



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103399239 B

(45) 授权公告日 2016. 03. 02

(21) 申请号 201310347795. 9

CN 101106273 A, 2008. 01. 16,

(22) 申请日 2013. 08. 12

孙晓璐 等. 基于云模型的电压暂降设备敏感度评估. 《电力系统保护与控制》. 2011, 第 39 卷 (第 4 期), 第 100-104 页.

(73) 专利权人 四川大学

地址 610065 四川省成都市武侯区一环路南一段 24 号

秦东 等. 用过程性能指数评估电压凹陷严重程度度的方法. 《四川电力技术》. 2008, 第 31 卷 (第 5 期), 第 9-12 页.

(72) 发明人 肖先勇 刘阳 刘旭娜 李华强
李锴科 汪颖 李长松

吴玉蓉 等. 电能质量问题中的电压跌落. 《电力建设》. 2002, 第 23 卷 (第 8 期), 第 64-67 页.

(74) 专利代理机构 成都虹桥专利事务所 (普通合伙) 51124

代理人 濮云杉

审查员 刘晓佩

(51) Int. Cl.

G01R 31/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101789580 A, 2010. 07. 28,

CN 101625381 A, 2010. 01. 13,

US 2011153236 A1, 2011. 06. 23,

US 2009212748 A1, 2009. 08. 27,

US 2013106369 A1, 2013. 05. 02,

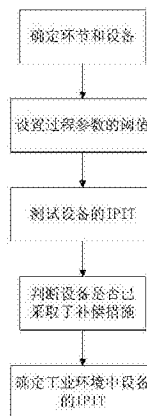
权利要求书1页 说明书11页 附图2页

(54) 发明名称

工业设备电压暂降免疫力的检测方法

(57) 摘要

本发明涉及工业设备电压暂降免疫力的检测方法,包括 a. 划分各工业环节和设备;b. 设置各设备对应的过程参数的上/下限阈值,测试各设备在电压暂降时过程参数从正常工作状态到上/下限的时间;c. 根据判断设备是否已采取了抑制电压暂降措施的结果确定各过程参数从正常工作状态到超出上/下限阈值的时间,时间越短设备的电压暂降免疫力越弱。通过本发明的方法,实现了电压暂降与工业中的过程参数的有效结合,准确地检测了工业设备对电压暂降的免疫时间,为工业用户的生产过程设计、设备选型、以及工业过程的运行和检修提供了依据,有效避免了不必要的补偿投资,避免了投入运行后设备可能造成的损失。



1. 工业设备电压暂降免疫力的检测方法,其特征包括:

a. 根据对整个工业过程影响程度的重要性确定工业过程中各环节和设备,再从工业过程中的最底层设备起,逐层向上的顺序根据各环节和设备的功能来确认各环节和设备直接对应的过程参数;

b. 设置所述各环节和设备对应的过程参数的上限阈值和下限阈值,测试各设备在电压暂降时其过程参数从正常工作状态到超出所述上限或下限阈值的时间,根据所述时间的长短进行排序;

c. 判断所述设备是否已采取了抑制电压暂降措施,并根据判断后的结果确定采取了抑制电压暂降措施后的各设备的过程参数从正常工作状态到超出所述上限或下限阈值的时间,所述时间越短该设备对电压暂降的免疫力越弱。

2. 如权利要求 1 所述的工业设备电压暂降免疫力的检测方法,其特征为:步骤 a 中所述的各环节和设备包括各总体环节和各总体环节中的各子环节,以及设备单元和组成所述设备单元的各子设备。

3. 如权利要求 1 所述的工业设备电压暂降免疫力的检测方法,其特征为:通过现场实测、数据统计、区间估计或仿真测试的方法确定步骤 b 中所述各设备对应的过程参数的上限阈值和下限阈值。

4. 如权利要求 3 所述的工业设备电压暂降免疫力的检测方法,其特征为:所述的现场实测是在生产过程中测试设备对电压暂降的响应特性,并根据测试结果统计过程参数变化规律。

5. 如权利要求 3 所述的工业设备电压暂降免疫力的检测方法,其特征为:仿真测试的步骤包括建立设备的仿真模型和电压暂降发生器模型,然后确定设备过程参数的输出和各过程参数之间的变化关系,再根据各过程参数与设备过程参数的输出的变化关系,计算确定设备不能正常工作时的过程参数上限或下限阈值,最后通过仿真得到的电压暂降下的设备运行变化情况,确定设备从正常运行到所述过程参数上限或下限阈值的时间。

6. 如权利要求 1 至 5 任意一项所述的工业设备电压暂降免疫力的检测方法,其特征为:步骤 b 中是在设备未采取任何补偿电压暂降免疫能力的措施下来确定各设备过程参数的上限或下限阈值的。

工业设备电压暂降免疫力的检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及工业设备电压暂降免疫力的检测方法, 特别适合但不仅限于对复杂工业过程中的设备检测。

背景技术

[0002] 随着计算机技术、自动化技术、电力电子技术和微电子技术等在各行业的广泛应用, 大量基于高新技术的工业过程和设备在各行业中得到推广并接入电力系统。这些工业过程对电能质量尤其是电压暂降等短时电能质量扰动非常敏感, 因电压暂降给工业用户和社会造成的损失非常巨大, 使电压暂降成为了当前电力用户、社会和学术界最关心和关注的电能质量问题。

