

[变电站]

40.5 kV及以下预装式变电站间接接触电击的防护

文/正泰电气股份有限公司 钟倩倩

40.5 kV及以下预装式变电站主要应用在常规配电领域、风力发电领域及光伏发电领域，应用在不同领域时其系统接地型式亦有所不同，而针对不同的系统接地型式应采取不同的间接接触电击防护措施，方能有效保护人身安全。通过对系统接地型式、单相接地故障以及保护电器动作特性的分析，明确40.5 kV及以下预装式变电站间接接触电击的防护措施，望能引起行业内工程设计人员对此类问题的重视，消除安全隐患。

当电气装置因绝缘损坏发生接地故障（相线、中性线等带电导体与地间的短路），原本不带电压的外露可导电部分因此带对地故障电压时，人体接触此故障电压而遭受的电击称作间接接触电击。40.5 kV及以下预装式变电站按防间接接触电击的措施分类应属I类设备，即当回路或设备中发生带电导体与外露可导电部分或保护导体之间的故障时，间接接触防护电器应能在预期接触电压超过50 V且持续时间足以引起对人体有害的病理生理效应前自动切断该回路或设备的电源。

系统接地型式

为了给预装式变电站提供一个参考电位并使其正常安全地运行，预装式变电站内必须设置一个不属于设备主回路和/或辅助回路的主接地导体，每个电气设备或元件通过单独的连接线依据系统接地型式与主接地导体可靠连接。

1. TN-S系统

应用在常规配电领域及风力发电领域的预装式变电站，电压变比主要集中体现在40.5/0.4 kV、12/0.4 kV及40.5/0.69 kV。其系统接地型式为变压器中性点直接接地，其余电气装置的外露可导电

部分通过主接地导体连接到此接地点，整个系统的N线与PE线是分开的，即TN-S系统，如图1所示。

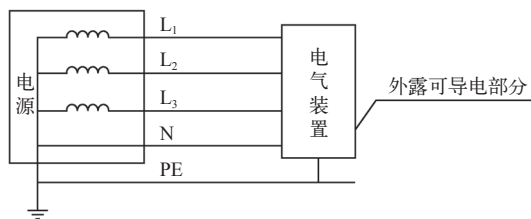


图1 TN-S系统

2. IT系统

应用在光伏发电领域的光伏升压预装式变电站，交流并网侧电压为40.5 kV或12 kV，交流低压接入回路电压有0.32~0.32 kV、0.48 kV和0.5 kV等。其系统接地型式主要表现为变压器中性点不接地，其余电气装置的外露可导电部分直接接地，整个系统没有N线只有PE线，即IT系统，如图2所示。

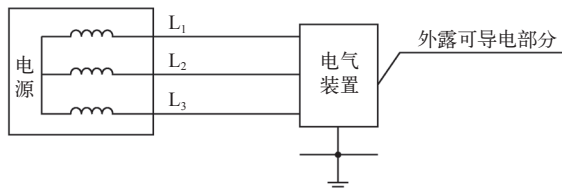


图2 IT系统

单相接地故障

1. TN系统单相接地故障

TN系统内发生单相接地故障时,可能有三种不同情况出现:①故障处两个相接触的金属部分因通过大幅值故障电流熔化成团而缩回,从而脱离接触,接地故障自然消失而不引发事故;②两金属部分虽脱离接触但却建立了大阻抗的电弧,相当大一部分的电压降落在电弧上,PE线上电压降形成的接触电压往往不足以引起电击事故,其电气危险常表现为接地电弧引燃起火;③两金属部分熔化后焊牢,成为故障点阻抗可忽略不计的“死”故障。其故障电流通过回路的PE线金属通路返回电源,故障电流幅值较大,如图3所示。

