性能在线评估方法,其特征在于,所述方法包括:

根据广域监测系统获取火电机组三相机端电压,并计算火电机组正序电压;

根据火电机组正序电压分析火电机组励磁系统的工作状态,判断火电机组励磁系统是否处于异常工作状态,若机端电压稳态值超过机端电压设定阈值,则表明火电机组励磁系统处于异常工作状态;否则表明火电机组励磁系统处于正常工作状态;

计算火电机组励磁系统异常工作状态动态性能评估指标,根据火电机组励磁系统异常工作状态动态性能评估指标对火电机组励磁系统的动态性能进行在线评估;

所述火电机组励磁系统异常工作状态动态性能评估指标包括电压响应时间、励磁系统响应滞后时间、励磁系统暂态放大倍数峰值比、励磁系统暂态放大倍数积分比、励磁系统稳态放大倍数;

所述励磁系统暂态放大倍数峰值比是指火电机组励磁系统动态调节过程中励磁最大偏差电压值与机端最大偏差电压值之比,有:

$$R_p = U_{E_max} / U_{G_max}$$

其中, R_p 为励磁系统暂态放大倍数峰值比, U_{E_max} 为火电机组励磁系统动态调节过程中励磁最大偏差电压值, U_{G_max} 为火电机组励磁系统动态调节过程中机端最大偏差电压值;

所述励磁系统暂态放大倍数积分比是指火电机组励磁系统动态调节过程中励磁电压扰动积分值与机端电压扰动积分值之比,有:

$$R_i = V_{E_integral} / V_{G_integral}$$

其中, R_i 为励磁系统暂态放大倍数积分比, $V_{E_integral}$ 为火电机组励磁系统动态调节过程中励磁电压扰动积分值, $V_{G_integral}$ 为火电机组励磁系统动态调节过程中机端电压扰动积分值;

所述励磁系统稳态放大倍数是指火电机组励磁系统动态调节前、后励磁电压稳态值之差与机端电压稳态值之差的比值,有:

$$R_s = U_{E_dif} / U_{G_dif}$$

其中, R_s 为励磁系统稳态放大倍数, U_{E_dif} 为火电机组励磁系统动态调节前、后励磁电压稳态值之差, U_{G_dif} 为火电机组励磁系统动态调节前、后机端电压稳态值之差。

2. 根据权利要求1所述的多场景下火电机组励磁系统动态性能在线评估方法,其特征在于,所述电压响应时间是指火电机组励磁系统动态调节过程中,从机端电压突变开始到励磁电压达到励磁顶值电压与额定励磁电压之差95%的时间;具体有:

$$U_x - U_0 = 0.95 (U_{max} - U_N)$$

其中, U_x 为火电机组励磁系统动态调节过程中的励磁电压, U_0 为火电机组励磁系统动态调节前励磁电压稳态值, U_{max} 为火电机组励磁系统的动态调节过程中的励磁顶值电压, U_N 为火电机组的额定励磁电压;

满足 $U_x - U_0 = 0.95 (U_{max} - U_N)$ 的 U_x 对应的时间即为电压响应时间。

3. 根据权利要求1所述的多场景下火电机组励磁系统动态性能在线评估方法,其特征在于,所述励磁系统响应滞后时间是指火电机组励磁系统动态调节过程中,励磁电压开始调节时刻与机端电压发生扰动时刻的时间差,有:

$$\Delta T_e = T_E - T_G$$

其中, ΔT_e 为励磁系统响应滞后时间, T_E 为励磁电压开始调节时刻, T_G 为机端电压发生

扰动时刻。

4. 根据权利要求1所述的多场景下火电机组励磁系统动态性能在线评估方法,其特征在于,所述根据火电机组励磁系统异常工作状态动态性能评估指标对火电机组励磁系统的动态性能进行在线评估包括:

若同时满足电压响应时间在秒级内,励磁系统响应滞后时间在100毫秒内,且励磁系统暂态放大倍数峰值比、励磁系统暂态放大倍数积分比和励磁系统稳态放大倍数均在25-60之间,表明火电机组励磁系统的动态性能好,否则表明火电机组励磁系统的动态性能差。

5. 根据权利要求1所述的多场景下火电机组励磁系统动态性能在线评估方法,其特征在于,所述方法进一步包括在线评估电网低频振荡过程中火电机组励磁系统的阻尼特性,具体有:

根据广域监测系统获取火电机组的机端电压、励磁电压和有功功率;

判断获取的火电机组机端电压、励磁电压和有功功率检测电网是否发生低频振荡,若是则通过prony分析获得机端电压、励磁电压、有功功率三者分别对应的振荡阻尼比、振荡相位、振荡频率和振荡幅值,并计算火电机组励磁系统阻尼特性评估指标,包括励磁系统动态放大倍数和励磁系统动态输出相位;

根据有功功率的振荡阻尼比在线评估电网低频振荡过程中火电机组励磁系统的阻尼特性,若有功功率的振荡阻尼比大于0.03,表明火电机组励磁系统的阻尼特性好,若有有功功率的振荡阻尼比小于0,表明火电机组励磁系统的阻尼特性差;

所述励磁系统动态放大倍数为励磁电压振荡幅值与机端电压振荡幅值的比,有:

$$R_{dy} = V_{E_osc} / V_{G_osc}$$

其中, R_{dy} 为励磁系统动态放大倍数, V_{E_osc} 为励磁电压振荡幅值, V_{G_osc} 为机端电压振荡幅值, V_{E_osc} 和 V_{G_osc} 均为标么值;

所述励磁系统动态输出相位为励磁电压振荡相位与有功功率振荡相位的差,有:

$$Ph_{dy} = Ph_{E_osc} - Ph_{G_osc}$$

其中, Ph_{dy} 为励磁系统动态输出相位, Ph_{E_osc} 为励磁电压振荡相位, Ph_{G_osc} 为有功功率振荡相位。

6. 根据权利要求5所述的多场景下火电机组励磁系统动态性能在线评估方法,其特征在于,所述方法进一步包括在线评估励磁限制器动作性能,具体包括:

根据广域监测系统获取火电机组的主励磁电流;