[0003] 评估工业过程和关键设备受电压暂降的影响, 是解决电压暂降问题的前提, 需从供电侧电压暂降水平和工业过程的电压暂降免疫力两方面入手。其中, 复杂工业过程的电压暂降免疫力评估技术是关键, 也是用户选择过程设备、决定供用电方式、电网确定用户接入点、电网和用户采取技术措施的重要依据。

[0004] 电压暂降 (Voltage dip 或 Voltage sag) 被定义为供电侧工频电压有效值短时间内突然下降然后自动恢复的电能质量扰动事件。现有电压暂降评估技术主要集中于供电系统内电压暂降特征与频次的评估、用户电压耐受能力或电压暂降引起的设备故障率评估两方面。现有供电侧的评估仅能从统计意义上评估供电系统可能发生的暂降幅值、持续时间特征和频次等; 设备可接受曲线或设备电压耐受曲线能刻画设备耐受电压幅值、持续时间, 直接根据两者数量上的大小进行比较, 虽能得到定量结果, 但不能反映用户可接受结果状态的不同, 也不能正确反映电压暂降的实际严重程度。之所以有这样的问題, 原因在于现有的检测方法缺乏将设备受电压暂降的影响与电压暂降特征联系起来的纽带, 而这个纽带在实际中可以表现为过程免疫时间。

[0005] 从电压暂降引起的设备故障状态或故障评估方面看, 现有评估方法针对典型敏感设备或元件, 可分为试验与测试法、基于模型的评估方法两类。其中, 试验与测试法, 通过对设备电压耐受能力的直接测试和统计, 对设备不正常状态进行评估, 结果可信, 但不具有推广性, 仅能得出典型设备在统计学意义上的结果。原因是虽然该方法能够通过典型敏感元件或设备进行直接测试和实验, 能得到统计意义上的典型设备的受影响程度, 结果可靠, 但在实际中不可能对所有设备和元件进行测试或试验, 且对单一元件的测试结果并不能反映整个工业过程受影响的程度, 而且设备与过程受电压暂降的影响程度是非线性的, 表现为过程参数的非线性变化。所述的过程参数是在工业工程或环节中的相关物理参数, 简称为过程参数, 例如设备需要的氧含量、油压等, 这些都是具体设备实际对应的物理参数, 而对整个工业过程来说这些参数都为过程参数, 过程参数通常不止一个。基于模型评估方法是为了克服测试与试验法推广性和可移植性不强的缺陷, 提出的电压耐受能力不确定性评估方法, 其中包括概率评估法、模糊评估法和其他不确定性评估法, 这些方法考虑了设备受电压暂降影响事件的时空不确定性, 认为设备电压耐受曲线存在不确定性区间, 如果电压

暂降发生在该区间,设备后果状态不确定,但其实质仍基于幅值和持续时间的直接比较,仍未考虑复杂工业过程的具体物理属性、结构性、经济性、功能性和安全性等要求,未考虑用户可接受状态、抗风险水平和投资能力等,难以满足工程应用要求。

[0006] 事实上,工业过程或设备受电压暂降的影响,不仅与电压幅值、持续时间等有关,还与用户设计和设备选择,以及工业过程、设备属性、用户可接受后果状态和对过程参数等有关。也就是说,评估工业过程的电压暂降免疫力,不仅需要考虑到电压暂降特征和设备电压耐受能力,还应比较电压幅值、扰动持续时间与具体设备或元件的电压耐受水平,还必须考虑工业用户对工业过程在结构性、安全性、经济性、功能性等指标的要求,以及用户根据自身抗风险能力、投资能力等所确定的可接受后果状态等因素,在检测电压暂降对工业过程的影响时,这些因素表现为在电压暂降作用下,工业过程中设备或环节中过程参数的变化规律。

[0007] 实际应用中,由于认知、手段和方法等局限性,工程师通常很关注已知敏感设备,如:变速驱动装置(ASD)、接触器(ACC)、可编程逻辑控制器(PLC)、计算机(PC)等典型敏感设备或元件受电压暂降的影响,线性地认为,最敏感元件或设备所受影响就能代表整个工业过程所受的影响,忽略了工业过程具体的过程参数、技术要求和可接受状态等。

[0008] 由上述情况可知,现有技术的缺点包括:(1) 现有方法仅针对典型设备或元件进行评估,未考虑复杂工业过程;(2) 均通过直接比较电压、扰动持续时间的方式进行评估,没有考虑工业过程的过程参数、用户可接受状态和抗风险能力等;(3) 缺乏联系供电侧电压暂降与工业过程之间的桥梁。

[0009] 复杂工业过程受电压暂降的影响程度,可通过在电压耐受能力基础上抽象出来的暂降免疫力进行评估,但确定过程电压暂降免疫力,必须找到合理的、能联系供电侧电压与过程后果状态的桥梁。复杂工业过程往往根据用户要求的结构性、功能性、经济性、安全性等指标,由多元件按一定结构和功能构建而成,其目标是实现用户要求的效用,而该效用的刻画是工业过程的过程参数。因此,评估工业过程电压暂降免疫力,需按结构性、功能性、安全性和经济性等指标要求,结合典型敏感元件或设备电压耐受能力,以及在工业过程中的作用,确定关键元件,并按元件在整个过程中的作用和用户可接受的后果状态,对工业过程的生产环节、设备和元件的免疫力进行等级划分和排序,采用分层分级评估的方式进行电压暂降免疫力评估,寻找关键环节和设备。

