

DCS 失电故障分散控制系统维护平台设计

王娟

(西安翻译学院 工程技术学院, 西安 710105)

摘要: 由于传统分散控制系统对 DCS 失电故障风险评估准确率较低、可靠性差, 导致系统控制精度低; 提出设计一种 DCS 失电故障分散控制系统维护平台; 根据 DCS 失电故障分散控制系统在电源、系统和通信结构中经常出现的失电故障风险分析和系统硬件馈线结构, 从失电故障发生概率和故障断电损失两个方面建立风险评价指标, 并以该指标为基础, 以常出现故障问题为渠道, 构建失电故障风险评估数学模型, 通过故障风险评估模型完成控制系统维护平台的设计; 实验结果证明, 该维护平台可有效提高 DCS 失电故障分散控制系统的控制准确率和可靠性。

关键词: DCS; 失电故障; 分散控制; 系统维护; 平台设计

Design of Maintenance Platform for DCS Power Loss Fault Distributed Control System

Wang Juan

(College of Engineering & Technology, Xi'an FanYi University, Xi'an 710105, China)

Abstract: Due to the low accuracy rate and poor reliability of the traditional decentralized control system for DCS failure risk assessment, the control precision of the system is low. A maintenance platform for DCS power loss fault dispersion control system is designed. According to the analysis of hardware and electrical loss feeder structure system failure risks often occur in power system and communication structure in DCS distributed control system failure, loss of power failure occurred from two aspects of the establishment of risk evaluation index and the probability of fault power loss, and the index is based on the common faults for channel construction the mathematical model of electric loss fault risk assessment, the risk assessment model of fault control platform design, system maintenance. The experimental results show that the maintenance platform can effectively improve the control accuracy and reliability of the DCS power loss control system.

Keywords: DCS; power loss fault; decentralized control; system maintenance; platform design

0 引言

根据我国电厂实际需求, DCS 失电故障分散控制系统需从一个特殊角度设计出发, 发展成为一个与外界连接接口较为复杂的控制系统^[1]。DCS 网络通讯与控制器都会出现分散处理单元故障现象, 如果故障比较简单, 那么 DCS 失电故障分散控制系统只会出现局部死机情况, 整个机组仍然可以安全稳定运行; 如果故障比较复杂, 那么分散控制系统会出现网络通讯瘫痪情况, 整个机组停止运行。基于此, 对 DCS 失电故障分散控制系统的维护便成为了目前急需考虑的一个问题^[2]。作为火电安全运行的主要因素, 热控自动化设备 DCS 控制系统起到了积极作用, 尤其是在近几年得到了广泛应用^[3]。随着大数据时代的到来, 控制系统的使用数量呈爆炸式增长, 使系统的安全性和可靠性受到了威胁, 且控制系统在运行过程中出现各种各样的故障, 给整个企业造成了不同程度的经济损失, 因此相关专家和学者对 DCS 失电故障分散控制系统的维护问题极为关注, 通过深入研究已取得一些有效成果^[4]。传统控制系统维修平台没有对失电故障的风险进行分析, 导致分散控制准确率较低, 系统不可靠^[5]。为解决以上问题, 提出设计一种 DCS 失电故障分散控制系统维修平台。对 DCS 失电故障分散控制系统中常出现的失电故障问题进行分析建立风险评价指

标, 并以该指标为基础构建失电故障风险评估模型, 依据评估模型的评估结果, 完成控制系统维护平台的设计。实验结论可知, 该维护平台中的失电故障风险评估模型所得的风险值与标准值更为接近, 风险值波动范围较小, 不同负荷点处的风险值不同, 由此可知, 改进的维护平台比传统维护平台对风险分析的准确率更高, 可为自动化控制仪器提供有效故障风险分析, 实现 DCS 失电故障分散控制系统的有效维护。

1 DCS 失电故障分散控制系统失电故障分析

我国工业自动化生产技术水平不断提高, 针对控制器控制要求就变得极为复杂, 一种在大数据环境下的 DCS 失电故障分散控制系统应用而生^[6]。由于目前我国各个火电厂对于系统应用水平存在局限性, 导致控制在运行过程中难免会出现失电故障, 为此需对故障进行风险评估, 分别为: 电源故障、系统故障、通信系统故障。按照控制器断电情况一般可分为故障断电和预安排断电, 具体结构如图 1 所示。