当主励磁电流大于1.1倍额定励磁电流时,开始累计主励磁电流积分值,在主励磁电流积分值小于励磁发热时间常数 C_1 过程中监测励磁限制器动作信号是否动作,若主励磁电流积分值在大于励磁发热时间常数 C_1 前接收到励磁限制器动作信号即可判定励磁限制器动作性能合格,反之为不合格。

7. 一种多场景下火电机组励磁系统动态性能在线评估装置,其特征在于,所述装置包括:

计算模块,用于根据广域监测系统获取火电机组三相机端电压,并计算火电机组正序电压;

判断模块,用于根据火电机组正序电压分析火电机组励磁系统的工作状态,判断火电机组励磁系统是否处于异常工作状态,若机端电压稳态值超过机端电压设定阈值,则表明

火电机组励磁系统处于异常工作状态;否则表明火电机组励磁系统处于正常工作状态;

异常工作状态评估模块,用于计算火电机组励磁系统异常工作状态动态性能评估指标,根据火电机组励磁系统异常工作状态动态性能评估指标对火电机组励磁系统的动态性能进行在线评估;

所述火电机组励磁系统异常工作状态动态性能评估指标包括电压响应时间、励磁系统响应滞后时间、励磁系统暂态放大倍数峰值比、励磁系统暂态放大倍数积分比、励磁系统稳态放大倍数;

所述异常工作状态评估模块具体用于:

计算励磁系统暂态放大倍数峰值比,所述励磁系统暂态放大倍数峰值比是指火电机组励磁系统动态调节过程中励磁最大偏差电压值与机端最大偏差电压值之比,有:

$$R_p = U_{E_max} / U_{G_max}$$

其中, R_p 为励磁系统暂态放大倍数峰值比, U_{E_max} 为火电机组励磁系统动态调节过程中励磁最大偏差电压值, U_{G_max} 为火电机组励磁系统动态调节过程中机端最大偏差电压值;

所述异常工作状态评估模块具体用于:

计算励磁系统暂态放大倍数积分比,所述励磁系统暂态放大倍数积分比是指火电机组励磁系统动态调节过程中励磁电压扰动积分值与机端电压扰动积分值之比,有:

$$R_i = V_{E_integral} / V_{G_integral}$$

其中, R_i 为励磁系统暂态放大倍数积分比, $V_{E_integral}$ 为火电机组励磁系统动态调节过程中励磁电压扰动积分值, $V_{G_integral}$ 为火电机组励磁系统动态调节过程中机端电压扰动积分值;

所述异常工作状态评估模块具体用于:

计算励磁系统稳态放大倍数,所述励磁系统稳态放大倍数是指火电机组励磁系统动态调节前、后励磁电压稳态值之差与机端电压稳态值之差的比值,有:

$$R_s = U_{E_dif} / U_{G_dif}$$

其中, R_s 为励磁系统稳态放大倍数, U_{E_dif} 为火电机组励磁系统动态调节前、后励磁电压稳态值之差, U_{G_dif} 为火电机组励磁系统动态调节前、后机端电压稳态值之差。

8.根据权利要求7所述的多场景下火电机组励磁系统动态性能在线评估装置,其特征在于,所述异常工作状态评估模块具体用于:

计算电压响应时间,所述电压响应时间是指火电机组励磁系统动态调节过程中,从机端电压突变开始到励磁电压达到励磁顶值电压与额定励磁电压之差95%的时间;具体有:

$$U_x - U_0 = 0.95 (U_{max} - U_N)$$

其中, U_x 为火电机组励磁系统动态调节过程中的励磁电压, U_0 为火电机组励磁系统动态调节前励磁电压稳态值, U_{max} 为火电机组励磁系统的动态调节过程中的励磁顶值电压, U_N 为火电机组的额定励磁电压;

满足 $U_x - U_0 = 0.95 (U_{max} - U_N)$ 的 U_x 对应的时间即为电压响应时间。

9.根据权利要求8所述的多场景下火电机组励磁系统动态性能在线评估装置,其特征在于,所述异常工作状态评估模块具体用于:

计算励磁系统响应滞后时间,所述励磁系统响应滞后时间是指火电机组励磁系统动态调节过程中,励磁电压开始调节时刻与机端电压发生扰动时刻的时间差,有:

$$\Delta T_e = T_E - T_G$$

其中, ΔT_e 为励磁系统响应滞后时间, T_E 为励磁电压开始调节时刻, T_G 为机端电压发生扰动时刻。

10. 根据权利要求8所述的多场景下火电机组励磁系统动态性能在线评估装置, 其特征在于, 所述异常工作状态评估模块具体用于:

若同时满足电压响应时间在秒级内, 励磁系统响应滞后时间在100毫秒内, 且励磁系统暂态放大倍数峰值比、励磁系统暂态放大倍数积分比和励磁系统稳态放大倍数均在25-60之间, 表明火电机组励磁系统的动态性能好, 否则表明火电机组励磁系统的动态性能差。

11. 根据权利要求10所述的多场景下火电机组励磁系统动态性能在线评估装置, 其特征在于, 所述装置还包括阻尼特性评估模块, 所述阻尼特性评估模块用于在线评估电网低频振荡过程中火电机组励磁系统的阻尼特性, 具体有:

根据广域监测系统获取火电机组的机端电压、励磁电压和有功功率;

判断获取的火电机组机端电压、励磁电压和有功功率检测电网是否发生低频振荡, 若是则通过prony分析获得机端电压、励磁电压、有功功率三者分别对应的振荡阻尼比、振荡相位、振荡频率和振荡幅值, 并计算火电机组励磁系统阻尼特性评估指标, 包括励磁系统动态放大倍数和励磁系统动态输出相位;

根据有功功率的振荡阻尼比在线评估电网低频振荡过程中火电机组励磁系统的阻尼特性, 若有功功率的振荡阻尼比大于0.03, 表明火电机组励磁系统的阻尼特性好, 若有功功率的振荡阻尼比小于0, 表明火电机组励磁系统的阻尼特性差;

所述阻尼特性评估模块进一步用于:

计算励磁系统动态放大倍数, 所述励磁系统动态放大倍数为励磁电压振荡幅值与机端电压振荡幅值的比, 有:

$$R_{dy} = V_{E_osc} / V_{G_osc}$$

其中, R_{dy} 为励磁系统动态放大倍数, V_{E_osc} 为励磁电压振荡幅值, V_{G_osc} 为机端电压振荡幅值, V_{E_osc} 和 V_{G_osc} 均为标么值;