发明内容

[0010] 本发明提供了一种工业设备电压暂降免疫力的检测方法,使工业过程的过程参数与供电侧的电压暂降联系起来,提高基于复杂工业过程电压暂降免疫时间的电压暂降免疫力的检测准确性。

[0011] 本发明工业设备电压暂降免疫力的检测方法,包括:

[0012] a. 根据对整个工业过程影响程度的重要性确定工业过程中各环节和设备,再从工业过程中的最底层设备起,逐层向上的顺序根据各环节和设备的功能来确认各环节和设备直接对应的过程参数;

[0013] b. 设置所述各环节和设备对应的过程参数的上限阈值和下限阈值,测试各设备在电压暂降时其过程参数从正常工作状态到超出所述上限或下限阈值的时间,根据所述时间

的长短进行排序；

[0014] c. 判断所述设备是否已采取了抑制电压暂降措施,并根据判断后的结果确定采取了抑制电压暂降措施后的各设备的过程参数从正常工作状态到超出所述上限或下限阈值的时间,所述时间越短该设备对电压暂降的免疫力越弱,该设备对维持正常的工业过程中的作用越重要。所有设备中免疫时间最小的设备或环节即为该工业过程中最关键的设备或环节。

[0015] 确定复杂工业过程的电压暂降免疫时间 (Industrial Process Voltage Sag Immunity Time, IPIT)。IPIT 是指根据用户可接受过程参数确定的工业过程对供电侧发生的电压暂降的免疫时间。电压暂降的持续时间如果在该时间范围内,整个工业过程不会发生用户不可接受的后果状态,因此称为“工业过程免疫时间”。

[0016] 确定工业过程免疫时间,必须根据工业过程的结构性、功能性、经济性、安全性等指标,以及可接受后果状态等,将复杂工业过程划分为不同环节,并在各环节能分析关键元件,通过元件、环节的电压暂降免疫时间,确定整个工业过程的电压暂降免疫时间和关键环节、关键设备,从而评估复杂工业过程的电压暂降免疫力。任何工业过程均根据结构性、功能性、经济性和安全性等指标要求,按一定结构和投资能力合理选择元件和设备而组成,一旦工业过程的设计、安装工程完成,其整体电压暂降免疫力也基本确定。当然,在实际生产运行中,工业过程的电压暂降免疫力还与生产的产品质量等级、过程运行状态与环境等有关,是复杂的不确定性问题,但是,不同运行要求、质量等级要求以及可接受状态等,均可通过工业过程的过程参数刻画。

[0017] 构成工业过程的所有元件,均在一定程度上决定了工业过程的过程参数,但是,无论具体元件或设备的电压耐受能力如何,其受电压暂降影响后对工业过程的影响,均通过过程参数表现出来,对过程参数影响大的设备更加关键。因此,从评估工业过程暂降免疫力的角度看,本申请中所述的“设备”不同于传统意义上的某个单独设备,而是从功能性上均划分为的一个“设备”。以直连感应电机为例,一个“设备”包括了电机、电机启动器、专用保护电路,以及连接在电源上的开关设备等。也就是说,在本申请中,根据过程的结构和功能要求,对工业过程进行环节和设备进行划分,划分依据为受电压暂降影响的程度和受影响后对工业的过程参数变化程度。

[0018] 在上述的基础上,步骤 a 中所述的各环节和设备包括各总体环节和各总体环节中的各子环节,以及设备单元和组成所述设备单元的各子设备。将各环节和设备分解到最小的单元,能够进一步提高检测的准确性。

[0019] 优选的,步骤 a 是从工业过程中的最底层设备起,逐层向上的顺序根据各环节和设备的功能来确认各环节和设备直接对应的过程参数。例如油泵设备对应控制的是油压,温度传感器对应的过程参数是温度(其不控制温度,但为控制系统输入温度参数,这同样代表温度是其功能对应的过程参数)。确认了每个设备对应控制的参数后,可以根据一组设备完成的功能将其聚类并划分为一个个的子过程。每个子过程也有输出的过程参数,比如冷却过程中,控制的过程参数就是反应堆冷却水的温度这一过程参数;各个子过程又构成了整个化工反应过程,而整个化工反应过程对应的过程参数就是反应的结果(可能是产量或者反应后产物的纯度)。

[0020] 可选的,通过现场实测、数据统计、区间估计或仿真测试的方法确定步骤 b 中所述

各设备对应的过程参数的上限阈值和下限阈值。针对不同的具体过程参数,上、下限阈值也常常不同,要求也不同,还需综合考虑对生产、产品、产量、安全、经济、环境等多方面的影响和可接受程度等。可以通过建立过程参数与目标输出的函数关系,根据要求的目标输出阈值即可确定过程参数的阈值。比如化工反应对反应产物纯度的要求为90%(目标输出),而通过建立含氧量(过程参数)与反应产物纯度间的函数关系,即可求出含氧量的阈值。由于工业过程的复杂性,当对目标输出有影响的因素很多时,对应的函数关系的建立较为复杂和困难,因此实际中过程参数的阈值也常常通过经验值确定。