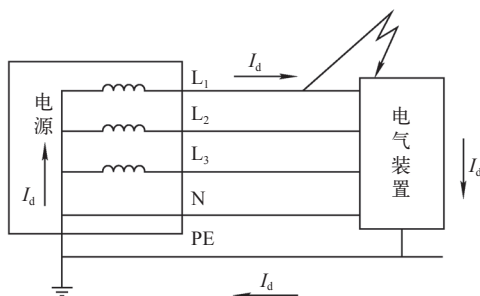


图3 TN系统单相接地故障时故障电流走向

2. IT系统单相接地故障

IT系统内发生单相接地故障时,由于电源中性点不接地,故障电流无法通过PE线返回电源,故障电流为另两相对地电容电流的相量和,幅值很小,如图4所示。

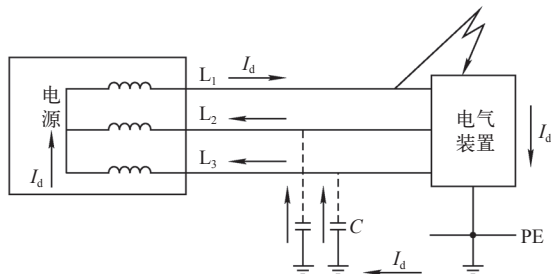


图4 IT系统单相接地故障时故障电流走向

自动切断电源防电击

1. TN系统自动切断电源装置的配置

TN系统单相接地故障电流可由下式计算

$$\begin{cases} I_d = \frac{U_0}{Z_{php}} \text{ kA} \\ R_{php} = R_{php.s} + R_{php.T} + R_{php.m} + R_{php.L} \\ X_{php} = X_{php.s} + X_{php.T} + X_{php.m} + X_{php.L} \\ Z_{php} = \sqrt{R_{php}^2 + X_{php}^2} \end{cases}$$

式中, U_0 为系统标称相电压, V; R_{php} 、 X_{php} 和 Z_{php} 为短路电路的相线—保护线回路(以下简称相保,保护线包括PE线和PEN线)电阻、相保电抗、相保阻抗, mΩ; $R_{php.s}$ 、 $R_{php.T}$ 、 $R_{php.m}$ 和 $R_{php.L}$ 为变压器高压侧系统相保电阻归算到低压侧数值、变压器相保电阻、变压器低压侧母线段相保电阻和配电线路相保电阻, mΩ。

采用TN-S接地系统的预装式变电站,其低压侧典型配置方案为变压器低压出线侧总进线框架断路器及各支路塑壳断路器。当配电线路发生故障点阻抗可忽略不计的接地故障后,TN系统自动切断电源装置的配置可分以下几种情况考虑。

1) 当接地故障电流 I_d 足够大,完全可以利用各支路塑壳断路器的过电流保护脱扣器直接切断故障回路电源时,可不另做其他配置。此时应注意接地故障电流与塑壳断路器脱扣器动作电流的比值应不小于1.3,以确保电击防护的有效性。

2) 当由于配电线路较长或导线截面较小,导致接地故障电流不满足上述条1)动作条件时,可采用两种配置方式:①总进线框架断路器采用三段保护(过载长延时、短路短延时和短路瞬时),各支路塑壳断路器选用带接地故障保护功能的电子式塑壳断路器,动作于报警或跳闸。该种配置的优点是可以非常清楚地知道故障线路,缺点是配置成本较高。②总进线框架断路器采用三段保护+接地故障保护功能,接地故障动作于报警,各支路则按常规配置热磁脱扣塑壳断路器。该种配置的优点是成本较低,但不能第一时间明确故障线路。

3) 当接地故障电流不满足1)动作条件且配电回路对防电击事故有很高的动作灵敏度时,可采用两种配置方式:①总进线框架断路器采用三段保护(过载长延时、短路短延时和短路瞬时),各支路塑壳断路器选用剩余电流动作断路器,动作于报警或跳闸。②总进线框架断路器采用三段保护+漏电保护功能,漏电保护动作于报警,各支路则按常规配置热磁脱扣塑壳断路器。此两种配置的优缺点同2),不再赘述。

