

电厂断路器转运装置设计与自动控制系统研究

何田 陈江旺

中国华电集团有限公司四川分公司 四川成都 610041

摘要: 为了提高电厂配电室断路器检修中的转运效率、降低转运过程劳动强度、增加断路器检修的安全性能。本文首先对配电室断路器检修流程进行分析,其次在此基础上结合断路器检修转运要求对断路器检修的转运装置机械结构进行设计,该装置能够实现高度、宽度调节,同时能够将断路器从开关柜中拖移出来。然后,对转运装置的自动控制系统进行研究,采用基于 AEA 算法的模糊 PID 伺服电机控制方法对转运装置进行自动控制。最后,研制了样机并在配电室对断路器进行转运试验。结果表明:本文设计的转运装置能够实现高度、宽度自动调节,通用性能好;同时能够自动对中、解扣、拖移,检修效率高。

关键词: 配电室; 断路器; 转运装置; 控制系统

引言

随着智慧电厂建设的深入推进,配电设备检修的智能化、高效化需求日益凸显^[1]。中压等级的电源开关是电厂能源分配系统的核心设备,真空断路器(circuit breaker)的定期检修对保障供电可靠性具有重要意义[2~5]。然而,现行检修过程中,断路器转运仍普遍依赖人工操作,存在劳动强度大、定位精度差、智能化水平低、安全隐患突出等问题^[6]。特别是在紧凑型开关柜的封闭空间内,传统转运设备难以适应不同规格断路器的安装尺寸,通用性能差[7,8]。同时传统人工转运方式,检修转运效率低[9,10],严重影响了配电室正常运维。

因此,开发一种定位精度高其能够自动灵活调整其宽度与高度,以适应不同厂家、不同型号、不同场所断路器检修转运装尤为关键重要。

1. 断路器转运装置功能需求分析

在电力系统中,断路器一般是安装在开关柜中,当需要对断路器进行断路器检修时,需要将开关柜中的断路器取出放置在检修平台进行检修,而断路器转运装置主要用途就是用于电厂中断路器的转运。断路器转运动作主要包括:开关柜柜门解锁→定位对中→机械解扣→水平拖移→垂直转运→检修平台定位6个关键步骤。传统的断路器检修转运时,装置高度调节和断路器解扣拖移全部是人工操作,效率低、劳动强度大,同时装置宽度不能调节,因此不同型号的断路器检修时就需要不同型号转运装置,通用性能差,因此为了

快速、智能、安全完成断路器检修,对断路器转运装置提出以下功能:

(1) 高度、宽度调节功能

为了使得转运装置能与不同型号、不同厂家的开关柜中断路器高度、宽度一致,以便于用于不同开关柜中不同断路器转运,断路器转运装置应具有高度、宽度调节功能。

(2) 自动定位对中功能

为了使得断路器转运装置能够与开关柜中断路器对中,转运装置应有自动定位对中功能。

(3) 解扣和拖移功能

在断路器检修过程,首先需要将断路器解锁然后将其从开关柜中拖移出来,因此断路器转运装置应具有自动解扣和拖移功能。

(4) 智能行走功能

为了降低转运装置行走时操作人员劳动强度,转运装置应具有自动行走功能。

2 电厂断路器转运装置设计

2.1 电厂断路器转运装置整体设计

综合考虑电厂配电室内开关柜的现场情况以及电厂开关柜的具体大小,以及断路器检修转运装置功能要求,对断路器检修转运装置整体结构进行设计,其结构如图1所示,主要由包括1-行走装置、2-智能控制系统、3-宽度调节装置、4-高度调节装置、5-拖移机械手、6-解扣手指、7-导轨、8-柜体几部分共同组成。