计算励磁系统动态输出相位, 所述励磁系统动态输出相位为励磁电压振荡相位与有功功率振荡相位的差, 有:

$$Ph_{dy} = Ph_{E_osc} - Ph_{G_osc}$$

其中, Ph_{dy} 为励磁系统动态输出相位, Ph_{E_osc} 为励磁电压振荡相位, Ph_{G_osc} 为有功功率振荡相位。

12. 根据权利要求11所述的多场景下火电机组励磁系统动态性能在线评估装置, 其特征在于, 所述装置还包括动作性能评估模块, 所述动作性能评估模块用于在线评估励磁限制器动作性能, 具体包括:

根据广域监测系统获取火电机组的主励磁电流;

当主励磁电流大于1.1倍额定励磁电流时, 开始累计主励磁电流积分值, 在主励磁电流积分值小于励磁发热时间常数 C_1 过程中监测励磁限制器动作信号是否动作, 若主励磁电流积分值在大于励磁发热时间常数 C_1 前接收到励磁限制器动作信号即可判定励磁限制器动作性能合格, 反之为不合格。

多场景下火电机组励磁系统动态性能在线评估方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种在线评估技术,具体涉及一种多场景下火电机组励磁系统动态性能在线评估方法和装置。

背景技术

[0002] 在现代大电网中,随着电力网络互联程度的不断提高,系统越来越庞大,运行方式越来越复杂,各区域、各部分互相联系、密切相关、在运行过程中互相影响,保证系统安全可靠运行的难度也越来越大,使电网的安全稳定问题越来越突出。

[0003] 电力系统稳定性问题是电力系统的根本问题。安全稳定问题已成为发展大型电力系统的过程中需认真解决的最突出问题。

[0004] 火电机组励磁系统的动态性能不仅对发电机及电力系统自动电压调节有重要作用,对电力系统的稳定也有重要的影响。

[0005] 现有技术中,针对火电机组励磁系统动态性能的评估为离线评估,即以静态试验的方式获取一段包含有火电机组动态调节过程的数据,再进行离线性能评估。

[0006] 同时对具体的火电机组动态调节时间段的选取也完全取决于个人经验,且这种评估结果很大程度上依赖于个人对励磁系统的熟悉程度和工作经验,评估指标也较为单一,并不能实时、全面反应火电机组励磁系统的动态性能。

发明内容

[0007] 为了克服上述现有技术的不足,本发明从火电机组励磁系统在异常工作状态下的响应性能、火电机组励磁系统在低频振荡过程中提供的阻尼特性、火电机组励磁系统的励磁限制器动作性能三个方面提出了火电机组励磁系统动态性能在线评估方法和装置,可在线辨识排查出运行状态异常或与期望响应存在差异的发电机组,及时甄别发电机组不良动态性能,从而更有效地保障电网安全稳定运行。

[0008] 为了实现上述发明目的,本发明采取如下技术方案:

[0009] 本发明提供一种多场景下火电机组励磁系统动态性能在线评估方法,所述方法包括:

[0010] 根据广域监测系统获取火电机组三相机端电压,并计算火电机组正序电压;

[0011] 根据火电机组正序电压分析火电机组励磁系统的工作状态,判断火电机组励磁系统是否处于异常工作状态,若机端电压稳态值超过机端电压设定阈值,则表明火电机组励磁系统处于异常工作状态;否则表明火电机组励磁系统处于正常工作状态;

[0012] 计算火电机组励磁系统异常工作状态动态性能评估指标,根据火电机组励磁系统异常工作状态动态性能评估指标对火电机组励磁系统的动态性能进行在线评估。

[0013] 所述火电机组励磁系统异常工作状态动态性能评估指标包括电压响应时间、励磁系统响应滞后时间、励磁系统暂态放大倍数峰值比、励磁系统暂态放大倍数积分比、励磁系统稳态放大倍数。

[0014] 所述电压响应时间是指火电机组励磁系统动态调节过程中,从机端电压突变开始到励磁电压达到励磁顶值电压与额定励磁电压之差95%的时间;具体有:

$$[0015] \quad U_x - U_0 = 0.95 (U_{\max} - U_N)$$

[0016] 其中, U_x 为火电机组励磁系统动态调节过程中的励磁电压, U_0 为火电机组励磁系统动态调节前励磁电压稳态值, U_{\max} 为火电机组励磁系统的动态调节过程中的励磁顶值电压, U_N 为火电机组的额定励磁电压;

[0017] 满足 $U_x - U_0 = 0.95 (U_{\max} - U_N)$ 的 U_x 对应的时间即为电压响应时间。

[0018] 所述励磁系统响应滞后时间是指火电机组励磁系统动态调节过程中,励磁电压开始调节时刻与机端电压发生扰动时刻的时间差,有:

$$[0019] \quad \Delta T_e = T_E - T_G$$

[0020] 其中, ΔT_e 为励磁系统响应滞后时间, T_E 为励磁电压开始调节时刻, T_G 为机端电压发生扰动时刻。

[0021] 所述励磁系统暂态放大倍数峰值比是指火电机组励磁系统动态调节过程中励磁最大偏差电压值与机端最大偏差电压值之比,有:

$$[0022] \quad R_p = U_{E_max} / U_{G_max}$$

[0023] 其中, R_p 为励磁系统暂态放大倍数峰值比, U_{E_max} 为火电机组励磁系统动态调节过程中励磁最大偏差电压值, U_{G_max} 为火电机组励磁系统动态调节过程中机端最大偏差电压值。

[0024] 所述励磁系统暂态放大倍数积分比是指火电机组励磁系统动态调节过程中励磁电压扰动积分值与机端电压扰动积分值之比,有:

$$[0025] \quad R_i = V_{E_integral} / V_{G_integral}$$

[0026] 其中, R_i 为励磁系统暂态放大倍数积分比, $V_{E_integral}$ 为火电机组励磁系统动态调节过程中励磁电压扰动积分值, $V_{G_integral}$ 为火电机组励磁系统动态调节过程中机端电压扰动积分值。