[0021] 其中所述的现场实测是在生产过程中测试设备对电压暂降的响应特性,并根据测试结果统计过程参数变化规律。由于现场测试会造成过程的中断,但是在实际中,由于生产的连续性和过程的复杂性,很多过程是不允许停下来进行测试,或即使停下来也无法单独对选定的敏感元件或设备进行实际测试的。因此现场测试通常针对的是那些中断过程造成损失不大,或者可以通过其他手段保证过程仍能运行的过程。如果进行现场测试,可需遵循 IEC61000-4-11、61000-4-30 等标准。

[0022] 仿真测试的步骤包括建立设备的仿真模型和电压暂降发生器模型,然后确定设备过程参数的输出和各过程参数之间的变化关系,再根据各过程参数与设备过程参数的输出的变化关系,计算确定设备不能正常工作时的过程参数上限或下限阈值,最后通过仿真得到的电压暂降下的设备运行变化情况,确定设备从正常运行到所述过程参数上限或下限阈值的时间。

[0023] 进一步的,步骤 b 中是在设备未采取任何补偿电压暂降免疫能力的措施下来确定各设备过程参数的上限或下限阈值的。如果设备已经采取了补偿措施,并且该补偿措施能够完全补偿电压暂降,即保证即使为设备供电的馈线上发生了电压暂降,补偿措施也能够保证该设备受端电压一直不发生变化或在很长的一段时间内不发生变化。对于这种设备可以认为是不关键设备或者该设备的 IPIT 将会比未采取补偿措施时长很多;如果补偿措施不是完全补偿,而是部分补偿,即保证该设备的电压维持在一定幅值以上,则通过确定电压暂降幅值下该设备过程参数的变化情况即可确定采用补偿措施后设备的 IPIT,一般该 IPIT 要比原来未采取补偿时的 IPIT 长。因此,如果设备采取了补偿措施,该设备对应的 IPIT 会增大。

[0024] 通过本发明的方法,实现了电压暂降与工业的过程参数的有效结合,准确的检测了工业设备对电压暂降的免疫时间,为工业用户的生产过程设计、设备选型、以及工业过程的运行和检修提供了依据,有效避免了不必要的补偿投资,避免了投入运行后设备可能造成的损失。

[0025] 以下结合实施例的具体实施方式,对本发明的上述内容再作进一步的详细说明。但不应将此理解为本发明上述主题的范围仅限于以下的实例。在不脱离本发明上述技术思想情况下,根据本领域普通技术知识和惯用手段做出的各种替换或变更,均应包括在本发明的范围内。

附图说明

[0026] 图 1 为本发明工业设备电压暂降免疫力的检测方法的流程图。

[0027] 图 2 为设备过程免疫时间示意图。

[0028] 图 3 为设备重启时间与 IPIT 的关系示意图。

具体实施方式

[0029] 如图 1 所示本发明工业设备电压暂降免疫力的检测方法,包括:

[0030] a. 根据对整个工业过程影响程度的重要性确定各环节和设备,包括各总体环节和各总体环节中的各子环节,以及设备单元和组成所述设备单元的各子设备;

[0031] b. 工业过程中的最底层设备起,逐层向上的顺序根据各环节和设备的功能来确认各环节和设备直接对应的过程参数,在设备未采取任何补偿电压暂降免疫能力的措施下,通过现场实测、数据统计、区间估计或仿真测试的方法设置各设备对应的过程参数的上限阈值和下限阈值,测试各设备在电压暂降时其过程参数从正常工作状态到超出所述上限或下限阈值的时间,根据所述时间的长短进行排序;

[0032] 现场实测是在生产过程中测试设备对电压暂降的响应特性,并根据测试结果统计变化规律。由于现场测试会造成过程的中断,但是在实际中,由于生产的连续性和过程的复杂性,很多过程是不允许停下来进行测试,或即使停下来也无法单独对选定的敏感元件或设备进行实际测试的。因此现场测试通常针对的是那些中断过程造成损失不大,或者可以通过其他手段保证过程仍能运行的过程。如果进行现场测试,如需遵循 IEC61000-4-11、61000-4-30 等标准;

[0033] 仿真测试的步骤包括建立设备的仿真模型和电压暂降发生器模型,然后确定设备过程参数的输出和各过程参数之间的变化关系,再根据各过程参数与设备过程参数的输出的变化关系,计算确定设备不能正常工作时的过程参数上限或下限阈值,最后通过仿真得到的电压暂降下的设备运行变化情况,确定设备从正常运行到所述过程参数上限或下限阈值的时间;

[0034] c. 判断所述设备是否已采取了抑制电压暂降措施,并根据判断后的结果确定采取了抑制电压暂降措施后的各设备的过程参数从正常工作状态到超出所述上限或下限阈值的时间,所述时间越短该设备对电压暂降的免疫力越弱,该设备对维持正常的工业过程中的作用越重要。

