[配电柜]

低压配电柜抽屉单元的安全设计

文/广东省顺德开关厂有限公司　何锐鑫　吴克捷

系统介绍了低压配电柜抽屉单元的设计要点，特别是安全设计所要考虑的主要因素，在安全事故频发的今天，抽屉单元的安全运行和安全维护显得极其重要，围绕安全设计，阐述了抽屉单元设计时应注意的要点，为低压配电柜抽屉单元设计提供一套设计思路。

在电力供配电系统中，低压配电柜抽屉单元的应用非常广泛，因为它可以实现低压配电设备的快速更换与快速维护，当然，对低压配电柜的设计和制造也提出更高的要求，特别是在可靠性和安全方面。在国内，目前低压配电柜抽屉单元的设计水平和制造水平仍参差不齐， 因抽屉单元的质量问题引起的安全事故还时有发生。 本文主要从安全方面入手，阐述安全设计的要点，目的是为抽屉单元的设计提供一套行之有效的设计方法，减少甚至杜绝抽屉单元引起的安全事故。

抽屉单元

抽屉单元作为成套的一个部分，可以从连接位置移动到试验位置、分离位置和移出位置，以完成特定功能的所有电气和机械部件的组合体，抽屉单元的功能是将母线的电能分配到各个出线的负荷上。

抽屉单元的安全设计

抽屉单元的安全设计主要考虑两方面内容，一个是安全运行，一个是安全维护。

1．安全运行

保证抽屉单元安全运行，主要的设计考虑有：

（1）一次插件

一次插件质量好坏对抽屉单元的安全可靠运行有着举足轻重的作用，因此选择或设计一次插件尤其重要，很多设计者在选择或设计一次插件时，只对一次插件的温升和接触电阻提出了设计要求，而对一次插件的触头接触压力一般不作考虑，虽然根据电流同相相吸的原理，同一相的一次插件触头压力会随着通过触头的电流增大而增大，但根据对各种结构的一次插件进行试验和对一次插件性能的深入研究，发现一次插件的触头接触压力（无电流通过的初始压力）必须大于一定下限值，否则，一次插件无法耐受电动机起动电流的冲击。当然，不同结构的一次插件，由于触头压力弹簧的材料、制作工艺或内部结构的不同，一次插件的触头接触压力的下限值也不一样。因此对一次插件除了要满足温升和接触电阻的要求之外，还要满足冲击电流（过载电流）的要求，冲击电流主要用在异步电动机直接起动的场所。相关试验可参照GB/T 14048.4第9.3.5条规定耐受过载电流能力的试验方法，并建议这一试验在温升试验结束时接着进行，这样更符合实际运行工况。

（2）抽屉单元内部的温升

影响抽屉单元内部温升主要有两个方面，一方面是一次元器件、一次导线的选择，一次元件必须是优质能满足设计要求的元器件；一次导线优先选择裸铜，因裸铜的散热效果比绝缘电缆

好。另一方面是抽屉单元的散热，抽屉单元应设计成具有自然对流通风的结构。以便抽屉单元通风散热。当然，同时也要考虑抽屉单元之间的隔离，以防止一个抽屉单元发生内部故障对相邻抽屉单元正常运行的影响。

（3）二次回路

抽屉二次插件与一次插件一样，触头无灭弧措施，分断时不允许产生电弧，在工作过程中绝不允许有载时断开。因此，抽屉单元的二次控制回路（见图1）中，必须有微动（行程）开关（图1中的XK），以便断开二次回路中的电流；否则，二次回路中的电流将有可能由二次插件断开，因为二次插件的触头无灭弧能力，断开二次控制电流过程产生电弧会烧坏二次插件。而微动开关XK的动作可以由抽屉单元的移动来实现，也可以由抽屉单元面板的解锁机构来实现，优先选择解锁机构，因为在抽屉单元移动之前，解锁机构就动作，这样可减少二次插件带电移动的可能，从而保证二次插件的运行可靠性。

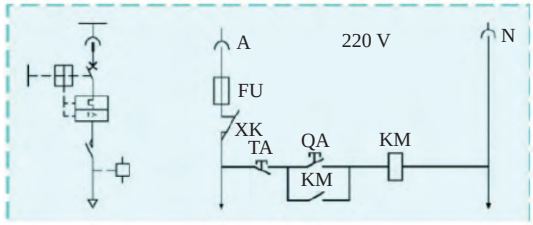

图1　电动机直接起动控制原理图

2．安全维护

保证抽屉单元安全维护，主要的设计考虑有：

（1）操作安全

抽屉单元设计必须考虑操作人员的人身安全，主要是防止触摸带电体和对故障电弧的防护。

a. 对故障电弧的防护。

根据GB7251.12－2013《低压成套开关设备和控制设计第2部分：成套电力开关设备和控制设备》第8.2.101条对抽屉单元防护等级提出了如下要求：成套设备所标明的防护等级一般适用于可抽出式部件的连接位置，成套设备制造商还应标明在其他位置和在不同位置之间转移时所具有的防护等级。带有可抽出式部件的成套的“可设计成”在试验位置和隔离位置以及从一个位置到另一个位置转移时，仍保持如同连接位置时的防护等级。