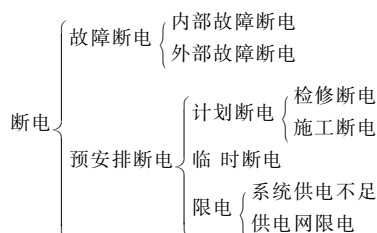


图 1 停电性质分类

收稿日期: 2018-01-25; 修回日期: 2018-03-15。

作者简介: 王娟 (1979-), 女, 陕西西安人, 硕士, 讲师, 主要从事计算机系统及应用技术方向的研究。

1.1 电源故障

DCS 失电故障分散控制系统电源故障是失电故障的主要原因, 一旦出现电源故障, 会危及到整个运行状态, 而且还可能导致机组出现跳闸现象, 造成故障发生^[7]。电源故障出现的主要原因就是电源问题较多, 一般是备用电源不能与原电路结构吻合, 而且采用双路备用供电方式在转换时会出现瞬间失电, 导致机组出现跳闸; 还有可能是保险配置不合理导致内部故障出现电源中断, 导致电源发生故障; 最后一个可能是稳压电源引起的插头接触不良导致电源无法正常输出。

1.2 系统故障

1.2.1 硬件故障

DCS 失电故障分散控制系统硬件组件包括: 处理器组件、I/O 组件和通讯组件, 这三部分硬件功能各不相同, 常见故障位置为通道接口, 硬件故障发生主要原因为:

1) 通道故障也就是 I/O 组件发生故障, 引起故障原因就是因系统长时间工作出现部分组件老化和损坏, 造成故障原因一般是具有隐藏性的, 只有参数出现才会出现异常; 连接线发生松动也是因为 I/O 组件与主机发生通信中断才导致断电事故发生; 外界强信号电磁干扰导致故障发生。

2) 控制操作如果出现失灵或者失效, 那么操作工作站就会出现死机和打印不正常现象, 操作失灵主要原因就是系统因长时间发生老化导致内部结构受到了浮尘污染, 导致接触点不能实现自行连接, 出现通信断路。控制操作出现失效事故主要原因就是操作信号不能改善通道状态, 其中导致这种状态出现主要可能有三种, 分别是过程硬件故障、操作工作站存在缺陷、设备超负荷^[8]。操作工作站死机的原因是与控制操作出现分歧, 由于键盘组出现错误、接触不良导致键盘不能正常工作, 打印机出现故障原因就是配置不合理或者打印机实时屏蔽而造成的。

1.2.2 软件故障

DCS 失电故障分散控制系统软件部分发生故障的主要原因就是: 在大数据环境下, 软件本身不完善是发生故障主要原因。

1.3 通信系统故障

通信网络是 DCS 失电故障分散控制系统与生产线连接枢纽, 通常情况下在节点总线和接地总线上发生故障, 由于地标发生错误导致断电情况发生, 造成该部分发生的原因是:

1) 节点处故障: 当总线任意一处发生中断时, 都会导致馈线上所有设备通信连接线发生故障。

2) 连地处故障: 由于连接设备与生产过程会发生联系, 即使在良好工作环境下, 发生故障可能性较高, 容易受到维修工作人员的影响而造成断电事故发生。

3) 地标标记错误: 无论是接地组件还是连线接口, 如果发生标记错误, 那么控制处就会发生通信紊乱。

2 失电故障风险评估

DCS 失电故障分散控制系统是由设备和设施构成的, 控制设备可分为三个电压等级, 即为高、中、低, 按照功能可进行一次设备连接和二次设备连接, 控制器设施主要是由馈线连接而成的, 如图 2 所示。

由图 2 可知: 该馈线结构是由变电站处的 10 KV 母线组成的, 该馈线上主要包括断路馈线、分支馈线、变压器馈线和

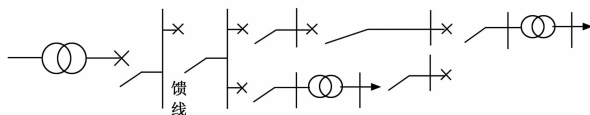


图 2 DCS 失电故障分散控制系统馈线结构

用电馈线等。

1) 断路馈线风险评估是在大数据环境下对实时数据进行传输的, 数据采集主要通过设备数据包经过分布式进行实时数据传输, 并将数据包实时队列化发送到大数据处理平台进行风险评估。

