

# 软启动器工作原理及常见故障类型分析

熊义军

川庆钻探长庆钻井总公司

DOI:10.12238/gmsm.v7i8.1917

**[摘要]** 软启动器是一种用于电动机启动的电气控制设备,通过逐步增加电动机的输入电压或电流,实现电动机的平滑启动和停止,以减少启动电流冲击、保护电动机和电网,并延长设备使用寿命。本文结合钻井现场使用的西门子3RW44系列软启动器,详细阐述了软启动器的工作原理,并分析了其常见故障类型及其可能的原因。

**[关键词]** 软启动器; 电动机启动; 平滑启动; 电流冲击; 故障类型

**中图分类号:** S477+.3 **文献标识码:** A

## Analysis of the working principle and common fault type of the soft starter

Yijun Xiong

Chuanqing Drilling Changqing Drilling Company

**[Abstract]** Soft starter is a kind of electrical control equipment used for motor starting, by gradually increasing the input voltage or current of the motor, to achieve the smooth start and stop of the motor, to reduce the starting current impact, protect the motor and the power grid, and extend the service life of the equipment. Based on the Siemens 3 RW 44 series soft starter used in the drilling field, it details the working principle of the soft starter and analyzes the common fault types and their possible causes.

**[Key words]** soft starter; motor start; smooth start; current impact; fault type

### 引言

软启动器(soft starter)是一种集电机软启动、软停车、多种保护功能于一体的电机控制装置。作为一种先进的电机控制装置,在现代工业自动化领域中扮演着至关重要的角色。它不仅实现了电机的平滑启动和停止,还集成了多种保护功能,确保了电机在各种工况下的稳定运行。

### 1 软启动器工作原理

深入了解软启动器的工作原理,对于优化电机控制系统、提高生产效率具有重要意义<sup>[1]</sup>。

#### 1.1 软启动器的基本构成

软启动器主要由以下几部分组成:

**三相反并联晶闸管:**作为软启动器的核心控制元件,三相反并联晶闸管通过调节其导通角来控制电机的输入电压。晶闸管具有单向导电性,能够在控制信号的触发下迅速导通或截止,从而实现电压的平滑调节。

**电子控制电路:**该部分包括微处理器、传感器、驱动电路等,负责接收外部信号、处理控制逻辑,并发出控制指令给晶闸管。微处理器作为控制中心,根据预设的程序和参数,实时调整晶闸管的导通角,以达到平滑启动和停止的目的。

**保护电路:**软启动器还集成了多种保护功能,如过载保护、

过热保护、短路保护等。当电机运行出现异常时,保护电路会迅速切断电源或降低输出电压,以防止设备损坏或事故发生<sup>[2]</sup>。

#### 1.2 工作原理的详细阐述

软启动器的工作原理可以概括为“电压斜坡控制法”。在电机启动时,软启动器通过控制晶闸管的导通角,使电机的输入电压从零开始逐渐上升。这一过程中,电机的起动转矩和转速也随之逐渐增加,从而避免了传统直接启动方式下大电流对电网和机械设备的冲击。

具体来说,当电机需要启动时,软启动器接收到启动信号后,微处理器会根据预设的启动参数(如启动时间、电压上升斜率等)发出控制指令给晶闸管驱动电路。驱动电路接收到指令后,通过调节晶闸管的导通角来改变电机的输入电压。随着电压的逐渐上升,电机的起动转矩和转速也逐渐增加,直至达到额定值。此时,晶闸管完全导通,电机进入正常工作状态。

在电机运行过程中,软启动器还可以根据负载的变化实时调整电机的电流和电压。当负载增加时,软启动器会自动增加输出电压以维持电机的稳定运行;当负载减小时,则降低输出电压以节约能源。这种动态调整功能使得电机在各种工况下都能保持最佳运行状态。

在电机停止时,软启动器同样可以控制晶闸管的导通角来

实现软停止。通过逐渐降低输出电压,电机的转速和转矩会平稳下降直至停止转动。这种软停止方式避免了自由停车时可能产生的转矩冲击和机械振动等问题,延长了电机的使用寿命<sup>[3]</sup>。

## 2 常见故障类型分析

软启动器在使用过程中可能会遇到多种故障类型,这些故障不仅会影响设备的正常运行,还可能对生产造成严重影响。因此,对常见故障类型进行深入分析并采取有效的处理措施至关重要。