[0027] 所述励磁系统稳态放大倍数是指火电机组励磁系统动态调节前、后励磁电压稳态值之差与机端电压稳态值之差的比值,有:

$$[0028] \quad R_s = U_{E_dif} / U_{G_dif}$$

[0029] 其中, R_s 为励磁系统稳态放大倍数, U_{E_dif} 为火电机组励磁系统动态调节前、后励磁电压稳态值之差, U_{G_dif} 为火电机组励磁系统动态调节前、后机端电压稳态值之差。

[0030] 所述根据火电机组励磁系统异常工作状态动态性能评估指标对火电机组励磁系统的动态性能进行在线评估包括:

[0031] 若同时满足电压响应时间在秒级内,励磁系统响应滞后时间在100毫秒内,且励磁系统暂态放大倍数峰值比、励磁系统暂态放大倍数积分比和励磁系统稳态放大倍数均在25-60之间,表明火电机组励磁系统的动态性能好,否则表明火电机组励磁系统的动态性能差。

[0032] 所述方法进一步包括在线评估电网低频振荡过程中火电机组励磁系统的阻尼特性,具体有:

[0033] 根据广域监测系统获取火电机组的机端电压、励磁电压和有功功率;

[0034] 判断获取的火电机组机端电压、励磁电压和有功功率检测电网是否发生低频振

荡,若是则通过prony分析获得机端电压、励磁电压、有功功率三者分别对应的振荡阻尼比、振荡相位、振荡频率和振荡幅值,并计算火电机组励磁系统阻尼特性评估指标,包括励磁系统动态放大倍数和励磁系统动态输出相位;

[0035] 根据有功功率的振荡阻尼比在线评估电网低频振荡过程中火电机组励磁系统的阻尼特性,若有有功功率的振荡阻尼比大于0.03,表明火电机组励磁系统的阻尼特性好,若有有功功率的振荡阻尼比小于0,表明火电机组励磁系统的阻尼特性差。

[0036] 所述励磁系统动态放大倍数为励磁电压振荡幅值与机端电压振荡幅值的比,有:

$$[0037] \quad R_{dy} = V_{E_osc} / V_{G_osc}$$

[0038] 其中, R_{dy} 为励磁系统动态放大倍数, V_{E_osc} 为励磁电压振荡幅值, V_{G_osc} 为机端电压振荡幅值, V_{E_osc} 和 V_{G_osc} 均为标么值;

[0039] 所述励磁系统动态输出相位为励磁电压振荡相位与有功功率振荡相位的差,有:

$$[0040] \quad Ph_{dy} = Ph_{E_osc} - Ph_{G_osc}$$

[0041] 其中, Ph_{dy} 为励磁系统动态输出相位, Ph_{E_osc} 为励磁电压振荡相位, Ph_{G_osc} 为有功功率振荡相位。

[0042] 所述方法进一步包括在线评估励磁限制器动作性能,具体包括:

[0043] 根据广域监测系统获取火电机组的主励磁电流;

[0044] 当主励磁电流大于1.1倍额定励磁电流时,开始累计主励磁电流积分值,在主励磁电流积分值小于励磁发热时间常数 C_1 过程中监测励磁限制器动作信号是否动作,若主励磁电流积分值在大于励磁发热时间常数 C_1 前接收到励磁限制器动作信号即可判定励磁限制器动作性能合格,反之为不合格。

[0045] 本发明还提供一种多场景下火电机组励磁系统动态性能在线评估装置,所述装置包括:

[0046] 计算模块,用于根据广域监测系统获取火电机组三相机端电压,并计算火电机组正序电压;

[0047] 判断模块,用于根据火电机组正序电压分析火电机组励磁系统的工作状态,判断火电机组励磁系统是否处于异常工作状态,若机端电压稳态值超过机端电压设定阈值,则表明火电机组励磁系统处于异常工作状态;否则表明火电机组励磁系统处于正常工作状态;

[0048] 异常工作状态评估模块,用于计算火电机组励磁系统异常工作状态动态性能评估指标,根据火电机组励磁系统异常工作状态动态性能评估指标对火电机组励磁系统的动态性能进行在线评估。

[0049] 所述火电机组励磁系统异常工作状态动态性能评估指标包括电压响应时间、励磁系统响应滞后时间、励磁系统暂态放大倍数峰值比、励磁系统暂态放大倍数积分比、励磁系统稳态放大倍数。

[0050] 所述计算模块具体用于:

[0051] 计算电压响应时间,所述电压响应时间是指火电机组励磁系统动态调节过程中,从机端电压突变开始到励磁电压达到励磁顶值电压与额定励磁电压之差95%的时间;具体有:

$$[0052] \quad U_x - U_0 = 0.95 (U_{max} - U_N)$$

[0053] 其中, U_x 为火电机组励磁系统动态调节过程中的励磁电压, U_0 为火电机组励磁系统动态调节前励磁电压稳态值, U_{\max} 为火电机组励磁系统的动态调节过程中的励磁顶值电压, U_N 为火电机组的额定励磁电压;

[0054] 满足 $U_x - U_0 = 0.95 (U_{\max} - U_N)$ 的 U_x 对应的时间即为电压响应时间。

[0055] 所述计算模块具体用于:

[0056] 计算励磁系统响应滞后时间, 所述励磁系统响应滞后时间是指火电机组励磁系统动态调节过程中, 励磁电压开始调节时刻与机端电压发生扰动时刻的时间差, 有:

$$[0057] \quad \Delta T_e = T_E - T_G$$

[0058] 其中, ΔT_e 为励磁系统响应滞后时间, T_E 为励磁电压开始调节时刻, T_G 为机端电压发生扰动时刻。

[0059] 所述计算模块具体用于:

[0060] 计算励磁系统暂态放大倍数峰值比, 所述励磁系统暂态放大倍数峰值比是指火电机组励磁系统动态调节过程中励磁最大偏差电压值与机端最大偏差电压值之比, 有:

$$[0061] \quad R_p = U_{E_max} / U_{G_max}$$

[0062] 其中, R_p 为励磁系统暂态放大倍数峰值比, U_{E_max} 为火电机组励磁系统动态调节过程中励磁最大偏差电压值, U_{G_max} 为火电机组励磁系统动态调节过程中机端最大偏差电压值。

[0063] 所述计算模块具体用于:

[0064] 计算励磁系统暂态放大倍数积分比, 所述励磁系统暂态放大倍数积分比是指火电机组励磁系统动态调节过程中励磁电压扰动积分值与机端电压扰动积分值之比, 有:

$$[0065] \quad R_i = V_{E_integral} / V_{G_integral}$$

[0066] 其中, R_i 为励磁系统暂态放大倍数积分比, $V_{E_integral}$ 为火电机组励磁系统动态调节过程中励磁电压扰动积分值, $V_{G_integral}$ 为火电机组励磁系统动态调节过程中机端电压扰动积分值。

[0067] 所述计算模块具体用于:

[0068] 计算励磁系统稳态放大倍数, 所述励磁系统稳态放大倍数是指火电机组励磁系统动态调节前、后励磁电压稳态值之差与机端电压稳态值之差的比值, 有:

$$[0069] \quad R_s = U_{E_dif} / U_{G_dif}$$

[0070] 其中, R_s 为励磁系统稳态放大倍数, U_{E_dif} 为火电机组励磁系统动态调节前、后励磁电压稳态值之差, U_{G_dif} 为火电机组励磁系统动态调节前、后机端电压稳态值之差。

[0071] 所述异常工作状态评估模块具体用于:

[0072] 若同时满足电压响应时间在秒级内, 励磁系统响应滞后时间在100毫秒内, 且励磁系统暂态放大倍数峰值比、励磁系统暂态放大倍数积分比和励磁系统稳态放大倍数均在25-60之间, 表明火电机组励磁系统的动态性能好, 否则表明火电机组励磁系统的动态性能差。

[0073] 所述装置还包括阻尼特性评估模块, 阻尼特性评估模块用于在线评估电网低频振荡过程中火电机组励磁系统的阻尼特性, 具体有:

[0074] 根据广域监测系统获取火电机组的机端电压、励磁电压和有功功率;

[0075] 判断获取的火电机组机端电压、励磁电压和有功功率检测电网是否发生低频振

荡,若是则通过prony分析获得机端电压、励磁电压、有功功率三者分别对应的振荡阻尼比、振荡相位、振荡频率和振荡幅值,并计算火电机组励磁系统阻尼特性评估指标,包括励磁系统动态放大倍数和励磁系统动态输出相位;

[0076] 根据有功功率的振荡阻尼比在线评估电网低频振荡过程中火电机组励磁系统的阻尼特性,若有功功率的振荡阻尼比大于0.03,表明火电机组励磁系统的阻尼特性好,若有功功率的振荡阻尼比小于0,表明火电机组励磁系统的阻尼特性差。

[0077] 所述阻尼特性评估模块进一步用于:

[0078] 计算励磁系统动态放大倍数,所述励磁系统动态放大倍数为励磁电压振荡幅值与机端电压振荡幅值的比,有:

$$[0079] \quad R_{dy} = V_{E_osc} / V_{G_osc}$$

[0080] 其中, R_{dy} 为励磁系统动态放大倍数, V_{E_osc} 为励磁电压振荡幅值, V_{G_osc} 为机端电压振荡幅值, V_{E_osc} 和 V_{G_osc} 均为标么值;

[0081] 计算励磁系统动态输出相位,所述励磁系统动态输出相位为励磁电压振荡相位与有功功率振荡相位的差,有:

$$[0082] \quad Ph_{dy} = Ph_{E_osc} - Ph_{G_osc}$$

[0083] 其中, Ph_{dy} 为励磁系统动态输出相位, Ph_{E_osc} 为励磁电压振荡相位, Ph_{G_osc} 为有功功率振荡相位。

[0084] 所述装置还包括动作性能评估模块,动作性能评估模块用于在线评估励磁限制器动作性能,具体包括:

[0085] 根据广域监测系统获取火电机组的主励磁电流;

[0086] 当主励磁电流大于1.1倍额定励磁电流时,开始累计主励磁电流积分值,在主励磁电流积分值小于励磁发热时间常数 C_1 过程中监测励磁限制器动作信号是否动作,若主励磁电流积分值在大于励磁发热时间常数 C_1 前接收到励磁限制器动作信号即可判定励磁限制器动作性能合格,反之为不合格。

[0087] 与最接近的现有技术相比,本发明提供的技术方案具有以下有益效果:

[0088] 本发明提供的火电机组励磁系统动态性能在线评估方法,先根据广域监测系统获取火电机组三相机端电压,并计算火电机组正序电压;根据火电机组正序电压分析火电机组励磁系统的工作状态,判断火电机组励磁系统是否处于异常工作状态,若机端电压稳态值超过机端电压设定阈值,则表明火电机组励磁系统处于异常工作状态;否则表明火电机组励磁系统处于正常工作状态;最后计算火电机组励磁系统异常工作状态动态性能评估指标,包括电压响应时间、励磁系统响应滞后时间、励磁系统暂态放大倍数峰值比、励磁系统暂态放大倍数积分比、励磁系统稳态放大倍数;并根据火电机组励磁系统异常工作状态动态性能评估指标对火电机组励磁系统的动态性能进行在线评估实现对火电机组励磁系统异常工作状态动态性能的在线评估;

[0089] 本发明还对火电机组励磁系统在低频振荡过程中的阻尼特性以及火电机组励磁系统的励磁限制器动作性能进行在线评估,在线辨识排查出运行状态异常或与期望响应存在差异的发电机组,及时甄别发电机组不良动态性能,从而更有效地保障电网安全稳定运行。

附图说明

[0090] 图1是本发明实施例中多场景下火电机组励磁系统动态性能在线评估方法流程图；

[0091] 图2是本发明实施例中不同时刻发电机励磁电流示意图。

具体实施方式

[0092] 下面结合附图对本发明作进一步详细说明。

[0093] 火电机组励磁系统动态性能在线评估方法针对火电机组励磁系统实际动态性能与理论动态性能的差异,以D5000平台的广域监测系统数据为基础,全面评估励磁系统工作异常状态、振荡过程提供的阻尼性质和励磁限制器动作性能。

[0094] 本实施例提供一种多场景下火电机组励磁系统动态性能在线评估方法,如图1,该方法包括:

[0095] S101:根据广域监测系统获取火电机组三相机端电压,并计算火电机组正序电压;

