

化工企业变电站接地系统设计安全问题

安全可靠的变电站接地系统对于维持化工企业持续稳定的供电、保证安全生产具有非常重要的作用。随着城市化和工业化的发展,化工企业变电站接地系统设计面临着新的挑战。针对目前化工企业变电站接地系统设计方法的现状和存在的问题,对变电站接地系统的设计方法提出了相关改进措施和建议,对于变电站设计人员有一定的参考价值。

武 俊/山西省化工设计院

涂 画/国网江西省电力公司吉安供电分公司

0 引言

随着国民经济的发展,城市化和工业化是现今经济发展的两大趋势。由于化工厂的特殊性,化工设施与生俱来的危险性使其选址受到的局限越来越大,为了降低危险性需要远离居民区,但是随着城市化进程的加速,使化工企业和城市区的距离越来越小,甚至出现化工厂和居民区交织存在。据2006年原国家环保总局调查数据表明,全国7 555个化工项目中2 489个位于人口稠密区。化工厂的安全生产对于保障国民的生命财产安全具有非常重要的意义,而化工厂的安全可靠供电是保证化工厂安全生产的保障之一。

随着人民安全环保意识的逐步提高,以及省市市政府相关政策的推行,不少近居民区的化工企业开始搬迁,同时新建化工企业的选址也受到了很大的制约,在此背景下,化工企业变电站设计面临着新的挑战,可能需要在土壤电阻率较高的地方新建变电站。同时随着电网规模的不断扩大,接地短路电流越来越大,对变电站接地系统的设计也随之提高。而随着电气绝缘水平面提高以及

变电站小型化、户内化的发展趋势,变电站占地面积逐步减小,接地网的设计面临新的问题。同时,随着化工厂选址和环保的限制,小型化工厂逐步向集中化、大型化发展,化工厂内部的电力负荷越来越大,系统接地容量也随之增大,在此背景下,若设计时仍然采用传统的设计经验进行接地方案设计,有可能会使化工厂变电站接地系统无法满足人身安全和电气设备安全。随着化工企业电气化程度和自动化程度的提高,对电子设备电磁干扰防治的要求也越来越高,接地系统设计不合理会导致变电站内电子产品承受很大的电磁干扰,造成自动化控制和保护装置误动作或拒动作,从而产生巨大的安全隐患。

化工企业的变电站接地系统等保护措施关系着整个企业的供电安全。如果接地系统设计不合理,一旦发生事故,则会给企业乃至周边的人民生命财产带来巨大的损失。为了提高化工企业的供电安全,且保证生命财产的安全,需要加强接地系统设计方案的合理性。针对目前化工企业变电站接地系统面临的问题和现状,本文提出了一些改进措施和建议,以供变电站设计人员参考,在新的工业化和城市化的背景下,保证化工企业供电安全以及变电站内人身和设备安全。

1 接地种类及存在的问题

电力系统接地可分为工作接地、防雷接地和保护接地。

工作接地是为了保持系统电位的稳



武 俊/工程师

关键词/Keywords

化工企业·
接地系统·
接地电阻·

定性,减轻低压系统由高压窜入低压系统所产生的过电压的危险性,可以降低低压系统电力设备的绝缘水平,在TN-S系统中常采用变压器中性点接地,也称为配电系统接地。

防雷接地一是防雷,避免雷电的危害;二是防止静电,尤其在化工企业爆炸区域必须做好完备的防静电接地,以避免因静电产生爆炸等严重事故。化工企业防雷接地首先必须做好整体结构防雷,主厂房主要基础形成接地网,再与主厂房的钢筋或钢构主体连接。厂房屋顶接避雷带或避雷针,墙外地面须留有接地测试点,钢构用镀锌扁铁直引到屋顶。所有带电设备外壳接地,并保证接地网接地电阻小于 $4\ \Omega$,可加接地极、电解物或更换土壤。对于仪器仪表系统接地电阻小于 $1\ \Omega$,不能与防雷接地连接。

保护接地主要是为了保证人身和设备安全,通过将电气装置的金属外壳、配电装置的构架和线路杆塔等正常情况下不带电而在绝缘材料损坏后或其他情况下可能带电的电气金属部分用导线与接地体相连接来实现。保护接地是低压电网中一种有效的安全保护措施。保护接地分为接零保护和接地保护,需要根据客观环境选择以确保保护性能和电网的供电可靠性。接地保护通过漏电设备限制对地泄漏电流的安全范围,过限制时通过保护器自动切断电源;而接零保护是在绝缘损坏时借助接零线路形成单相接地短路,通过形成的短路电流促使线路上的保护装置迅速动作。化工企业常采用TN系统,其属于接零保护。