2) 分支馈线风险评估是在大数据处理平台下对数据包进行实时处理, 将接收到的数据包进行数据解析, 通过协议特征库进行数据特征匹配, 将匹配确认为异常故障数据发送给平台进行存储。

3) 变压器馈线和用电馈线风险评估是在大数据平台下针对存储数据机性能能够聚类分析并进行动态更新, 为风险评估指标进行特征收集。

基于大数据风险评估指标:

在大数据环境下构建的风险评估指标主要包括: 失负荷风险指标、过负荷风险指标和电压过负荷风险指标。构建风险评估指标体系, 包括运行风险、系统风险和设备风险, 其中运行风险包括季度故障率、季度检修率、平均故障间隔时间; 系统风险包括平均断电间隔时间、平均断电持续时间和客户平均断电次数; 设备风险包括线路负载情况、供电可靠情况和用户平均电量损失情况。针对 DCS 失电故障分散控制系统失电故障风险评估都在单一数据环境下对某一点进行风险指标构建的, 在大数据环境下, 综合各个风险值指标进行研究的。

从失电故障概率和故障断电损失; 两个方面进行相关指标构建, 能够充分反映控制器发生故障的可能性, 也能客观衡量发生故障断电给整个控制系统所带来的经济损失^[9]。将 DCS 失电故障分散控制系统失电故障风险评估指标体系分成两大类, 分别是故障断电概率和故障断电损失, 从控制器发生故障原因分析故障断电概率指标, 其中包括自然灾害、设备停运和管理水平; 而从故障断电损失角度出发, 其中包括客户断电损失和企业断电损失^[10]。无论是故障断电概率指标还是故障断电损失, 其发生故障原因都是起源于设备发生故障所引起的, 导致故障断电损失的原因主要是故障断电持续时间、故障断电缺供电量和故障断电用户数量, 具体体系结构框图如图 3 所示。

3 基于风险评估模型的维护平台实现

根据上述建立的失电故障风险评估模型, 对失电故障风险进行评估, 依据评估结果对 DCS 失电故障分散控制系统进行有效维护, 实现维护平台的建立。在大数据环境下, 对 DCS 失电故障分散控制系统失电故障风险进行分析, 目的就是为了评估失电故障对于发生的故障事故造成 DCS 失电故障分散控制系统停止工作风险程度^[11], 其中包括故障断电可能性和断电概率, 风险值就是故障断电概率的断电损失的乘积, 即故障断电风险评估模型为:

$$f = k(p \times d) \quad (1)$$

由公式 (1) 可知: f 为 DCS 失电故障分散控制系统的故

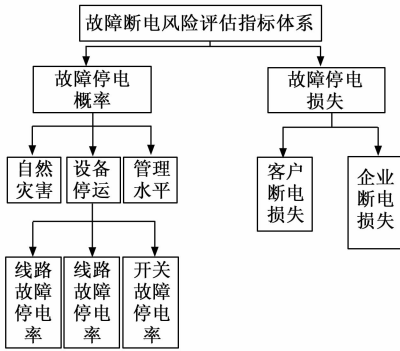


图 3 故障断电风险评估指标体系

障断电风险； k 为故障断电风险模型函数。

p 为故障断电概率，如果控制器中含有 m 个负荷点，各个负荷点的故障断电概率为 $p_1, p_2, \dots, p_n, \dots, p_m$ ，那么控制器故障断电概率为 $p = 1 - (1 - p_1)(1 - p_2) \dots (1 - p_m)$ ，各个负荷点断电概率主要是由 DCS 失电故障分散控制系统中的组件故障所决定的。

d 为故障断电损失，该损失是由客户断电损失 d_1 和供电企业断电损失 d_2 这两部分构成的，供电企业的断电损失包括故障断电所导致的工作量下降造成的收入损失和对设备维修的费用，而客户断电损失包括故障断电持续时间和故障断电供电量和断电次数， d_1 和 d_2 之间关系为：

$$\begin{aligned}
 d_1 &= \sum_{n=1}^m (S_{nh} \times b) \\
 d_2 &= \sum_{h=1}^m (I_h + E_h) \\
 I_h &= \sum_{n=1}^m S_n \times J_n \\
 E_h &= E_{人工} + E_{材料} + E_{设备} + E_{其它}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