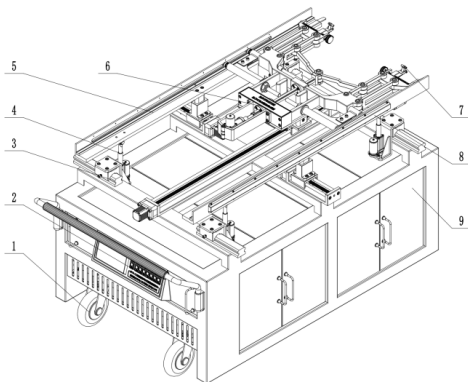


图1 断路器转运装置整体结构图

2.2 自动解扣和拖移机械手设计

自动解扣和拖移机械主要用于将断路器从开关柜中拖移到转运装置上，并且在拖移之前需要将开关柜进行解扣，因此在拖移机械手端部设计解扣手指用于开关柜解扣，其结构图如图2所示。具体工作流程如下：调整机械手至匹配断路器尺寸，解扣手指抓取门锁后，电动顶杆驱动解扣并拖移至转运装置。检修完成后，机械手逆向执行抓取、解扣及复位操作，将断路器精准送回开关柜。

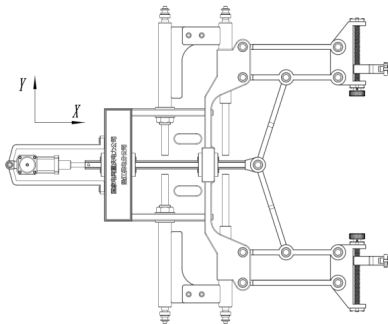


图2 自动解扣和拖移机械手

2.3 高度、宽度调节装置

为了提高断路器转运装置通用型以及通过断路器检修转运效率，解决传统方案需配置多台专用转运车的问题，创新设计了一种多模组协同调节机构用于断路器检修转运装置宽度和高度调节，如图6所示。该装置采用3个高精度线性模组构建双侧对称伸缩架构用于调整宽度；采用4组伺服电动缸用于断路器检修转运装置高度调节。

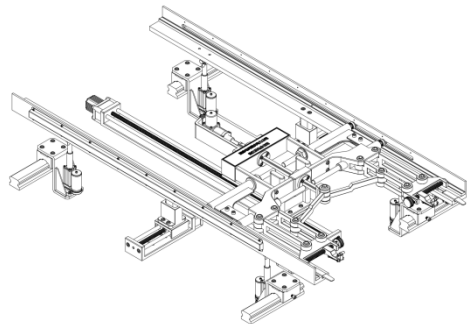


图3 高度、宽度调节装置

3. 控制系统设计

3.1 控制系统总体方案设计

为了提高断路器转运装置在进行断路器检修时的转运效率，结合转运装置功能要求对断路器转运装置控制系统进行设计，控制系统整体结构如图4所示。断路器转运装置控制系统主要由图像采集模块、主控制器模块、执行元件模块、电源模块组成。图像采集模块负责采集断路器、开关柜尺寸及门锁位置数据，为装置调节提供支持。

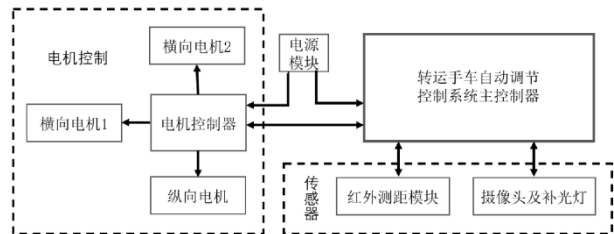


图4 转运装置整体结构设计

3.2 主控制器

主控制器模块是断路器转运装置的核心，其性能将影响整个控制的响应速度和精确度，而在主控制器设计过程中算法设计至关重要，因此本文在传统模糊PID控制和AEA算法基础上，创新性的将模糊PID控制与AEA算法与相互融合来对断路器转运手车进行控制，其整体控制图如图5所示。