变电站接地系统的主要目标是确保一、二次设备以及人身的安全。对目前化工企业现有接地网进行调研,并对新的接地网设计进行分析,接地网主要存在以下几个问题。

1) 根据现有设计规范,接地网设计时主要考虑工频接地电阻,忽略了地网的均压和散流,长孔接地网的广泛采用保证了纵向电位均压,但是横向电位分布却常常不满足要求,尤其随着目前土壤条件的恶化,土壤电阻率分布并不均匀,而设计时却通常假定电阻率分布相同,导致某些地区地网均压不符合要求。同时,由于施工时水平

接地体的埋深不够(不足30 cm)、垂直接地极少而短、没有纵向和横向均压措施以及电缆沟不设计均压带都会造成均压效果较差。而企业扩建变电站扩容时,不扩建接地网的现象更加剧了这种现象。

2) 由于化工企业的特殊性,尤其是某些化工企业生产的产品腐蚀性很强,空气中腐蚀性气体的浓度会高于一般的变电站场所,化工企业变电站内设备与接地网连接处的金属器件可能会因为腐蚀使得连通效果变差,出现表面连接,但实际电流无法流通的现象;或者某些企业违规排放环保超标的废水,导致厂区附近地下土壤受到污染,腐蚀性增强,同样使得接地网的连通性变差。目前已知的主要表现有:设备的接地引下线在地下与地网的连接处锈断;地网干线腐蚀锈断;设备接地的混凝土构架内部连接不好;设备接地线的连接螺栓因锈蚀造成电气开路。而接地网的腐蚀通常无法通过肉眼直接察觉,会对变电站的安全运行造成很大的隐患,通过日常的巡检很难发现,而开挖接地网进行检查不便且成本高,在现实中很难进行,因此必须在设计中根据化工厂的性质做好接地网的防腐蚀措施,以提高接地网运行的可靠性,并减小后期的运行成本。

3) 接地容量通常偏小。目前计算接地容量时主要通过接地电流进行判定,接地电流分流系数的选取非常重要,而由文中分析可知,通常选取0.5的分流系数会使接地线容量偏小。同时,上文提到的接地网腐蚀问题会使有效接地线截面积减小,甚至锈断,而扩建的变电站为节省投资不扩建接地网,也会使接地线容量越来越无法满足变电站的需求。在设计时必须充分考虑化工企业变电站的扩建需求,对于扩建变电站,不能只简单地将新建设备的接地引到电缆沟内外露的接地连线,必须根据变电站的设计容量和接地网的设计重新评估原有接地网是否可以满足新建设备的接地容量要求。否则一旦发生设备接地短路,产生大的短路电流流经电缆沟内的接地连线,可能会烧断接地连线,严重情况下会烧坏电缆扩大事故的危害。

4) 随着化工企业变电站建设选址的局限性增大,可能出现采取措施土壤电阻率也无法满足规范要求的情况,此时会出现接地电阻超标的问题,同时接地网腐蚀也会使接地网等效电阻增大,电网扩建使接地电流增大,从而增大了等效接地电阻,而接地网并没有随着变电站扩建,因此会造成接地电阻超标的问题。

2 接地系统设计

变电站接地系统设计包括接地网参数计算、接地网优化方案选择、接地网仿真软件选择、降低接地电阻和接地网防腐蚀等,本文主要从接地网参数计算和降低接地电阻措施方面进行讨论。

2.1 接地网参数计算

接地点之间的电位差是造成设备或人身安全影响的根本原因。变电站接地系统设计时需要考虑的指标参数包括接地电阻、接触电位差、跨步电位差和转移电位差等,各电位差的物理意义如图1所示。

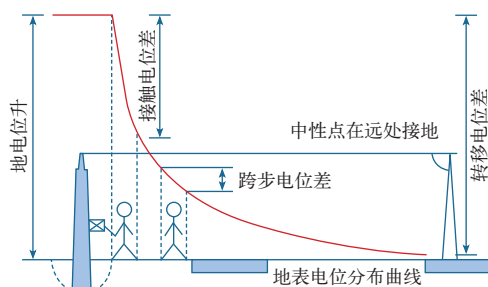


图1 电位差示意图

计算接地网参数时,首先根据系统入地短路电流来计算接地电阻。目前设计的常用计算公式中,入地短路电流为

$$I = (I_{\max} - I_z)(1 - K_{\text{fl}}) \quad (1)$$

式中, I 为入地短路电流; I_z 为主变压器中性点接地短路电流; $I_{\max}$ 为系统最大接地短路电流; K_{fl} 为避雷线的工频分流系数。

根据入地短路电流计算结果,规定允许地电位升高不能超过2 kV,因此接地电阻值要求 $R_w < 2000/I$ 。可见,接地电阻的设计主要取决于两个因

素,即允许地电位升高和入地短路电流。

电力系统发生短路时,入地电流分布如图2所示。由图2可见,短路电流一部分经接地网流入大地,一部分经电力系统中的其他接地点流入系统。对于变电站接地网设计时如何准确地判定入地电流分布是计算入地短路电流的基础。根据式(1)选取短路电流与变压器中性点短路电流之差再乘以分流因子,该分流因子常根据经验选为0.5,而实际系统中很多情况会出现大于0.5的情况,会使计算得出的入地电流小于实际值,造成接地网设计小于需要值,因此,在实际计算中对于结构特殊或对安全可靠性要求较高的情况,应该对整个电网的结构进行建模,采用仿真模拟软件计算实际系统入地电流的最严重值,以保证设计效果。

