

华建 LM500 系列电机保护系统在 乙烯变电所的应用分析

樊毕芳

(中国石化扬子石油化工有限公司, 江苏 南京 211500)

摘 要 华建 LM500 系列电机保护系统采用分散分布式的结构集中控制,是集保护、测量、管理、通信功能于一体的低压智能型电动机保护系统,不仅智能化程度高、保护功能强大,还取代了传统方案中许多繁杂的二次接线,仅需接触器配合就可完成多种操作和大量的保护测量通信功能,既可以实现工业自动化无人值班或少人值班的运行模式,又能够全面提高工业自动化变配电系统的供电安全性、先进性及可靠性。本文主要介绍了保护系统的结构、工作原理及各种功能,同时对应用过程中发现的优势与不足进行了详细分析,以期对华建 LM500 系列电机保护系统在乙烯变电所中的应用提供有益参考。

关键词 电机保护系统; 控制回路; 数据集中管理; 乙烯变电所

中图分类号: TM63

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.08.025

0 引言

随着电力自动化技术的发展,近年来工业自动化生产过程中对低压配电系统的智能化应用越来越多。在工业控制自动化系统中主要有 MCC 用电负荷和 PC 厂用电负荷线路, MCC 电动机控制作为现代工业自动化企业能耗最大的用电部分, MCC 电动机控制如果出现问题将影响整个工业自动化控制效应,严重时将影响整个工业化生产停止运行,造成严重经济损失。

过去低压电动机的保护主要分两种:一种是通过热继电器元件实现的过载保护,另一种是断路器(熔断器)的本体短路保护^[1]。随着 DCS 系统在工厂自动化生产过程中运用越来越多的情况下,在一些可靠性要求高、运行环境较恶劣的场合,电动机保护功能比较单一,无法满足设备自动化生产需求^[2]。随着现代微电子、计算机技术的快速发展,采用分散分布式的结构集中控制,集保护、测量、管理、通信功能于一体的低压智能型电动机保护系统,不仅智能化程度高、保护功能强大,还取代了传统方案中许多繁杂的二次接线,仅需接触器配合就可完成多种操作和大量的保护测量通信功能。随着智能变电站的不断发展,对低压电机控制系统的可靠性要求也越来越高。在乙烯变电所低压柜改造项目中,选用了上海华建品牌的低压智能型电动机保护系统。本文主要介绍华建 LM500 系列电机保护装置的保护功能、工作原理以及应用过程中发现的优势与不足。

1 LM500 系列电机保护系统的结构与工作原理

1.1 保护结构

电机保护装置可分为一体式与分体式,华建 LM500 系列为分体式结构,分为保护本体单元与显示控制单元(HM)。保护本体单元嵌入低压抽屉内部,而显示控制单元(HM)安装在抽屉盘面上,方便运维人员查看信息。保护本体单元与显示控制单元(HM)以专用接口和连接线进行连接,为显示控制单元(HM)提供电源和数据传送通道。保护本体负责数据采集、保护运算及逻辑判断等,并通过通讯线将信息传输给显示控制单元。

伴随着当代工控自动化技术的迅速发展,电机的运行、终止、更改负荷等操控更为常见,对电机自身的容积和体积的需求也在不断提升,造成电机常见故障的频次和种类大大增加。因而,对电机维护提出了大量更为严格的规定。LM500 系列电机保护系统采用串行通信,保护本体通过通信总线与低压控制系统柜相连,所有信息均传输到低压控制系统柜的 HD-A60 通信服务器,再通过 RS-485 接口输出至低压控制系统显示屏及 DCS 系统,将电流、运行信号等数据传送到 DCS 系统,实现对电机运行状态的连续监测,方便电动机运行维护。

1.2 工作原理

华建 LM500 系列电机保护装置根据三相电流输入、三相电压输入等模拟量和断路器位置、接触器位置、

外部故障输入等开关量^[3]，对低压负荷的运行状态进行数据监测和逻辑判断，运行数据一旦达到保护动作值和动作时间，可通过输出继电器实现跳闸或报警功能。

华建 LM500 系列电机保护装置共有 5 个继电器，其中 R1、R2 为跳闸继电器，R3、R4 为合闸继电器，R5 为报警继电器。

R1 为综合跳闸输出继电器，作用于接触器，当过载、堵转、欠载等保护达到动作值时，R1 动作，电机停运。

R2 为特殊跳闸输出继电器，当单相接地、漏电、接触器故障等保护达到动作值时，为保护接触器，直接动作于断路器，电机停运。

R3 合闸继电器用于实现遥控、再启动和开关量输入控制等功能，动作于接触器。

2 LM500 系列电机保护系统的优势

2.1 操作简单，使用方便

与华建 LM310 系列电机保护装置相比，LM500 系列显示控制单元的显示屏增大，显示更多参数，减少连续翻页的次数，简化操作。同时，LM310 系列电机保护装置进入保护参数设置、查看参数以及事件记录等不同的模块需输入不同的密码，极不利于运维人员的日常维护、故障查找。而 LM500 系列删繁就简，简化内部程序，只在进入定值设置时需要输入密码，操作简单，使用方便。