[0096] S102:根据火电机组正序电压分析火电机组励磁系统的工作状态,判断火电机组励磁系统是否处于异常工作状态,若机端电压稳态值超过机端电压设定阈值,则表明火电机组励磁系统处于异常工作状态;否则表明火电机组励磁系统处于正常工作状态;

[0097] S103:计算火电机组励磁系统异常工作状态动态性能评估指标,根据火电机组励磁系统异常工作状态动态性能评估指标对火电机组励磁系统的动态性能进行在线评估。

[0098] S103中,火电机组励磁系统异常工作状态动态性能评估指标包括电压响应时间、励磁系统响应滞后时间、励磁系统暂态放大倍数峰值比、励磁系统暂态放大倍数积分比、励磁系统稳态放大倍数。

[0099] 其中,电压响应时间是指火电机组励磁系统动态调节过程中,从机端电压突变开始到励磁电压达到励磁顶值电压与额定励磁电压之差95%的时间;具体有:

$$[0100] \quad U_x - U_0 = 0.95 (U_{\max} - U_N)$$

[0101] 其中, U_x 为火电机组励磁系统动态调节过程中的励磁电压, U_0 为火电机组励磁系统动态调节前励磁电压稳态值, U_{\max} 为火电机组励磁系统的动态调节过程中的励磁顶值电压, U_N 为火电机组的额定励磁电压;

[0102] 满足 $U_x - U_0 = 0.95 (U_{\max} - U_N)$ 的 U_x 对应的时间即为电压响应时间。

[0103] 其中,励磁系统响应滞后时间是指火电机组励磁系统动态调节过程中,励磁电压开始调节时刻与机端电压发生扰动时刻的时间差,有:

$$[0104] \quad \Delta T_e = T_E - T_G$$

[0105] 其中, ΔT_e 为励磁系统响应滞后时间, T_E 为励磁电压开始调节时刻, T_G 为机端电压发生扰动时刻。

[0106] 其中,励磁系统暂态放大倍数峰值比是指火电机组励磁系统动态调节过程中励磁最大偏差电压值与机端最大偏差电压值之比,有:

$$[0107] \quad R_p = U_{E_max} / U_{G_max}$$

[0108] 其中, R_p 为励磁系统暂态放大倍数峰值比, U_{E_max} 为火电机组励磁系统动态调节过程中励磁最大偏差电压值, U_{G_max} 为火电机组励磁系统动态调节过程中机端最大偏差电压值。

[0109] 其中,励磁系统暂态放大倍数积分比是指火电机组励磁系统动态调节过程中励磁电压扰动积分值与机端电压扰动积分值之比,有:

$$[0110] \quad R_i = V_{E_integral} / V_{G_integral}$$

[0111] 其中, R_i 为励磁系统暂态放大倍数积分比, $V_{E_integral}$ 为火电机组励磁系统动态调节过程中励磁电压扰动积分值, $V_{G_integral}$ 为火电机组励磁系统动态调节过程中机端电压扰动积分值。

[0112] 其中,励磁系统稳态放大倍数是指火电机组励磁系统动态调节前、后励磁电压稳态值之差与机端电压稳态值之差的比值,有:

$$[0113] \quad R_s = U_{E_dif} / U_{G_dif}$$

[0114] 其中, R_s 为励磁系统稳态放大倍数, U_{E_dif} 为火电机组励磁系统动态调节前、后励磁电压稳态值之差, U_{G_dif} 为火电机组励磁系统动态调节前、后机端电压稳态值之差。

[0115] S103中,根据火电机组励磁系统异常工作状态动态性能评估指标对火电机组励磁系统的动态性能进行在线评估包括:

[0116] 若同时满足电压响应时间在秒级内,励磁系统响应滞后时间在100毫秒内,且励磁系统暂态放大倍数峰值比、励磁系统暂态放大倍数积分比和励磁系统稳态放大倍数均在25-60之间,表明火电机组励磁系统的动态性能好,否则表明火电机组励磁系统的动态性能差。

[0117] 本实施例提供的方法还可以实现对电网低频振荡过程中火电机组励磁系统的阻尼特性的在线评估,具体过程如下:

[0118] 首先,根据广域监测系统获取火电机组的机端电压、励磁电压和有功功率;

[0119] 然后判断获取的火电机组机端电压、励磁电压和有功功率检测电网是否发生低频振荡,若是则通过prony分析获得机端电压、励磁电压、有功功率三者分别对应的振荡阻尼比、振荡相位、振荡频率和振荡幅值,并计算火电机组励磁系统阻尼特性评估指标,包括励磁系统动态放大倍数和励磁系统动态输出相位;

[0120] 上述的励磁系统动态放大倍数为励磁电压振荡幅值与机端电压振荡幅值的比,有:

$$[0121] \quad R_{dy} = V_{E_osc} / V_{G_osc}$$

[0122] 其中, R_{dy} 为励磁系统动态放大倍数, V_{E_osc} 为励磁电压振荡幅值, V_{G_osc} 为机端电压振荡幅值, V_{E_osc} 和 V_{G_osc} 均为标么值;

[0123] 上述的励磁系统动态输出相位为励磁电压振荡相位与有功功率振荡相位的差,有:

$$[0124] \quad Ph_{dy} = Ph_{E_osc} - Ph_{G_osc}$$

[0125] 其中, Ph_{dy} 为励磁系统动态输出相位, Ph_{E_osc} 为励磁电压振荡相位, Ph_{G_osc} 为有功功率振荡相位。

[0126] 最后,根据有功功率的振荡阻尼比在线评估电网低频振荡过程中火电机组励磁系统的阻尼特性,若有功功率的振荡阻尼比大于0.03,表明火电机组励磁系统的阻尼特性好,若有功功率的振荡阻尼比小于0,表明火电机组励磁系统的阻尼特性差。

[0127] 本实施例提供的方法更进一步还可以实现对励磁限制器动作性能的在线评估,具体过程如下:

[0128] 1) 根据广域监测系统获取火电机组的主励磁电流;

[0129] 2) 当主励磁电流大于1.1倍额定励磁电流时,开始累计主励磁电流积分值,在主励磁电流积分值小于励磁发热时间常数 C_1 过程中监测励磁限制器动作信号是否动作,若主励磁电流积分值在大于励磁发热时间常数 C_1 前接收到励磁限制器动作信号即可判定励磁限制器动作性能合格,反之为不合格。

