[控制系统]

TN－S系统和四极开关电器在化工厂中的适用性

文/中国平煤神马集团尼龙科技有限公司　陈风叶

基于化工厂供配电系统的实际情况，结合基本的设计规范，讨论了TN-S系统及四极开关电器在化工厂的适用性，针对四极开关电器中性极故障引起中性线断开的可能性风险——即所谓的“断零”，并提出了抑制的措施。

关于TN－S系统以及是否采用四极开关电器在检修和故障时断开中性线，国内有较多的文献来阐述这方面的问题，较多数的文献的看法是：TN－S系统慎用四极开关电器，原因主要在于四极开关电器的中性极故障会使中性线断开——即所谓的“断零”，从而造成用电设备烧坏。根据《低压电气装置的设计安装和检验》和《建筑电气600问》，开关电器触头间的接触电阻主要由膜电阻组成，这是触头表面化学腐蚀物、氧化物、脏物等组成的一层电阻膜。而四极开关产品标准的要求是先断开3个线触头，然后再断开中性线触头，目的是避免操作时的“断零”。3根相线断开后中性线上自然就不再有电流，中性线的触头也就不会像3个相线上的触头那样拉出电弧清除其表面的电阻膜。这样一来，中性线触头的电阻总是比相线触头的电阻大一些。所以，四极开关电器如果有一极不导电的话，往往会发生在中性线触头上。

对于建筑电气而言，由于最终使用群体是普通人群，并非是专业的电气人员，普通人群对于开关电器的性能及用电安全知识的了解相对有限，慎用四极开关电器可以在某种程度上降低所谓“断零”的风险；而且，建筑电气负荷等级一般较低，尤其是居民用建筑，多为二级负荷或三级负荷，允许较短的停电时间，其供电回路多为单一回路，不存在双重电源及其切换的情况，因此，慎用四极开关电器的观点这里是有适用性的。然而，有电气设计人员忽略了化工厂电气的特殊性，仅据此就认为化工企业的10/ 0.4 kV或6 / 0.4 kV变压器的低压侧主开关电器也应该设计成三极，这就值得商榷了。

TN－S系统和四极开关电器在化工厂中的适用性分析

相比普通民用建筑，这里讲的化工厂的特殊性主要为：存在爆炸危险环境（即防爆区），存在自控专业的集散控制系统（DCS）等大量信息技术设备（ITE），通常采用双电源或双电源外加柴油发电机等供电方式而普遍存在电源转换。讨论四极开关电器的适用自然会涉及中性线（N），这里从0.4 kV系统的中性线着手谈起。由于化工厂的特殊性，TN系统中的TN－S系统比TN－C和TN－C－S系统更适合，以下分别论述。

第一，化工厂由于其易燃易爆的生产性质，通常存在爆炸危险的环境。爆炸危险环境电力装置设计规范》（GB 50058——2013）第5.5.1条

明文规定："爆炸危险环境中的TN系统应采用TN－S型"，且该条文为强制性条文。其条文说明又进一步指出：如果在爆炸性环境中引入TN－C系统，正常运行情况下，中性线存在电流，可能产生火花引起爆炸。尽管化工厂并非所有的生产装置都是防爆区，比如循环水、污水处理等不属于防爆区，但毕竟占比例相对较少。尽管TN－S、TN－C和TN－C－S可以共存一个系统，但是实践和经验告诉我们，在化工厂里不宜同时存在TN －S和TN－C或TN－C－S。这样做的原因是：化工厂的化工设备、建筑物与电气设备会共用一个接地网，而变压器和电源通常远不止一个，而是每个化工装置区或大型建筑物通常都有自己的变压器或电源点。如果采用TN－S、TN－C、TN－C－S共存模式，极易导致N线、PE线和PEN线在使用中无法正确区分，使得N线与PE线或PEN线混淆，造成全厂实际上成为TN－C系统。一旦成为TN－C系统，就会可能导致危险发生，比如，如果检修是跨工艺生产装置区使用电源时，就极易发生GB 50058－2013的第5.5.1条文说明所叙的危险。

第二，化工厂存在大量的自控专业的集散控制系统（DCS）、电气专业的微机保护和监控等信息技术设备，这些传统意义上的弱电系统极易受外界的电磁干扰，一般性建筑电气则不会涉及到如此密集的自动化控制系统和设备。