同时显示屏首页就是实时测量数据，包括三相电流、电压等，屏幕点亮即可查看，容易操作，提高日常运维工作效率。除了实时测量数据，显示控制单元会显示实时报警信息且面板上有报警信号灯，可以检测电机的运行状态是否良好。比如设定热过载保护参数，选择其状态为 AII 时，当电机电流达到报警值，则报警灯闪烁，并显示报警信息。此时，有利于运维人员更早地发现电机状态不佳，通过调整现场负荷来保护电机及电缆，延长设备的使用寿命。除此之外，LM500 系列保护装置还可查看起停记录、跳闸报警记录、再启动记录等信息，方便运维人员进行故障原因分析。

LM500 系列保护本体单元上的端子除了电流输入端子，其余均是插拔式连接。当保护本体需要更换时，只需将端子拔出插入新的保护本体即可，操作简单。

2.2 保护功能强大

在过去的保护模式中，一般是靠热继电器和断路器（熔断器）作为保护的主要措施。这种保护模式功能比较单一，通常只能提供短路和过负荷保护，而且

保护精度较低、工作寿命短。而 LM500 系列电机保护装置通过采取电动机三相电流、电压、零序电流、多路开关量等信号，并通过信号处理电路的抗干扰、数/模转换后，由中央处理器（CPU）进行运算、处理，按照各种保护特性、测量数据、控制逻辑和数据传输等要求，通过指示灯、显示端口、控制与保护输出接口、4~20 mA 模拟量输出等多种方式，实现电动机所需的智能化保护测控功能，不仅保护精度高，还涵盖了多种保护，例如热过载保护、堵转、tE 时间、启动超时、单相接地、漏电、断相、欠载、电流不平衡、接触器故障、欠电流、欠电压、过电压、接触器分断能力、再起启动等保护功能，同时对于每一种保护，可以设定跳闸/报警全投、跳闸、报警和不投入四种方式（A11、Trip、Alarm、OFF）。根据低压保护装置在乙烯变电所负荷中的实际应用，选用的保护功能主要为热过载、堵转、启动超时、单相接地等。

LM500 系列电机保护装置功能强大，在使用中需根据现场实际情况，选择不同的保护功能及方式。例如再起启动功能提供系统短暂失电时电动机的自动重新启动功能，投入该功能，可有效提高电机抗晃电的能力^[4]。2024 年 5 月 7 日，因上级系统 6 kV 馈线柜发生故障，乙烯变电所 400 V 的 C、D 段母线短暂失电，现场部分电机失电停运，仅仅导致乙烯装置生产有些微波动，未产生较恶劣的影响。这依赖于 LM500 系列电机保护装置的再起启动功能。在乙烯变电所低压柜改造项目前期，根据工艺流程、设备重要性，对一些会导致装置停运的关键电机投入了再起启动功能。在本次故障中，这些电机保护装置的再起启动功能可靠动作，关键电机重新启动，及时保证工艺生产装置的运行，未引起非停事故。再起启动功能有效地提高了电机抗晃电的能力，但若所有的电机均投入该功能，会出现群起现象，会对电网造成冲击，进一步扩大事故范围。因此，在实际使用中可根据电机的重要性与运行情况选择是否投入该功能。

2.3 控制回路简化

在传统的低压电机控制回路中，通过延时继电器、接触器常闭接点串联来实现再起启动功能，接线复杂，故障点较多，继电器也易误动或拒动。而采用 LM500 系列电机保护装置，直接将保护内部继电器出口与电机合闸回路并联，极大地简化了控制回路，为运维人员查找故障提供便利。同时保护装置通过采集数据、逻辑运算判断再起启动功能是否启动，提高可靠性。