[0035] 确定复杂工业过程的电压暂降免疫时间 (Industrial Process Voltage Sag Immunity Time, IPIT)。IPIT 是指根据用户可接受过程参数确定的工业过程对供电侧发生的电压暂降的免疫时间。电压暂降的持续时间如果在该时间范围内,整个工业过程不会发生用户不可接受的后果状态,因此称为“工业过程免疫时间”。

[0036] 如图 2 所示,设备正常运行时,设备的过程参数额定值为 P_{nom} ,假设 t_1 时刻发生电压暂降,设备遭受电压暂降后,经历一个时间延迟 Δt ,过程参数开始偏离额定值,该时间延迟 Δt 与设备响应电压暂降的“死区时间”有关,是检测过程的固有属性的反映,可理解为过程惯性时间常数。在时间 t_2 后,如果电压暂降仍未消失,工业过程参数值将下降并超过过程参数限值 P_{limit} (即过程参数低于阈值),此时,工业过程或环节或设备不能正常运行或出现不可接受后果状态。在 t_2 时刻后,过程已处于不可接受运行状态,控制或保护系统或人工控制或迫使过程停止或退出运行。过程免疫时间为: $IPIT = t_2 - t_1$

[0037] 为了避免设备在受到电压暂降后过程参数低于阈值,应当使设备的运行状态如图 3 所示, t_{dip} 为设备受到电压暂降的持续时间, t_{react} 为设备重启前的反应延迟时间, $t_{restart}$ 为

设备的重启时间。如果电压暂降的持续时间不大于 IPIT,也就是说,电压暂降结束时过程参数未低于可接受阈值,此时,工业过程始终处于正常工作或可自动恢复状态,如果用户可接受后果状态是保持正常和可自动恢复,则在该电压暂降作用下,该工业过程具有足够的电压暂降免疫力。即如果: $t_{dip}+t_{react}+t_{restart} \leq IPIT$,则工业过程具有电压暂降免疫力。如果: $t_{dip}+t_{react}+t_{restart} > IPIT$,则工业过程将断开或退出运行。

[0038] 以下用三个例子对本实施例进一步说明:

[0039] (一) 某化工过程的电压暂降免疫力检测

[0040] 表 1:

[0041]

工业过程	一级	二级	三级	过程参数	IPIT	排序	备注
某化工过程	反应						
		冷却过程					
			DOL IM 1 (水)				
			油泵				
			DOL IM 2 (风扇)				
		反应过程					
			DOL IM 3 (反应物)				
			ASD 1 (搅拌机)				
			ASD 1 (空气)				
		控制过程					
			温度传感器				
			氧气控制				
			带 UPS 的 PLC				

[0042] 如表 1 所示,整个化工过程分为冷却过程、反应过程和控制过程三个部分,按照上述的方法对该化工过程进行环节、设备的划分后,对相关设备进行分析,确定其对应的过程参数和出现非正常状态的风险。如:反应容器的冷却系统依靠直连感应电机 (DOL IM1) 驱动水泵完成,而设备运行水平直接影响反应堆冷却水的温度,该温度的正常与否对整个过程具有重要影响,因此该设备的过程参数是过程关键参数。冷却过程的水泵系统中还包含一个小油泵,该油泵通过控制高油压润滑主水泵,以维持水泵正常运行,因此,油压是小油泵的重要过程参数。水回路冷却通过直连感应电机驱动风扇 (DOL IM2) 实现。

[0043] 反应过程中还安装有进料泵 (DOL IM3),用以控制化学反应物流速,反映进料泵的过程参数为流速。在反应过程中,还需有可调速搅拌机,用可调速驱动器 (ASD1) 驱动电机

完成,搅拌速度越快,反应完成时间越短,因此,调速搅拌机的过程参数表现为反应时间。反应过程还需控制空气中的含氧量,使用另一可调速驱动器(ASD2)通过控制入口空气调节含氧量。控制过程中还有温度传感器、氧气含量测量传感器和可编程逻辑控制器(PLC)等。温度传感器和氧气含量测量传感器与 PLC 相连,用温度和氧含量作为 PLC 的控制量,PLC 由不间断电源 UPS 供电。因此,基于具体物理过程的详细分析和划分,明确各子环节、过程和设备的参数,并将这些参数列入表 1 的第 4 列。

[0044] 为了确定 IPIT,首先确定各环节和设备的参数上、下限阈值,然后通过仿真模拟经受电压暂降后设备参数越过要求阈值的时间,以此确定设备免疫时间。根据确定的设备 IPIT 和从设备到子过程、到环节到整个工业过程,自下而上的结构性、功能性、安全性和经济性分析,按照重要程度和风险大小对各子过程或环节内的设备过程免疫时间进行排序。按自下而上原则进行分级排序。在确定设备参数上、下限时,需综合考虑实际中过程工艺详细资料和实际情况,确定参数上下限后,根据设备遭受电压暂降后过程参数的变化情况确定“设备-过程参数”组合的 IPIT。如:“可调速驱动器(ASD2)-氧气含量”组。首先,确定氧含量上下限,根据历史数据,该过程正常运行时的氧气含量为 20%~30%,当氧气含量低于 20%或高于 30%时,控制系统不正常,会导致过程中断。由于电压暂降一般会引起 ASD 驱动的电机电速下降,氧气含量也下降,因此,这里可考虑其氧气含量下限为 20%的情况。无论该可调速驱动器经受何种特征的暂降,只要氧气含量下降到 20%就不可接受,因此该组设备的免疫时间(IPIT)就是使氧气含量下降到 20%的时间。需要说明的是,对于某些设备,不同特征的电压暂降作用下,其免疫时间可能不同,其原因在于不同暂降特征下过程参数变化规律可能不同。因此,确定 IPIT 需同时结合电压暂降作用下过程参数的变化规律。

