

低压配电系统中漏电开关的应用技术分析

王均山

摘要: 分析了3种低压配电系统的工作原理及其特点,结合漏电开关在不同系统中的应用情况,指出了不同系统对保护电器的选择原则。

关键词: 低压系统;漏电开关;应用;技术

Abstract: The thesis analyses the work principle and characteristic of three modes of Low voltage power distribution system, as well as the selection principle of electrical-appliances protection to different system considering the application of leakage protectors of different mode.

Key words: low voltage power distribution system; leakage protectors; application; technology

中图分类号: U224.3⁺1

文献标识码: B

文章编号: 1007-936X(2009)04-0024-03

0 引言

目前,我国低压配电系统已与IEC(国际电工学会)接轨,《民用建筑电气设计规范》JGJ/T16-92将低压配电系统分为TT、TN、IT3种系统。这3种形式各有优缺点,但在现场用电过程中还存在低压配电系统接地形式混用的做法,导致许多不该发生的人身伤亡和电气事故。为防止该类事故的发生,漏电开关已广泛应用在各种低压配电系统中。

1 TT系统

TT系统又叫做中性点直接接地系统,电气设备的外露不带电金属外壳用保护线接至与电源中性点接地无直接电气联系的接地板上,简称接地制,如图1所示。

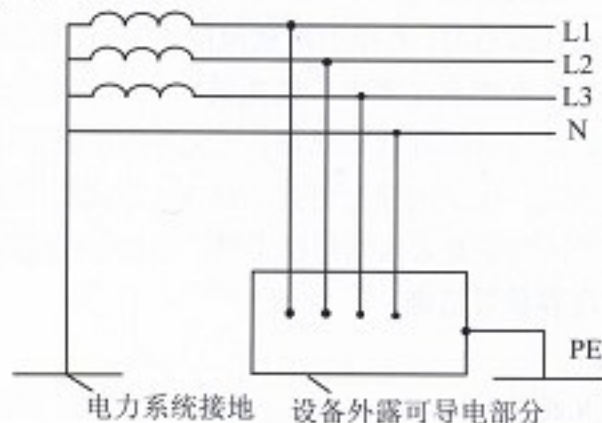


图1 TT系统示意图

当电气设备发生单相碰壳接地时,根据JGJ/T16-92第8.6.4.10条规定:

$$R_A I_a \leq 50 \text{ V} \quad (1)$$

式中, R_A 为外露导体的接地电阻, Ω ,一般接地电阻为4~10 Ω ; I_a 为保证保护电器切断故障线路的动作电流,A,即开关整定电流必须大于线路额定电流。

将 R_A 值范围代入式(1)中, $5 \text{ A} \leq I_a \leq 12.5 \text{ A}$,如此小的整定值在实际工程中没有实际意义,对于容量大的分支负荷,也无法选取熔断器或自动开关作为TT系统单相接地保护的电器。

综上所述,在TT系统中自动开关及熔断器不宜作保护电器,一般采用漏电开关作为保护电器,但必须注意以下几点:

(1)在供电干线首端装设漏电开关,其后面线路中N线不能再做重复接地;

(2)N线上不允许安装熔断器或自动开关,否则N线断开后,三相负荷如果不平衡,中性点电位发生漂移,个别相线电压升高,可能烧毁设备;

(3)TT系统装设漏电开关,应采用四极(三相)和两极(单相),切断相线时同时切断N线。

2 TN系统

TN系统是指电力系统有一点直接接地,受电设备的外露可导电部分通过保护线与接地点连接,按中性点与保护线组合情况,又可分为TN-C、TN-S、TN-C-S等3种形式。