2.4 数据集中管理

低压控制系统柜的显示屏可集中显示乙烯变电所中所有电机的各项数据,包括电机运行情况、实时参数、定值数据、起停记录、故障记录等信息。集中数显便于运维人员对低压系统负荷整体运行状态的监测和对故障信息的查询,提高了对低压系统的信息化管理,更加符合电力系统的智能化发展需求。D-A60 通信服务器具备与 DCS 进行数据交换的功能,通过服务器 RS485 通信接口通信线的连接,将低压电机运行信号和电流值等传输至仪表侧^[5]。这种集中数据再通过通信线传输的方式,减少了接线量,一定程度上减少接线错误及查找困难的情况,便于同一类型数据的统一监测,实现信息化管理。

3 LM500 系列电机保护系统的不足

3.1 内存有限

考虑到低压抽屉内部空间狭小以及生产成本,保护本体单元的内存有限,一旦内存占满,必须整体更换保护本体单元,将增加运维成本。电机保护显示屏上共有 6 个开关量信号灯,如图 1 所示。

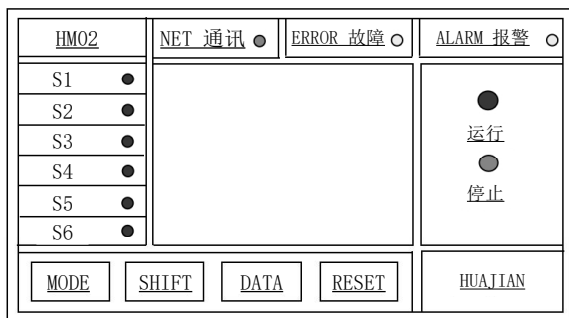


图 1 显示控制单元 (HM)

在图 1 中, S1 表示空开的状态,灯亮即空开合上; S2 表示接触器状态,灯亮即接触器合上; S4 表示外部故障,当回路空开保护配置不当导致空开跳时, S4 信号灯亮。其余备用开关量信号灯也可监视其他物理量的状态,例如现场电机操作柱上的“自动/手动”转换开关位置。若能把记录开关量的状态,在故障排查中能精确掌握整个控制回路中重要元器件是否正常以及电机的运行工况,有效缩小排查范围。但是考虑到内存有限,开关量状态记录功能暂时未开通使用。

3.2 串口通信混乱

低压控制系统服务器无录波功能,无法进行电机状态趋势分析,通过服务器 RS485 通信接口通信线的

连接,将低压电机运行信号和电流值等传输至仪表侧 DCS 系统,实现对电机运行状态的连续监测。乙烯变电所的 LM500 系列电机保护系统 2022 年 6 月投用,前期运行一直正常。从 2023 年 2 月开始至今,已多次接到工艺、仪表反馈,现场电机运行正常,但是 DCS 系统内电机的运行信号或电流值突变降为 0, 1 min 内又回归正常值。经过排查发现问题集中出现在共用同一台服务器的 400 V 的 A、B 段电机上。后续通过外置电脑监测服务器的输出,发现服务器串口之间通信混乱,在信号传输过程中误将其他串口的信息传输过去,导致 DCS 系统内电机状态发生突变。因此,低压控制系统服务器传输的信号存在不稳定性,仅可作为辅助手段监测电机运行,不允许将其用作 DCS 系统逻辑运算中的一种判断依据。

4 结束语

与传统的控制回路相比较,增加了智能保护装置的二次控制回路简洁、标准,且操作简单、使用方便。根据现场需求,配置不同的保护功能及投入方式,通过通信将电机的各种数据传递到显示控制单元、低压控制系统柜及 DCS 系统,实现了对电机运行状态的实时监测及连续监测,同时保护装置的记录功能更加方便运维人员进行故障排查及分析。同时, LM500 系列电机保护系统中保护本体单元内存有限,限制了开关量状态记录功能的使用。而且 LM500 系列电机保护系统通信功能存在不稳定性,仅可作为辅助手段监测电机运行。若 DCS 系统需要电机运行信号实现联锁控制,仍需直接采集接触器的状态。

参考文献:

- [1] 卞海林. 智能电动机保护器在有色冶炼行业中的应用实践 [J]. 有色冶金节能, 2021, 37(06): 68-73.
- [2] 黄建烽. 低压电动机保护控制器的研发及其应用 [J]. 华东科技: 综合, 2021(09): 265.
- [3] 周军力, 赵群润, 常梦遥, 等. 浅谈马达保护器的两种不同启停方案 [J]. 机电信息, 2021(05): 23-24.
- [4] 邵林运. 智能低压电动机保护控制器在石化企业的应用 [J]. 电子技术与软件工程, 2023(05): 126-129.
- [5] 陈勇. 电动机智能保护控制器与上位机的通信策略 [J]. 消费电子, 2022(08): 32-34.