[0045] 基于以上分析,结合实际运行风险,可确定关键设备为:第三级分类中,氧气含量测量传感器是最关键设备,其次为油泵和 ASD2 控制氧气入口。整个化学工业反应过程(包括其控制)的 IPIT,主要取决于氧气测量传感器(1s)。实现水回路冷却的直连电机 DOL-IM2(风扇)和带 UPS 的 PLC 虽然对电压暂降也敏感,但在本级设备分类中是最不关键的设备。在第 2 级分类中,控制系统是最关键部分,其次为冷却系统和反应过程。

[0046] 通过分析还可得知,如果同时重新启动所有直连感应电机,会导致很大的重启电流,进而导致电压暂降更严重,不利于过程重启,可能导致更严重后果,为此可基于已确定的各环节和设备 IPIT 时间确定电机重启最优顺序。

[0047] 在检测过程中,电源直接向氧气测量传感器供电,在发生电压暂降时,氧气测量传感器会在 1 秒内就会脱扣,因此氧气测量传感器为低 IPIT 值设备,需要特别关注。但氧气测量传感器所需供电容量较小,可利用为 PLC 供电的 UPS 为氧气测量传感器供电,这样可以使氧气含量测量传感器的 IPIT 从 1 秒提高到接近 1 小时。这是通过过程 IPIT 分析和过程参数分析可获得的改进措施之一。

[0048] 在该例中,反应过程对空气(氧气)供给中断非常敏感。可在 ASD2 驱动的风扇和反应容器之间,加装一个中间缓冲器(如蓄电池),而不直接驱动空气入口,从而延长 IPIT 值。并可根据设备所需 IPIT 时间确定蓄电池容量。同样的策略,还可用以改进冷却水子系统油泵的 IPIT 值。可见,通过采用本发明的方法,不仅可有效识别关键环节和设备,还能够找到最有效的技术改进措施。

[0049] 通过调整氧气测量传感器供电方式,可使氧气测量传感器 IPIT 值从 1 秒钟增加至约 1 小时(取决 UPS 容量)。对列表中所有设备和子过程的 IPIT 进行逐一分析,分析是否已配有抑制装置,或找出成本可接受的抑制措施,并确定采取措施后 IPIT。反应过程 IPIT 主要由冷却水子系统中可调速驱动器 ASD2 驱动的氧气泵 IPIT 决定,在未采取任何措施以前,IPIT 排序为 2,而排序为 1 的氧气测量传感器已采取措施,因此,可确定该过程最关键的设备是驱动氧气泵的可调速驱动器,其电压暂降免疫时间决定了整个过程的免疫时间。最后得到了 IPIT 的最终结论如表 2。

[0050] 表 2:

[0051]

工业过程	一级	二级	三级	过程参数	IPIT	排序	备注
某化工过程	反应						
		冷却过程					
			DOLIM 1 (水)	反应冷却水的温度	5s	4	重启 1
			油泵	油压	1.5s	2	关键
			DOLIM 2 (风扇)	水循环系统的冷却	3min	7	重启 3
		反应过程					
			DOLIM 3 (反应物)	流速	30s	6	重启 2
			ASD 1 (搅拌机)	反应时间	6s	5	重启
			ASD 1 (空气)	%O ₂	2s	3	抑制措施

[0052]

	控制过程					
		温度传感器	反应温度	1h	8	
		氧气测量传感器	%O ₂	1s	1	抑制措施
		带 UPS 的 PLC		1h	8	

[0053] 由此可得到各个设备和环境的 IPIT 值,了解各个环节和设备对整个过程的重要程度。

[0054] (二) 某制药厂 HVAC 系统的电压暂降免疫力检测

[0055] 制药厂须满足药品生产监管机构(世界卫生组织、食品和药品监督管理局、药物和保健品监管署等)制定的无菌化标准。HVAC(Heating Ventilation and Air

Conditioning,采暖通风和空调系统)系统就是通过控制生产车间与外部区域的正压差方式来保持生产车间为无菌环境的主要技术手段。HVAC 系统包括:管道、风机、风扇、电机等,通过提供持续、恒定、清新的空气循环来维持生产车间空气的正压差,以确保环境无菌。感应电动机(IMs)是 HVAC 系统的重要部分,由 ASDs 驱动或控制。调查可发现,HVAC 过程失效主要是 ASD 可调速驱动器不正常所致,而 ASD 不正常通常伴有工厂 11kV 供电母线上有电压暂降发生,根据这些记录和经验可以判定,HVAC 系统不正常与电压暂降有关,因此,需对 HVAC 系统的电压暂降免疫力进行评估。通过过程免疫时间(IPIT)的评估,量化电压暂降或电压中断可能造成的过程运行状态变化规律,寻找最薄弱环节和可采取的技术措施,减小甚至避免因电压暂降造成的生产损失和影响。