《低压电气装置第4－44部分：安全防护 电压骚扰和电磁骚扰防护》(GB/T 16895.10——2010)中，的"444.4.3 TN系统"一节为减低电磁干扰，就TN系统的适用做了非常详细的说明，444.4.3.1条规定"有大量信息技术设备的新建的建筑物内，不应采用TN－C系统"。并以引起注意的形式进一步解释原因："任何TN－C系统会导致负载和故障电流通过等电位联结转移到建筑物内金属公共设施和构件"——这就是引起电磁干扰的原因。444.4.3.2和444.4.3.3条则更具体地以不同情况的存在大量信息技术设备的建筑物来说明，均推荐使用TN－S系统，并配图说明正常运行情况下PE导体内是没有电压降的，如图1所示。电流是在相线（L）和中性线（N）之间流通，不会在PE线和等电位联结导体内流通，所以不会在其内部产生ΔU，也就不会对自动化控制系统和设备。

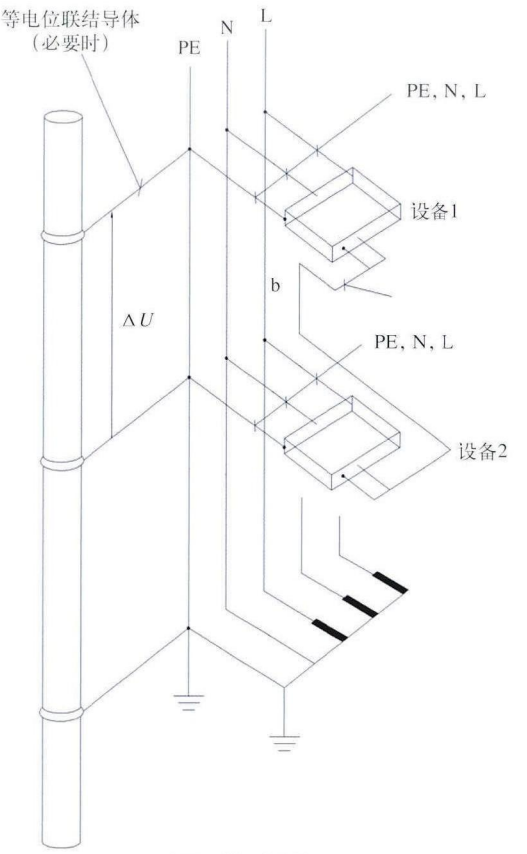

图1 TN－S系统

第三，由于负荷的的重要性，化工厂基本采用双电源或双电源加保安电源的形式，对于进线开关而言，需要进线开关电器将负荷从一个电源转换为另一个电源是非常普遍的，这种情况下需要采用四极开关电器。

《低压配电设计规范》（GB 50054——2011）的3.1.15条就"选用具有断开中性极的开关电器"的情况做了明文规定，其中第一款的情况就是包括TN系统之间的电源转换。而在这一条的条文说明中进一步从两个方面进行了阐述。一方面，除了该条文所规定的情况，技术人员要根据此规范和工程的具体情况，来决定开关的极数；另一方面条文说明也指出，选用了具有中性极的开关电器，可能带来的负面影响是由于中性极发生故障可能造成中性线的断开，这种情况也应该考虑并尽可能地避免。完整的理解该条文及其说明，就要求设计人员结合实际情况全面考虑去选择开关的极数，而不是只选用四极开关电器或者只选用三极的开关电器就可以适用一切情况。

在《低压配电设计规范》（GB 50054——2011）的3.1.16条规定防止电流流经不期望的路径时，可选用具有断开中性极的开关电器，并在条

文说明中进一步配了两幅图对比（如图2和图3所示）来进一步说明采用具有中性极的开关电器可以避免产生杂散电流。图2是说明采用具有断开中性极的开关电器时，没有产生流经不期望路径的电流；图3则是说明采用的开关电器没有具有断开中性极的情况下，则产生流经不期望路径的电流。大型化工厂的生产装置0.4 kV供配电系统典型设计通常采用双电源，通常是两台10(6)/0.4 kV变压器互为暗备用，0.4 kV母线采用单母分段，母线分段处设一个母联开关。在0.4 kV的Ⅰ、Ⅱ母线不失电转移负荷时，母线的主进线开关以及母联开关都会起到电源转换开关的作用，所以设计中，应该配电变压器0.4 kV侧主进线开关以及其母联开关均应设计为四极开关电器。