[0130] 本实施例同时还提供一种多场景下火电机组励磁系统动态性能在线评估装置,该装置包括:

[0131] 计算模块,用于根据广域监测系统获取火电机组三相机端电压,并计算火电机组正序电压;

[0132] 判断模块,用于根据火电机组正序电压分析火电机组励磁系统的工作状态,判断火电机组励磁系统是否处于异常工作状态,若机端电压稳态值超过机端电压设定阈值,则表明火电机组励磁系统处于异常工作状态;否则表明火电机组励磁系统处于正常工作状态;

[0133] 异常工作状态评估模块,用于计算火电机组励磁系统异常工作状态动态性能评估指标,根据火电机组励磁系统异常工作状态动态性能评估指标对火电机组励磁系统的动态性能进行在线评估。

[0134] 上述火电机组励磁系统异常工作状态动态性能评估指标包括电压响应时间、励磁系统响应滞后时间、励磁系统暂态放大倍数峰值比、励磁系统暂态放大倍数积分比、励磁系统稳态放大倍数。

[0135] 上述异常工作状态评估模块具体用于计算电压响应时间、励磁系统响应滞后时间、励磁系统暂态放大倍数峰值比、励磁系统暂态放大倍数积分比以及励磁系统稳态放大倍数。具体如下:

[0136] 1) 电压响应时间是指火电机组励磁系统动态调节过程中,从机端电压突变开始到励磁电压达到励磁顶值电压与额定励磁电压之差95%的时间;具体有:

$$[0137] \quad U_x - U_0 = 0.95 (U_{\max} - U_N)$$

[0138] 其中, U_x 为火电机组励磁系统动态调节过程中的励磁电压, U_0 为火电机组励磁系统动态调节前励磁电压稳态值, U_{\max} 为火电机组励磁系统的动态调节过程中的励磁顶值电压, U_N 为火电机组的额定励磁电压;

[0139] 满足 $U_x - U_0 = 0.95 (U_{\max} - U_N)$ 的 U_x 对应的时间即为电压响应时间。

[0140] 2) 励磁系统响应滞后时间是指火电机组励磁系统动态调节过程中,励磁电压开始调节时刻与机端电压发生扰动时刻的时间差,有:

$$[0141] \quad \Delta T_e = T_E - T_G$$

[0142] 其中, ΔT_e 为励磁系统响应滞后时间, T_E 为励磁电压开始调节时刻, T_G 为机端电压发生扰动时刻。

[0143] 3) 励磁系统暂态放大倍数峰值比是指火电机组励磁系统动态调节过程中励磁最大偏差电压值与机端最大偏差电压值之比,有:

$$[0144] \quad R_p = U_{E_max} / U_{G_max}$$

[0145] 其中, R_p 为励磁系统暂态放大倍数峰值比, U_{E_max} 为火电机组励磁系统动态调节过程中励磁最大偏差电压值, U_{G_max} 为火电机组励磁系统动态调节过程中机端最大偏差电压

值。

[0146] 4) 励磁系统暂态放大倍数积分比是指火电机组励磁系统动态调节过程中励磁电压扰动积分值与机端电压扰动积分值之比,有:

$$[0147] \quad R_i = V_{E_integral} / V_{G_integral}$$

[0148] 其中, R_i 为励磁系统暂态放大倍数积分比, $V_{E_integral}$ 为火电机组励磁系统动态调节过程中励磁电压扰动积分值, $V_{G_integral}$ 为火电机组励磁系统动态调节过程中机端电压扰动积分值。

[0149] 5) 励磁系统稳态放大倍数是指火电机组励磁系统动态调节前、后励磁电压稳态值之差与机端电压稳态值之差的比值,有:

$$[0150] \quad R_s = U_{E_dif} / U_{G_dif}$$

[0151] 其中, R_s 为励磁系统稳态放大倍数, U_{E_dif} 为火电机组励磁系统动态调节前、后励磁电压稳态值之差, U_{G_dif} 为火电机组励磁系统动态调节前、后机端电压稳态值之差。

[0152] 上述异常工作状态评估模块具体用于:

[0153] 若同时满足电压响应时间在秒级内,励磁系统响应滞后时间在100毫秒内,且励磁系统暂态放大倍数峰值比、励磁系统暂态放大倍数积分比和励磁系统稳态放大倍数均在25-60之间,表明火电机组励磁系统的动态性能好,否则表明火电机组励磁系统的动态性能差。

[0154] 本实施例提供的多场景下的火电机组励磁系统动态性能在线评估装置还包括阻尼特性评估模块,该阻尼特性评估模块用于在线评估电网低频振荡过程中火电机组励磁系统的阻尼特性,具体过程如下:

[0155] 根据广域监测系统获取火电机组的机端电压、励磁电压和有功功率;

[0156] 先判断获取的火电机组机端电压、励磁电压和有功功率检测电网是否发生低频振荡,若是则通过prony分析获得机端电压、励磁电压、有功功率三者分别对应的振荡阻尼比、振荡相位、振荡频率和振荡幅值,并计算火电机组励磁系统阻尼特性评估指标,包括励磁系统动态放大倍数和励磁系统动态输出相位;

[0157] 上述励磁系统动态放大倍数为励磁电压振荡幅值与机端电压振荡幅值的比,有:

$$[0158] \quad R_{dy} = V_{E_osc} / V_{G_osc}$$

[0159] 其中, R_{dy} 为励磁系统动态放大倍数, V_{E_osc} 为励磁电压振荡幅值, V_{G_osc} 为机端电压振荡幅值, V_{E_osc} 和 V_{G_osc} 均为标么值;

[0160] 上述励磁系统动态输出相位为励磁电压振荡相位与有功功率振荡相位的差,有:

$$[0161] \quad Ph_{dy} = Ph_{E_osc} - Ph_{G_osc}$$

[0162] 其中, Ph_{dy} 为励磁系统动态输出相位, Ph_{E_osc} 为励磁电压振荡相位, Ph_{G_osc} 为有功功率振荡相位。

[0163] 然后根据有功功率的振荡阻尼比在线评估电网低频振荡过程中火电机组励磁系统的阻尼特性,若有功功率的振荡阻尼比大于0.03,表明火电机组励磁系统的阻尼特性好,若有功功率的振荡阻尼比小于0,表明火电机组励磁系统的阻尼特性差。