[0056] 表 3:

[0057]

工业过程	一级	二级	三级	过程参数	IPIT(1)	IPIT (2)	IPIT (3)
某制药厂 HVAC 系统	HVAC						
		供气					
			ASD-风扇 1	ΔP	30s	34s	
			ASD-风扇 2	ΔP	30s		
		排气					
			ASD-风扇 3	ΔP	30s	34s	
			ASD-风扇 4	ΔP	30s		
		PCS					
		PLC		2h		20s	

[0058]

			ΔP 传感器		2h		
--	--	--	----------------	--	----	--	--

[0059] 表 3 列出了该过程的功能和主要设备(按照过程参数和风险进行筛选的设备)。核心无菌区空气压力由两组风扇实现,一组负责清洁空气供应,另一组用于排气。设备采用冗余配置,满足 N-1 准则。每台风扇均工作于额定速度 50%,若某一台风扇故障,过程控制系统(PCS)自动驱动另一台风扇加速至全速运行,以补偿损失的风量。

[0060] 虽然,有其他风扇控制无菌核心保护区的外层空气恒压,但用于核心区送风或排气的任一风扇故障,均可能造成无菌区空气逆流,这种情况会导致整个工厂停工。本例中,过程免疫时间(IPIT)是指过程在经受电压暂降的时刻到过程参数(如无菌核心区空气压强,体积偏差等)达到极限阈值的间隔时间。工厂设备控制的时间常数(PECTC)是工厂或特殊设备重启系统的总时间。当发生扰动时,在此时间内应保持扰动前的工作状态或保持过程不中断的状态。PECTC 应比 IPIT 值小,才能实现电压暂降穿越,即对电压暂降具有足够

的免疫力。

[0061] 根据工厂停工数据记录和历史数据检测 IPIT。当两组供气扇或两组排气扇失效时,压力差会在 34s 内崩溃(表 3 中的 IPIT(2))。类似地,仅一组供气扇或排气扇失效时,IPIT 为 30s(表 3 中 IPIT(1))。这说明,两组供给或排气扇同时故障的危害程度实际上没有单独一组风扇故障严重,其原因在于,仅一组风扇故障时,空气会持续循环,车间内的空气压力差增大,而两个风扇同时故障时,空气循环减慢,更能保持工厂无菌所需的空气压差。因此,实际检测中,仅有“一组风扇故障”的情况更值得关注,也更严重。

[0062] 据风扇驱动空气循环的规律,风扇驱动空气的流速与风扇转速成正比。实际 HVAC 系统的最小 IPIT 为 30 秒。如果一组中一台风扇失效,另一台将加速补偿减少的空气流量。但工厂控制系统 (PCS) 监控工厂运行状态和风扇速度检测采用的采样时间为 20 秒(表 3 中 IPIT(3))。为保持核心区域维持空气压差,有 20 秒时间给 PCS 检测风扇速度并提速未故障风扇的转速至 100%。因此,设备控制时间常数 (PECTC) 应小于 20 秒。

[0063] 综上所述,检测与控制系统的信号采样时间决定了 HVAC 系统的 IPIT,也就是说,控制系统 PCS 是该过程电压暂降免疫评估中最关键部分。

[0064] (三) 某钢丝厂涂层工艺过程的电压暂降免疫力检测。该例子为了说明被检测的环节和设备自身暂降免疫力足够强或该环节和设备不是关键部分。

[0065] 在钢丝厂涂层工艺过程中,检测调节装置的 IPIT。实际调查各环节和设备的 IPIT 结果如表 4。伺服电动机调节蒸汽管的供气量,为了防止电机故障,汽阀会在机械弹簧控制下 5 秒内自动闭合。这会导致水温下降,水温的阈值为 80℃,水温降落到这个值需要 300 秒,因此,的 IPIT 为 300 秒。

[0066] 表 4:

[0067]

工业过程	一级	二级	三级	过程参数	IPIT
某 钢 丝 制 造 厂 涂 层 工 艺 过 程	调节 装置				
		伺服电动机			
			电机	温度	300s
			PT100	温度	300s
		Flex I/O			
			设备适配器	钢丝的纯度	15s
			输入模块	钢丝的纯度	15s
			输出模块	钢丝的纯度	15s
			Flex I/O 表	温度	300s
			水平检测	液面	3600s
		驱动+泵			
			变频器	钢丝的纯度	15s
			交流电机	钢丝的纯度	15s
		涂料刷			
		通风机	钢丝的湿度	3600s	

[0068] 表 4 中其它设备的 IPIT 可以用相似的方法得出。在该钢丝厂涂层工艺工程中,最小 IPIT 值为 15 秒,该值远超过了电压暂降的平均持续时间。可见,调节装置并不是该涂层工艺过程中最关键的设备。

[0069] 对该钢丝厂的评估说明,详细了解设备和子过程的电压暂降敏感度信息在 IPIT 评估中至关重要。准备这些数据有助于更好的评估过程电压暂降免疫力,同时,通过 IPIT 分析,有助于检查生产过程的最薄弱环节和关键设备,并及时采取有效技术措施。