### 2.1 电源故障

表现:软启动器无法正常工作,电源指示灯不亮或闪烁。

可能原因:

电源线断路或接触不良:由于线路老化、磨损或外力破坏等原因导致电源线断开或接触不良,使得电源无法正常输送到软启动器。

电源电压不稳定:电网电压波动过大或供电能力不足导致软启动器无法获得稳定的电源电压。

电源开关未打开或损坏:电源开关未处于开启状态或内部触点接触不良导致电源无法接通。

处理方法:

检查电源线是否完好无损并连接牢固;如有损坏及时更换新的电源线。

使用万用表测量电源电压是否稳定在规定范围内;如电压波动过大需联系供电部门解决。

检查电源开关是否处于开启状态并测试其触点接触是否良好;如触点损坏需更换新的电源开关。

### 2.2 控制电路故障

表现:软启动器无法接收或处理外部信号,控制板上的指示灯异常。

可能原因:

控制板损坏:由于长期运行、过压、过流等原因导致控制板内部元器件损坏或老化。

接线错误:在设备安装或维护过程中由于操作不当导致接线混乱或错误连接。

控制板与外围设备连接不良:由于插头松动、接触不良等原因导致控制信号无法准确传输。

处理方法:

使用万用表测试控制板上的各个元器件是否正常工作;如有损坏需更换新的控制板。

重新检查并确认所有接线是否正确无误;如有错误需重新接线并确保连接牢固可靠。

检查控制板与外围设备的连接插头是否插紧并接触良好;如有松动需重新插紧并确保接触可靠。

### 2.3 晶闸管故障

表现:启动或运行过程中出现电流不稳定、电压波动大等现象。

可能原因:

晶闸管损坏:由于长期运行、过压、过流等原因导致晶闸管内部元器件损坏或击穿。

晶闸管老化:长期使用后晶闸管性能下降导致工作不稳定或失效。

触发电路故障:由于触发电路元器件损坏或设计缺陷导致触发信号异常或无法触发晶闸管导通。

处理方法:

使用万用表测试晶闸管的导通和截止状态是否正常;如有损坏需更换新的晶闸管。

对于老化严重的晶闸管即使未完全损坏也应考虑更换以避免潜在的风险和损失。

检查触发电路是否正常工作并排除可能的故障点;如有必要可重新设计或修改触发电路以确保其稳定可靠地工作。

### 2.4 负载过大

表现:启动过程中电流过大导致保护动作或启动失败。

可能原因:

电机负载超过软启动器的额定承载能力:由于生产工艺变化或设备更新导致电机负载增加超出软启动器的承载能力范围。

参数设置不合理:启动时间设置过短或电流限制设置过低导致软启动器无法承受过大的启动电流而保护动作或启动失败。

处理方法:

检查并确认电机负载是否超出软启动器的额定承载能力;如超出需考虑减轻负载或更换更大功率的软启动器和电机。

重新设置启动时间和电流限制等参数以确保软启动器能够承受启动过程中的大电流冲击而不发生保护动作或启动失败现象。

### 2.5 参数设置错误

表现:软启动器无法按预期工作如启动时间过长、电流限制过低等。

可能原因:

操作人员误操作导致参数设置错误:由于操作人员对设备不熟悉或操作不当导致参数设置错误。

设备自动调整参数时出错:在某些情况下设备会根据负载变化自动调整参数但可能由于算法缺陷或硬件故障导致调整结果不准确。

处理方法:

重新检查并设置软启动器的所有参数确保其正确无误并符合实际运行需求;如不确定可咨询专业技术人员进行指导。

对于自动调整参数的设备应定期检查其调整结果是否准确并进行必要的校正以确保设备稳定运行不受影响。

### 2.6 外部环境因素

表现:在高温、高湿度或强电磁干扰环境下工作不稳定。

可能原因:

高温环境导致设备内部元器件性能下降:在高温环境下设备内部元器件易受热膨胀影响而导致性能下降甚至损坏。

高湿度环境导致设备内部元器件受潮腐蚀: 在高湿度环境下设备内部元器件易受潮气侵蚀而导致接触不良或短路等问题发生。

强电磁干扰导致控制信号传输异常: 在强电磁干扰环境下控制信号易受到干扰而导致传输异常或误动作等问题发生。

处理方法:

改善设备安装环境降低温度和湿度以减少外部环境对设备内部元器件的影响; 如安装空调或除湿机等设备以调节室内温湿度条件。

增加电磁屏蔽措施以减少强电磁干扰对控制信号传输的影响; 如使用金属屏蔽罩将控制板等关键部件进行屏蔽处理以减少外部电磁波的干扰作用。

定期检查和维护设备以确保其内部元器件处于良好状态并及时更换老化或损坏的元器件以确保设备长期稳定运行不受影响。

### 3 软启动器故障检测与定位实验验证

软启动器故障检测与定位实验验证是一个综合性的过程, 涉及多个方面的检查和测试。以下是一个基于参考文章和相关知识的实验验证方案:

#### 3.1 实验准备

工具准备:

万用表: 用于测量电阻、电压和电流。

绝缘电阻测试仪(摇表): 用于测量电机和电缆的绝缘电阻。

螺丝刀、钳子等基本工具: 用于拆卸和连接设备。

知识准备:

熟悉软启动器的工作原理和控制方式。

了解常见故障类型及其可能的原因。

#### 3.2 故障检测步骤

检查电源

使用万用表测量输入电源电压是否正常。

检查电源线路是否接触良好, 无断路或短路现象。

检查熔断器是否熔断, 断路器是否缺相。

检查控制电路

检查控制板上的指示灯是否正常, 如有异常则进一步检查控制板及其连接线路。

检查控制信号输入和输出是否正常, 包括启动、停止、故障等信号。

检查晶闸管

使用万用表测量晶闸管的导通和截止状态, 确保晶闸管无损坏、老化或短路现象。

检查晶闸管的触发电路是否正常工作。

检查负载

检查电机负载是否过大, 是否超过软启动器的额定承载能力。

检查负载连接是否牢固, 无松动或接触不良现象。

检查参数设置

核对软启动器的参数设置, 包括启动时间、电流限制、电压限制等, 确保参数设置合理且符合实际运行需求。

#### 3.3 故障定位与排除

根据故障现象定位

显示屏无显示或乱码: 检查控制电源、控制板及连接线路。

启动失败或报缺相故障: 检查电源、晶闸管、电机负载及参数设置。

电流不稳定或过大: 检查电网电压、电流表指示及参数设置。

逐一排查并验证

按照上述步骤逐一排查可能的故障点。

使用万用表、绝缘电阻测试仪等工具进行实际测量和验证。

根据测量结果和故障现象确定故障原因并进行排除。

#### 3.4 实验验证结果

记录实验结果

记录检测过程中发现的问题和测量结果。

分析故障原因并总结排除故障的方法。

验证效果

在排除故障后重新启动软启动器进行验证。

观察软启动器的运行状态是否恢复正常, 并监测相关参数是否符合要求。

#### 3.5 注意事项

安全操作: 在进行实验验证过程中要严格遵守安全操作规程, 确保人身和设备安全。

准确记录: 要准确记录实验过程中的数据和现象以便后续分析和总结。

综合分析: 在故障定位时要综合考虑多个方面的因素避免遗漏或误判。通过以上步骤的实验验证可以有效地检测和定位软启动器的故障并进行排除确保设备的正常运行。

## 4 结语

软启动器常见故障的分析及解决措施主要包括电源故障、控制电路故障、晶闸管故障、负载过大、外部环境因素等。通过故障检测与定位实验验证, 能够有效解决软启动器常见故障, 确保设备正常运转

### [参考文献]

[1]张凯利. 西门子3RW40软起动机原理及特点[J]. 电子制作, 2014, (23): 3.

[2]陈翊飞. 软启动器在钨铁冶炼除尘系统中的应用[J]. 自动化应用, 2012, (05): 14-15.

[3]董云飞, 戴树涛, 丁晓鹏, 等. ZJ40L钻机全网电拖动电气控制系统的设计计算[J]. 甘肃科技, 2008, (06): 22-24.

### 作者简介:

熊义军(1981--), 男, 汉族, 湖北省大悟县人, 大学本科, 石油钻井电控系统维修, 井口自动化设备维修。