2. IT系统自动切断电源装置的配置

采用IT接地系统的光伏升压预装式变电站,由于单相接地故障电流幅值很小(仅为另两相对地电容电流的相量和),并不能引起电击事故,

(下转第71页)

新型紧线器采用标配工具，只需要对准螺丝按下按钮即可完成安装，动作简单、快速方便，而且根据电线颜色标配相线的颜色，清晰美观，如图3所示。



图3 电线颜色标配产品颜色

(2) 给配电网施工操作提供标准化作业规范

配电网是一个复杂工程，内外部因素对其影响比较大，主要体现在配电网施工项目的地理环境、技术水平以及不同施工材料的等。新型紧线器产品以及新工艺为配电网施工操作提供了标准化的作业规范，有利于提升整个施工质量。在具体施工中应针对各个环节进行科学管控，确保不会发生各种事故，具体可以从这些方面入手：第一，配电网施工采用新型紧线器，严格按照施工标准和规格进行，一旦发现不符合施工标准的情况，需要及时纠正，确保施工计划。第二，施工流程，整个配电网施工工程涉及工序繁多，新型紧线器施工只是其中一项。整体施工过程要严格按照工序执行，并对每一道工序进行实时监控，确保每一道工序都能保质保量完成。如果扎线承重力因工序问题而承受不住电缆重量而松脱，导致绝缘导线与金属支架接触，引起触电严

重事故。因此，必须用统一配件安装，安装后应稳固不移位，不松脱，保持绝缘体与导线位置固定，杜绝导线接触金属支架，这样才能保障施工质量与安全。

(3) 有效提高了街码线路的安全性

新型线路紧线器在提高街码线路安全性方面有着明显的提升。从实际使用来看，施工人员必须熟练掌握施工方法、安全措施、工作任务、工程特点和工艺要求等，做到心中有数，才能保证配电网工程质量。新型线路紧线器统一规格标准化配件，施工不因人为因素而影响效果；产品全部采用不锈钢制作，受环境因素影响微弱，不腐蚀，不生锈；采用标配工具，只需要对准螺丝按下开关即可完成安装，动作简单、快速方便；而且根据电线颜色标配产品颜色，产品标示清晰美观。另外，在日常维护方面，工作人员能够更加快速高质量地进行维护，在排除安全隐患方面速度更快、质量更高，从而最大限度保障整个线路的安全性。

结束语

本文主要介绍一种用于街码线路的新型紧线器，解决了以往手绑线的劳动强度高、安装不可靠、施工麻烦及易老化等情况，它不仅解决了传统施工过程中出现的问题和操作方式带来的安全隐患，并对原有紧线器进行优化完善，提高了供电可靠性和配电运行的安全性，更为配电网施工标准化提供有效的依据。EA

(收稿日期：2018.11.26)

(编辑：朱金凤)

(上接第60页)

采用TN系统的自动切断电源措施已无法适用于IT系统。因此，对于行业内常见的光伏升压预装式变电站中低压框架断路器采用三段保护+接地故障保护的配置，已没有实际意义。此时，应考虑采用绝缘监察措施。可考虑两种配置方式：①在光伏升压预装式变电站的低压母线上接入三只PT，采用星形/星形/开口三角的接线方式，当发生单相接地故障时，开口三角电压上升为正常线电压值，利用继电器输出动作于报警。②装设专用的绝缘监测器，可装在三根相线与PE线之间，也可装设在升压变压器星形结点和PE线之间，动作于报警。

结束语

等电位联结是间接接触电击防护的基本措施，是其他防护措施实施的基础条件。本文通过对40.5 kV及以下预装式变电站系统接地型式及单相接地故障电流大小进行分析，明确在不同接地系统中，只有采用有效的防护措施方能起到电击防护作用。同时，应用在配电回路中的自动切断电源装置，当带有接地故障保护功能或者剩余电流动作功能时，其极数、动作时间和动作电流都应依据所供负荷性质确定。EA

(收稿日期：2018.08.03)

(编辑：朱金凤)