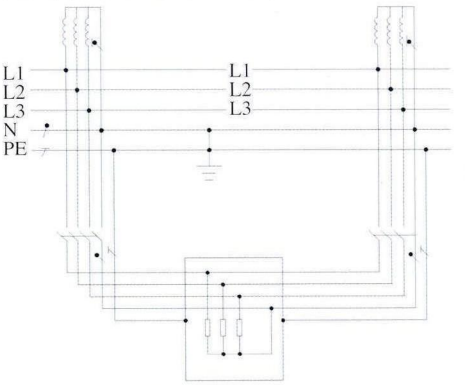

图2　采用具有断开中性极的开关电器

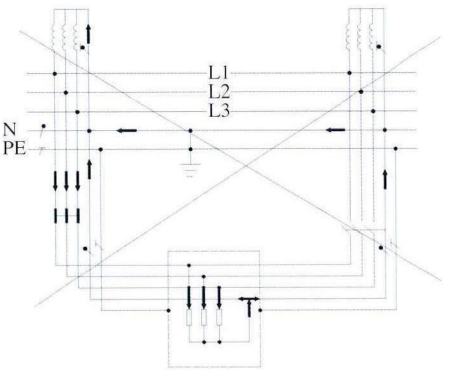

图3　采用不具有断开中性极的开关电器

采用四极开关电器带来的有利影响除上述分析论述的以外，还有以下优点：一，由于断开中性线（N），使得检修时中性线上带电的可能不再存在，从而提高了检修工作的安全性；二，由于检修回路的相线、中性线都从供电系统中隔离出来，可以很方便地进行测试绝缘等。但是四极开关电器中性极故障的风险还是存在，对于这种风险，在化工厂具备的一些有利因素可以削弱这种风险，也可以采取有效措施使风险控制在一定的低范围内。

有利于削弱开关电器中性极故障风险的因素和措施

这里所说的有利因素主要是两方面。

一是，0.4 kV主回路开关操作频率很低，使得断路器分断而造成的触头间膜电阻的影响不大。化工企业0.4 kV系统基本采用是双电源互为暗备用方式，开关长期闭合运行，从电源出来的一二级开关基本上操作次数很少，变压器低压侧主回路开关操作次数更少，除事故时自动切换外，基本上年度检修时才操作一次。所以，由于断路器分断时电弧去膜电阻的作用而造成的相线触头接触电阻与中性线触头接触电阻间的差异不大。

二是，变电站洁净的环境给设备提供了较好的运行环境。化工厂0.4 kV供配电设备基本以室内为主，较以前有明显的环境改善，比如低压室也较普遍地安装使用空调、房间的防尘和密封一般较好，等等。这些也都可以在设计阶段就给予要求和重视，从而都可以降低灰尘侵入触头间隙的概率。

可以采取的有效措施主要如下。

第一，对四极开关电器的触头进行周期测量跟踪。在年度检修时用微欧计测量四极开关电器各触头间的直流电阻，判断是否平衡，并与历年的数据作比对，检查其劣化趋势。

第二，在线监测等手段的应用可以及时察觉电气设备在运行中的异常。例如，断路器触头在接触电阻变大时会发热，传统的监测方法有示温贴片等；近年来，无线测温元件已较为广泛的应用，外观像手表一样，可以方便地安装在断路器的触头处，以无线的方式与监控后台联系并实时地将触头温度传出来。

此外，电接触材料的应用和理论不断研究和进步，使断路器的触头性能也在不断的改善和进步。比如，稀土材料的应用、纳米材料的应用、新型合金材料的应用，使得开关电器质量和寿命都在逐渐的提高。

结束语

总之，化工企业相对一般民用建筑而言有一定的特殊性，尤其是大型化工厂，0.4 kV系统采用TN－S系统比TN－C和TN－C－S系统更为适用一些；而且低压主进开关等处采用四极电器也是一种比较适用的选择。**EA**

（收稿日期：2015.07.31）
（编辑：杨得润）