[0164] 本实施例提供的多场景下的火电机组励磁系统动态性能在线评估装置进一步包括动作性能评估,该动作性能评估模块用于在线评估励磁限制器动作性能,具体过程如下:

[0165] 先根据广域监测系统获取火电机组的主励磁电流;

[0166] 接着,当主励磁电流大于1.1倍额定励磁电流时,开始累计主励磁电流积分值,在主励磁电流积分值小于励磁发热时间常数 C_1 过程中监测励磁限制器动作信号是否动作,若主励磁电流积分值在大于励磁发热时间常数 C_1 前接收到励磁限制器动作信号即可判定励磁限制器动作性能合格,反之为不合格。

[0167] 设定励磁发热时间常数 C_1 为30,如图2所示, I_{fd} 为发电机励磁电流,当 I_{fd} 超过1.1p.u的时刻A,开始过励限制反时限励磁电流积分值计算;当收到励磁调节器发出的过励限制动作信号B时刻,励磁电流积分值小于30认为合格,否则不合格。

[0168] 本实施例涉及励磁系统异常工作状态的在线评估,包括励磁系统异常工作状态的在线检测和异常工作状态下的性能指标分析计算,通过对计算出的各项励磁性能指标来评估励磁系统的动态性能;

[0169] 本实施同时还涉及电网低频振荡过程中励磁系统提供的阻尼特性的在线评估,包括电网低频振荡事件的在线实时监测和振荡中励磁系统的阻尼特性指标分析计算,通过对计算出的各项励磁阻尼相关指标来评估励磁系统的阻尼特性;

[0170] 本实施例最后还涉及励磁限制器动作性能的在线评估,包括励磁系统过励状态的在线检测和发生过励之后励磁限制器的动作性能指标分析计算,通过对计算出的励磁过励相关指标来评估励磁系统的励磁限制器的动作性能;

[0171] 针对励磁系统实际动态性能与理论动态性能的差异,本实施例提出了全面评估励磁系统工作异常状态评估、低频振荡过程中励磁系统提供的阻尼性质评估、励磁系统限制器动作特性正确性评估的在线评估方法,该发明方法可在线辨识排查出运行状态异常或与期望响应存在差异的发电机组,及时甄别发电机组不良动态性能,从而更有效保障电网安全稳定运行。

[0172] 本领域内的技术人员应明白,本申请的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此,本申请可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且,本申请可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

[0173] 本申请是参照根据本申请实施例的方法、设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器,使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0174] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中,使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制品,该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

[0175] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上,使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理,从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一

个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

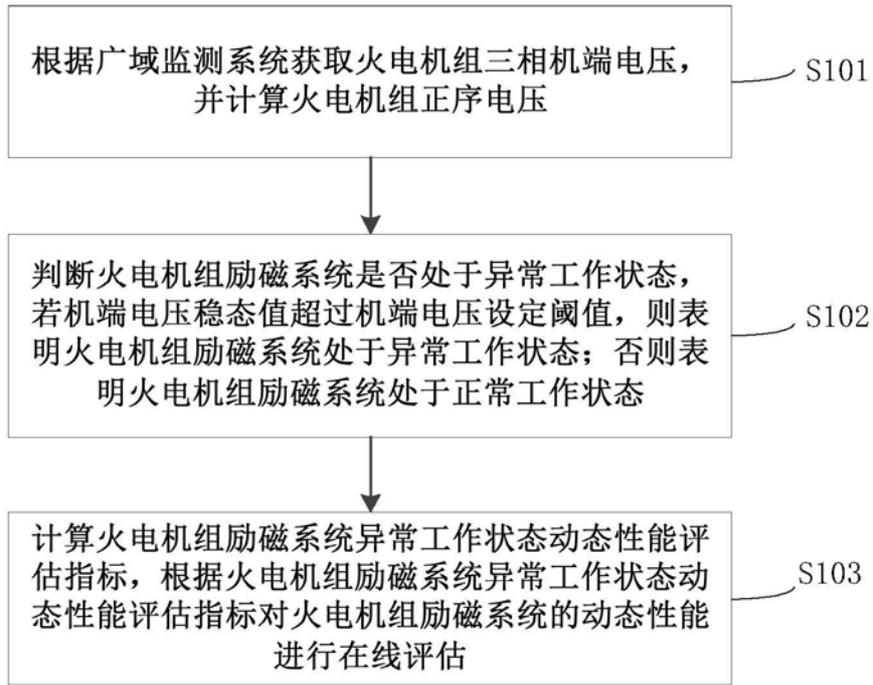


图1

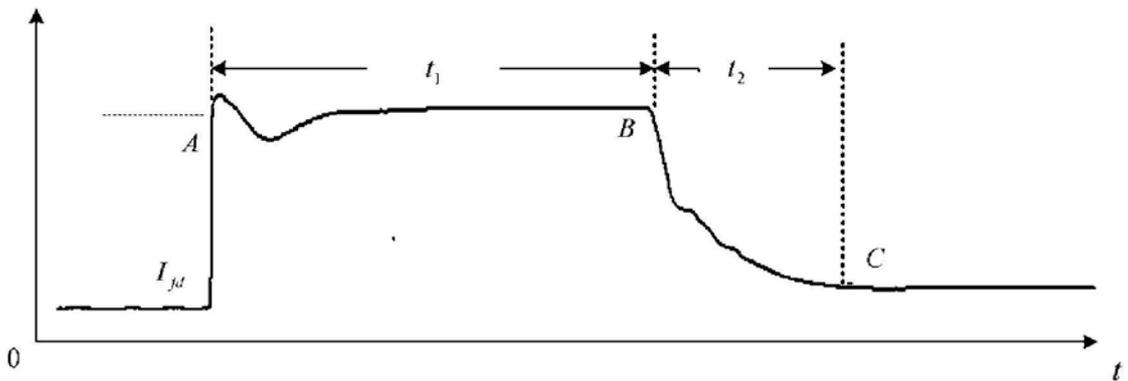


图2