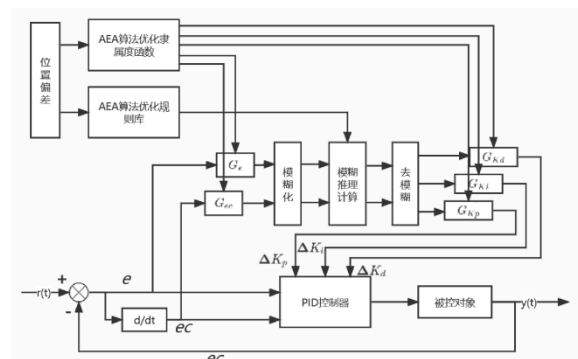


图5 基于AEA算法的模糊PID控制总体构造示意图。

4 样机制作

为了验证本文设计断路器转运装置在电厂断路器检修转运的可行性, 试制样机对其用于断路器检修转运试验, 如图 6 所示。通过试验得到装置可自动完成断路器检修时的转运工作, 并且转运时间比传统转运装置缩短了 3 倍, 并且转运过程只需要 1 个人就能远程控制完成整个转运工作, 大大降低了劳动强度, 另外该装置还能根据设计工况自动调节高度和宽度来适应不同型号开关柜和断路器要求, 具有良好通用型。



图 6 断路器检修转运试验

5. 结语

为了提高电厂断路器检修中的转运效率、降低转运过程劳动强度、增加断路器检修的安全性能。本文在对断路器检修工作流程分析基础上, 本文设计了一款断路器转运装置, 并制造样机进行实验, 得到了以下结论:

(1) 本文设计断路器检修转运装置具有宽度高度自动调节功能, 具有良好通用性。

(2) 本文设计断路器检修转运装置具有良好的自动定位和对中功能。

(3) 在进行断路器检修时, 使用本文设计的转运装置, 断路器转运效率提高 3 倍、劳动强度降低 4 倍, 并且消除了安全隐患。

参考文献:

- [1] 张宇, 宋亮宇, 彭雯, 等. 35kV 手车开关防倾倒装置的研制 [J]. 中国设备工程, 2024, (24): 114-116.
- [2] 张裕浩. 基于视觉引导的开关柜搬运辅助系统设计 [D]. 石家庄铁道大学, 2024. DOI:10.27334/d.cnki.gstidy. 2024.000 915.
- [3] 殷金飞. 高压开关柜手车移位联合装置设计与研究 [D]. 安徽理工大学, 2024. DOI:10.26918/d.cnki. Ghngc 2024 .000076.
- [4] 李煜, 李卓. 基于手车式高压开关柜的手车智能控制技术研究 [J]. 机电信息, 2023(01): 59-62. DOI:10.19514/j.cnki.cn32-1628/tm.2023.01.016.
- [5] 璩光明, 陈泓岩, 应东, 等. 35 kV 手车升降式防倾倒转运小车的研制 [J]. 宁夏电力, 2023, (S1): 103-108.
- [6] 袁季方, 陈苏芳, 王林发, 等. 35 kV 手车开关转运平台的研制与应用 [J]. 机电信息, 2023, (06): 64-66. DOI:10.19514/j.cnki.cn32-1628/tm.2023.06.018.
- [7] 朱亮亮, 张永熙, 于一三, 等. 开关柜防倾倒转运车的研制 [J]. 电工技术, 2022, (16): 94-96. DOI:10.19768/j.cnki.dgjs. 2022.16.029.
- [8] 赖宝鹏, 张仪涵, 何晓燕. 电厂 10 kV 开关柜通用转运小车的研制 [J]. 电工技术, 2022, (10): 80-81. DOI: 10.19768/j.cnki.dgjs.2022.10.025.
- [9] 郑应豪. 10kV 配电室转运手车自动调节控制关键技术研究 [D]. 浙江大学, 2022. DOI:10.27461/d.cnki.gzjdx.2022.002613.
- [10] 兰炜, 王啸峰, 黄翔. 10 ~ 20 kV 手车式开关转运车高度调节装置的改良应用 [J]. 技术与市场, 2019, 26 (10): 57-58.