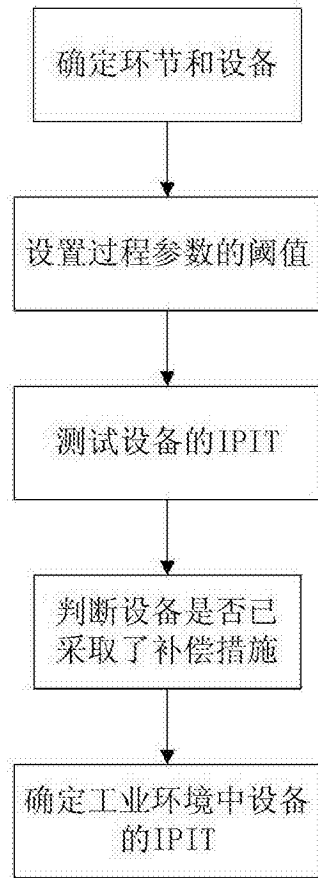


图 1

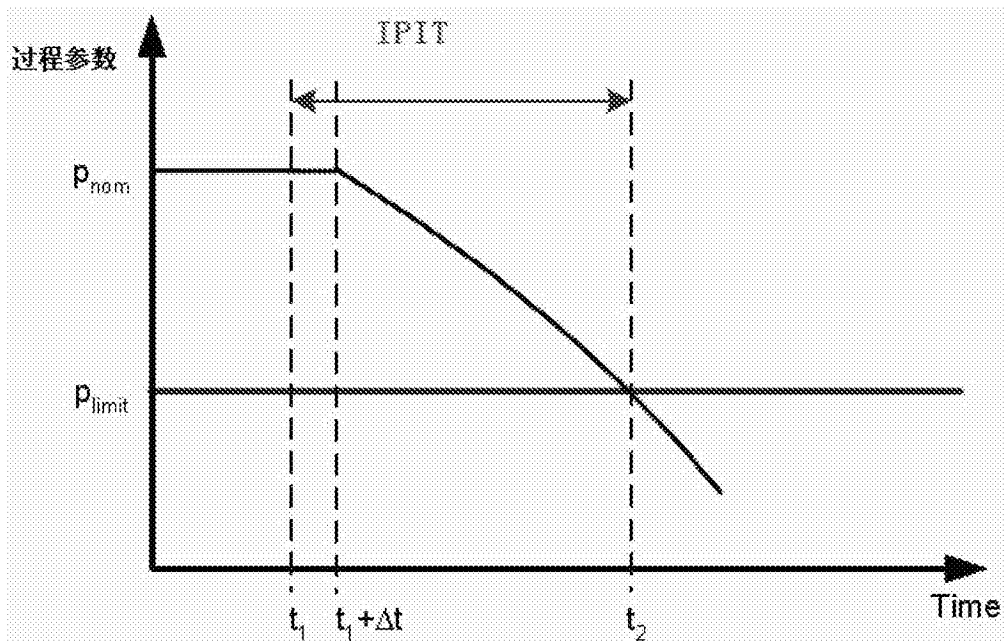


图 2

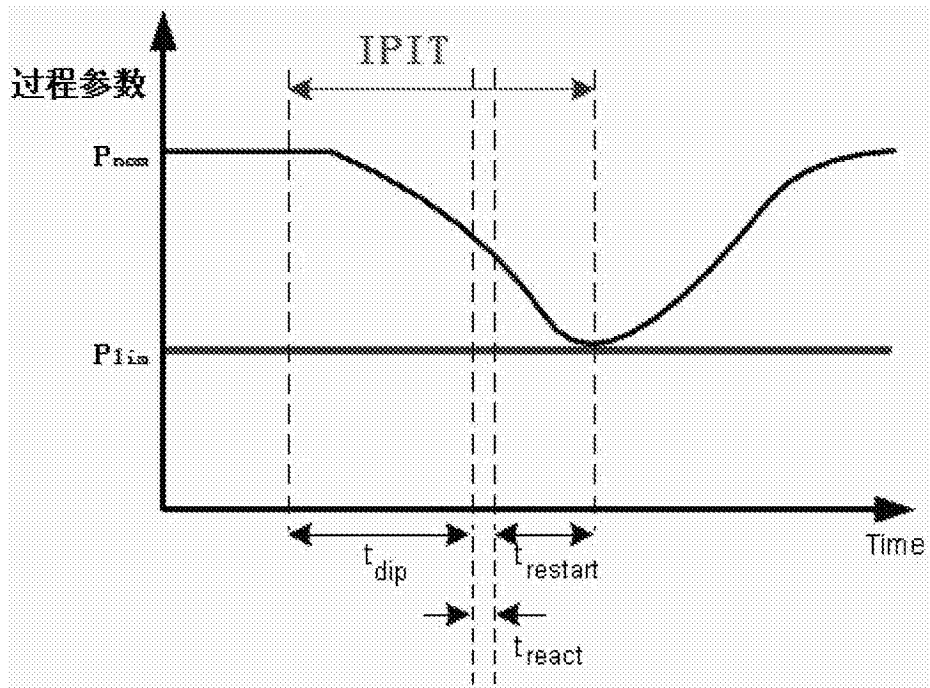


图 3