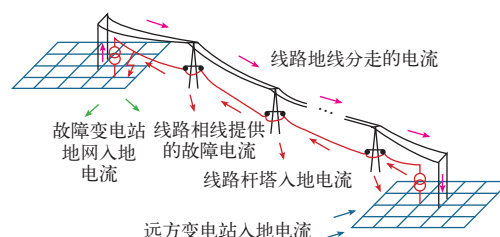


图2 入地电流分布

实际运行经验表明,允许地电位升高的设定可以根据实际情况进行调整。可以适当增大高压电网,以适应高土壤电阻率的变电站环境。而对于化工企业变电站,属于10 kV或35 kV站外供电系统,变压器中性点并不接地,应计及故障电流的暂态特性。当变电站中、高压侧有故障电流入地导致地电位升高时,10 kV或35 kV各相的电位并不一定同时升高,并且可能存在滞后效应。此时,三相之间存在相位差,相电位与变电站的地电位升反相,其上避雷器承受的电位是相电压与地电位升之和,一旦超过避雷器动作电压,会使避雷器动作,严重时甚至超过避雷器容量,从而导致避雷器爆炸。由此可见,在设计化工企业变电站接地网时,对于允许地电位升高上一定要考虑地电位升高不应导致避雷器造成损坏,不能盲目地升高允许地电位升高值。

除接地电阻外,接触电位差和跨步电位差是

进行接地网设计时需要关注的另一主要因素。

接地网最大接触电位差为

$$U_{tmax} = K_{tmax} U_g \quad (2)$$

接地网最大跨步电位差为

$$U_{smax} = K_{smax} U_g \quad (3)$$

允许最大接触电位差为

$$U_t = \frac{174 + 0.17 \rho_s C_s}{\sqrt{t_s}} \quad (4)$$

允许最大跨步电位差为

$$U_s = \frac{174 + 0.7 \rho_s C_s}{\sqrt{t_s}} \quad (5)$$

其中

$$C_s = 1 - \frac{0.09 \left(1 - \frac{\rho}{\rho_s} \right)}{2h_s + 0.9} \quad (6)$$

式中, C_s 为表层衰减系数; ρ_s 为表层土壤电阻率; h_s 为表层土壤厚度; ρ 为下层土壤电阻率; t_s 为接地故障电流持续时间。

若计算结果中, 式 (2) < 式 (4) 且式 (3) < 式 (5), 则表明设计接地网满足要求; 否则需要采取相应措施。

2.2 降低接地电阻的措施

当采用参数设计的方法无法保证系统接地电阻满足要求时, 必须考虑降阻措施。最简单的降阻方法是对变电站敷设沥青道路, 在变电站接地网的面积内敷设碎石, 以提高地表面。传统的措施包括扩大接地网面积、引外接地、增加接地网的埋设深度、利用自然接地、局部换土、接地模块和离子棒等。随着接地系统降阻要求的逐步提高, 垂直接地极、斜接地极技术、深水井

接地技术和深井爆破接地技术施工已经在很多高土壤电阻率地区变电站的接地改造中取得显著的成效。

采用打深水井接地技术必须考虑地下土壤结构, 只适用于地下深处的土壤电阻率较低或者地下水位较高的情况。采用降阻剂的方法因其有效使用年限一般较短, 特别是有些具有强腐蚀性的化学降阻剂一旦注入土壤中, 将会加快接地导体的腐蚀, 对于接地网的防腐蚀又是一项新的挑战。而换土的方法因大范围换土不易实施, 小范围换土效果又不明显, 所以基本不采用。

需要注意的是, 设计接地网的最终目的是保证变电站有安全的接触电位差和跨步电位差, 接地电阻的大小并不是一个决定性因素, 高接地电阻并不一定意味着危险, 而低接地电阻也并不一定安全。接地电阻与接地网的面积相关, 而接触电位差、跨步电位差与接地网的密度相关。降低接触电位差和跨步电位差并不意味着一定要降低接地电阻。

3 结束语

随着城市化和工业进程的发展, 化工企业变电站设计时面临的问题和挑战越来越多, 为了保证化工企业安全可靠供电, 保障人民的生命财产安全, 安全可靠的变电站接地网是变电站设计时首要注意的问题, 本文从现在接地网存在的主要问题和设计现状出发, 从变电站参数计算、接地电阻降阻两个方案给出了化工企业变电站设计的改进措施和建议, 对于化工企业变电站设计具有参考价值。

(收稿日期: 2016-02-10) **EA**

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告