式 (2) 中， S_{nh} 为负荷点 n 在第 h 次断电的缺供电量； b 为负荷点 n 在第 h 次的断电损失； I_h 为企业在第 h 次失电事故中收入损失； S_n 为负荷点 n 的缺供电量； J_n 为负荷点 n 的电价； E_h 为企业在第 h 次失电故障后对设备维修的费用。

根据故障断电风险评价指标和导致控制器故障的内部原因，从故障断电概率和断电损失两方面出发，根据构建的风险评估模型对 DCS 失电故障分散控制系统失电故障风险进行分析，依据分析结果，完成了 DCS 失电故障分散控制系统维护平台的设计。

4 实验

为了验证 DCS 失电故障分散控制系统失电故障风险评估的有效性进行了实验，由于风险是具有不确定性的，其发生后果是难以估量的，故障一旦发生，那么经济情况、社会影响和环境影响都会受到一定危害，为此需给定失电故障风险评估基本假设条件，并设计评估流程，将上述图 2 中的 DCS 失电故障分散控制系统馈线结构作为研究对象，估算故障断电概率和损失，最后计算故障断电风险期望值。

4.1 实验基本假设

由于 DCS 失电故障分散控制系统是一个复杂结构，包含器件数量，种类繁多，并且影响控制系统故障断电因素也非常多，并且具有不确定性，故障发生的随机性较大，为此需要对

控制系统失电故障风险评估设定假设条件：

- 1) 评估器件都是具有可修复性的，器件停运是在强迫条件下独立运行的；
- 2) 只分析内部故障引起的控制系统故障断电风险，其他因素暂不考虑；
- 3) 所有同种类型的控制系统使用用户的电压等级是一致的；
- 4) 开关器件可以正常操作；
- 5) 采用 DCS 失电故障分散控制系统 $N-1+1$ 准则的作为风险评估依据，即为系统中某一器件发生失电故障后，可通过操作相关开关对正常区域进行修复。

4.2 实验流程

根据上述假定条件，需要确定故障断电风险评估流程，在评估过程中需要严格按照流程进行，否则将会降低风险评估准确性，故障断电风险评估流程如图 4 所示。

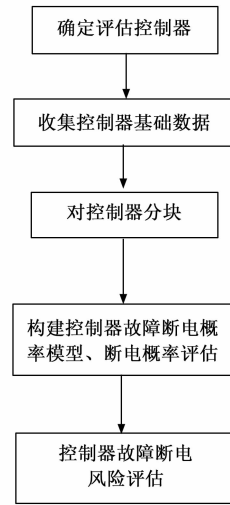


图 4 故障断电风险评估流程

由图 4 可知：该评估首先要确定待评估的 DCS 失电故障分散控制系统，收集评估系统基础数据，然后对系统故障断电损失模型构建，对负荷点断电概率进行评估，建立系统故障断电损失模型，对故障带来的后果损失进行计算，最后结算故障断电概率和断电损失对所评估控制器进行故障断电风险评估。

4.3 实验结果与分析

根据 DCS 失电故障分散控制系统失电故障概率，计算控制系统故障断电所导致的客户损失，由此求得故障断电情况下企业断电损失，根据控制系统故障风险评估模型可以计算故障断电情况下的各个负荷点断电风险，如表 1 所示。

表 1 负荷点期望断电风险

| 负荷点 | 失电故障出现概率 | 断电损失/元 | 断电风险/元 |
|-----|----------|----------|----------|
| A | 0.2153 | 62198395 | 13898.15 |
| B | 0.2265 | 69911.55 | 16130.82 |
| C | 0.2265 | 80040.13 | 21002.35 |
| D | 0.2153 | 76259.14 | 16442.15 |
| E | 0.2265 | 96145.24 | 23001.16 |
| F | 0.2257 | 69619.03 | 18432.56 |