[断路器]

电能表用断路器常见动作异常问题分析与改进

文/广西电网有限责任公司电力科学研究院　梁　捷

应用电能表用外置断路器时，存在无法合闸或非法跳闸等动作异常问题，在研究其分合闸动作机理的基础上，探讨产生动作异常的常见原因。案例分析表明，改进方案可改善电能表用外置断路器的动作可靠性。

EM断路器工作机理和动作异常问题

EM断路器的主要结构包括绝缘外壁、操作机构、热脱扣机构、熄弧机构及动和静触头等，其中热脱扣机构、电磁脱扣机构与被保护回路串联。

据统计，造成EM断路器使用时动作异常的常见原因如下：

1）热脱扣机构不稳定。热脱扣元件的工作状态发生改变，以致断路器在线路或设备中产生过载电流时拒动或者在非预期过载电流时出现误动作。

2）触头接触异常。触头系统中的动、静触头不能正常接通，致使线路或设备断相，用电设备无法正常工作或烧损。

3）操作机构异常。操作机构不能正常工作以驱动触头系统处于接通工作状态。

在EM断路器产品工作过程中，其动作异常问题主要有以下三种：

1）热脱扣机构不稳定。应用时热脱扣元件的位置由于运输、安装等过程中的外力或温湿度的影响偏离出厂整定位置，导致断路器在回路过载时拒动或在电流未达到过载值时发生误动。

2）触头接触异常。操作机构合闸后动、静触头接触不良，使线路或设备合闸后不能有效接通，用电设备不能通电工作。

3）操作机构异常。操作机构不能在满足分合闸条件时做出正确动作。

EM断路器的动作异常研究和改进

1．热脱扣机构不稳定问题

热脱扣机构不稳定的现象主要为EM断路器在回路发生过载时拒动，或在电流未达到过载值时发生误动。热脱扣机构主要通过双金属片受热变形而使驱动操作机构动作，其性能直接影响热脱扣机构的稳定性。热脱扣机构不稳定的常见原因主要为：

1）热双金属片在1.13 I_n和1.45 I_n下温度差距较小，使得弯曲量变化小，温度敏感性较低。其中I_n为EM断路器的额定电流。

2）外壳的有机部件在环境温湿度变化下发生变形或断路器在搬运时受振动使得热双金属片的位置偏移，从而使其过载保护特性偏离整定值。

以现场取样的某单相EM断路器为例，测量其双金属片在1.13 I_n时的温度为110～130℃，在1.45 I_n时的温度为150～175℃，此时双金属片工作在线性温度范围内，不同工况的温度差别较大，温度敏感度较好。但测量双金属片的位置后发

现，EM断路器热双金属片的当前位置偏离出厂整定值，偏离值为0.3～0.5 mm。

对由双金属片位置偏移导致的动作不稳定问题，改进方案为在限位杆与绝缘外壁之间加装塔状弹簧，如图1所示。双金属片在限位杆及塔状弹簧的作用下，可改善固定的可靠性，以减少因环境温湿度变化或在搬运时受振动导致的位置偏移。

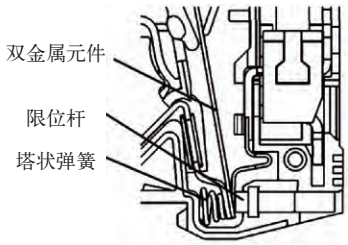
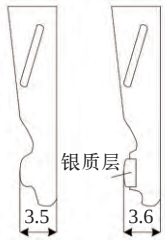


图1　热脱扣改进方案

2．触头接触异常问题

EM断路器触头接触异常主要体现为动、静触头完全闭合后，触头所产生的偏移，即压缩行程过短甚至无压缩行程，导致操作机构闭合后动、静触头动稳定性和接触紧密性变差，易发生合闸后弹振动。其原因主要是触头在开断电弧和自热温升的影响下，表面介质融化变形或氧化，影响其接触的紧密度，从而加剧了接触器内部的温升，影响到周围的塑料支撑件和压缩弹簧的性能，使其受高温影响变形，导致该压缩行程变短甚至无压缩行程。

对此，改进了触头的结构，如图2所示。在触头上增加银质层，将触头设计宽度从3.5 mm增至3.6 mm，从而改善动、静触头间接触的可靠性。



（a）改进前　（b）改进后

图2　触头改进前后比较

为测试改进效果，取改进前、后的样品各6只。在温度为75℃，湿度为90%的试验箱中施加额定电流，时长为144 h，分别找出改进前、后压缩行程减少量最大的样品，其试验情况见表1。

表1　触头改进前后压缩行程对比　（单位：mm）

工况	试验前压缩行程	试验后压缩行程	压缩行程减少值
改进前	1.22	0.26	0.96
改进后	1.32	0.86	0.46

由表1可见，改进后EM断路器的初始压缩行程较大，进行高温高湿的试验后，断路器的压缩行程均减少，但改进前最大样品的压缩行程减少幅度大于改进后的幅度，更易造成EM断路器动、静触头接触不到位的异常情况。

3．操作机构异常问题

常见EM断路器操作机构为四连杆结构，即通过两个连杆啮合和分离，以及两个连杆锁扣和跳扣来驱动断路器分合闸动作。在多次连杆锁扣和跳扣后，其接触面将逐步磨损，甚至造成接触表面的脱落，此时在合闸时断路器的锁扣连杆将无法可靠锁扣，造成操作机构传动失效，使得断路器合闸操作失败。

对此，改进方案可从两方面考虑：一是选择耐磨性较好的稀土合金等作为四连杆的材料；二是改进锁扣连杆结构，增加锁扣和跳扣压缩行程裕度。但由于更换耐磨性能较好的材料将大幅提高成本，耐磨合金由于韧性不佳，不易铸造成型，故选用改进方案二，同时改善连杆的支撑点高度。

改进后方案将锁扣和跳扣压缩行程设计裕度从6.9 mm增至7.0 mm，支撑点高度从1.0 mm增至1.1 mm。为验证改进效果，选取改进前后的EM断路器样品各三只，通过远程自动控制方式进行1万次分合闸操作测试，在该过程中不合格次数超过50次则停止测试并判断该机械性能测试不合格，测试情况见表2。

表2　改进前后EM断路器分合闸测试情况

分合闸操作次数	改进前			改进后		
	1#	2#	3#	1#	2#	3#
最大操作次数/次	7 580	7 463	7 475	10 000	10 000	10 000
合闸失败次数/次	50	50	50	3	4	3

可见，改进前的三只样品在达到1万次分合闸操作前，合闸失败次数已超标。改进后的三只样品在1万次分合闸操作过程中合闸失败次数均小于50次，可见其操作机构的力学性能得到很大改善。

结束语

对EM断路器常见动作异常问题的原因进行分析，并对热脱扣机构不稳定，触头接触异常和操作机构异常三方面的问题给出改进方案，分别采取了设计塔状弹簧减少双金属片整定后的位置偏移、在动触头上增加银质层、增加锁扣和跳扣压缩行程裕度的改进措施，并通过案例分析，验证了在改进后的电能表外置断路器的热脱扣保护性能更为稳定，合闸时动、静触头接触更可靠，操作机构的力学性能得到改善。EA

（收稿日期：2018.10.09）

（编辑：朱金凤）