从标准原文内容“可设计成”来看，抽屉单元的设计没有硬性要求在3个位置和3个位置相互转移的过程中都保持连接位置的防护等级，如果不能保持连接位置的防护等级，对抽屉单元操作人员来说，操作安全存在隐患，抽屉单元的设计也是不完美的，或者说是有瑕疵的。假如抽屉单元内部存在故障点，如螺栓或其他可导电部件导致的相间或相地之间的故障，抽屉从试验位置到连接位置转移过程中，抽屉的防护等级不能保持连接位置的防护等级，具体如图2所示。因为抽屉在到达连接位置之前，一次插件已经与成套设备的带电线分支母线接通，此时抽屉单元内部将因存在故障点而发生短路，短路的故障电弧将从门缝喷出伤及操作人员。另一方面，在这种情况下，为了防止抽屉单元因短路故障弹出伤及操作人员，抽屉单元的推进应该被设计成通过具有自锁功能的机构来实现，如螺杆机构。

图2　抽屉单元发生故障示意图

b. 防止触摸带电体

抽屉单元防止触摸带电体主要考虑两个方面，一个方面是正常情况下打开抽屉面板不能触摸到单元内部的带电体，实现的方法可以打开门板前抽屉内部一二次回路与带电回路断开，否则门板无法打开；也可以在打开门板后，增加防触电盖板。另一方面，抽屉单元被拉出低压配电柜后，应该防止操作人员触摸到配电柜上的带电体（分支母线）。防护等级应该达到IP20或以上，即能够防止人触摸到分支母线。

（2）维护安全

维护安全主要考虑维护人员对抽屉单元出线电缆端子的电击防护，低压配电柜出线电缆连接完成后，在通电的情况下，出线座和电缆线耳会带电。如果没有绝缘防护，维护人员进入电缆隔室时会有触电的危险。为了防止设备维护人员进入电缆隔室时触电，可以采取不同的办法来解决。

1）把每一出线回路放在开关柜不同的隔室中是最直观的方法。但是这种方法在回路数较多的场合很难实现，而且因为隔室空间小，接线和维护都很不方便。

2）在出线端子上方安装绝缘隔板是另一种方法，如图3所示。但是这种方法不能把带电体完全隔离，而且绝缘隔板的机械强度不够，容易被碰坏而引致安全事故。

3）用绝缘材料将带电部件完全包封住是一种最简单实用的方法，在GB7251.1－2013第8.4条“电击防护” 中说可以用绝缘材料将带电部件完全包住，绝缘材料只有在被破坏后才能去掉。为了检修方便，一般在电缆端头套上可装拆的绝缘套，如图4所示。

绝缘套应优先采用侧面开有搭接裙边的绝缘罩，方便电缆线耳安装好之后，再把绝缘罩包上，最后用绝缘扣钉把搭接裙边扣稳。另一方面，绝缘材料应采用无卤低烟阻燃（如聚烯烃），当万一火灾发生时，蔓延速度慢，烟浓度低，能见度高，有害气体释放量小，便于人员撤离。

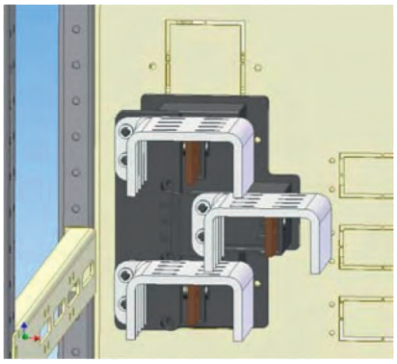

图3　在出线端子上方安装绝缘隔板

图4　出线电缆采用无卤低烟阻燃绝缘罩

结束语

低压配电柜抽屉单元的设计应把安全问题作为重中之重来考虑，做到安全设计、安全运行和安全维护。具体抽屉单元设计时应把重点放在抽屉单元温升、抽屉内部故障的防止和防护、操作人员安全防护和维护人员的电击防护。这几方面的设计方法在实际项目中得到应用和验证，确实能够提高抽屉单元的可靠性和安全性，也减少抽屉单元引起的安全事故，同时为抽屉单元的设计提供一套行之有效的设计方法。EA

（收稿日期：2015.04.16）

（编辑：白文亭）