2.1 TN-C系统

工作零线(N)与保护地线(PE)共用,如图

2 所示。

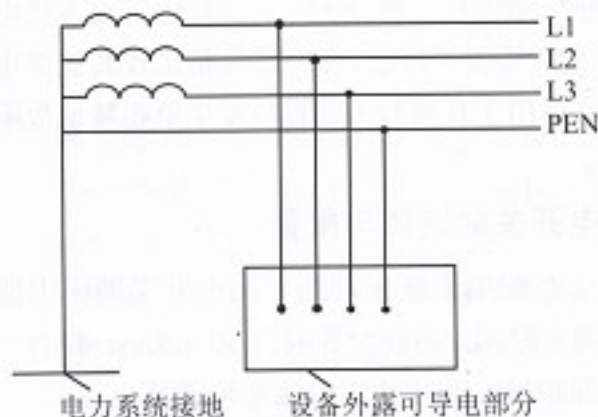


图 2 TN-C 系统示意图

当电气设备相线碰壳短路，短路电流较大，一般采用电流保护或零序电流保护。TN-C 系统不宜采用漏电开关作为保护电器，因为 PEN 线不允许通过漏电开关切断，同时如果相线、零线接错，220 V 电压直接通过 PEN 线传到设备外壳，这是不允许的。TN-C 系统不安全因素多，实际工程上很少采用。

2.2 TN-S 系统

TN-S 系统的中性线 (N) 和保护线 (PE) 是分开的，如图 3 所示。

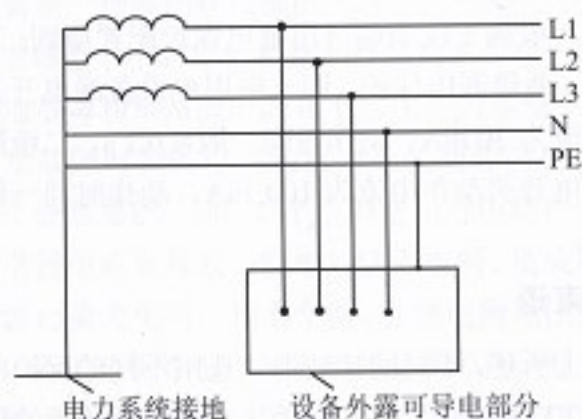


图 3 TN-S 系统示意图

当电气设备相线碰壳直接短路，如短路电流较大，采用一般过电流保护电器切断故障线路。如果线路较长，采用漏电保护切除故障线路。当 N 线断开，如果三相负荷不平衡，中性点电位会升高，但设备外壳对地电压为零，PE 线对地电压也为零，这是 TN-S 区别于 TN-C 的重要特点。

TN-S 系统的 N 线不能重复接地，因为重复接地后对切断 N 线后保护设备不明显，PE 线必要时

可做重复接地。一般在配电干线首端也不装设漏电保护器，防止扩大停电范围。

2.3 TN-C-S 系统

当 PE 线与 N 线从某点分开后就不能再合并，切 N 线绝缘水平与相线相同，如图 4 所示。

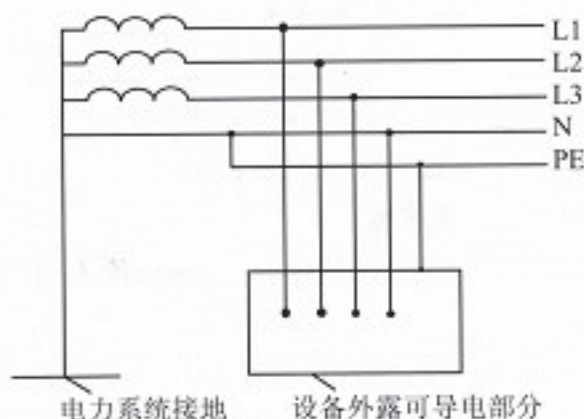


图 4 TN-C-S 系统示意图

TN-C-S 系统具有 TN-C 和 TN-S 2 系统的双重特性，当电气设备发生单相对地短路，后果与 TN-S 系统相同，PEN 线不能装设漏电开关，而分开段部分可以装设漏电开关；当 N 线断开，故障情况与 TN-S 系统相同。TN-C-S 系统中 PEN 线应做重复接地，N 线不宜做重复接地。

2.4 TN 系统相线直接接地的故障分析

根据 JGJ/T 16-92 第 8.6.4.10 条规定：TN 系统接地故障保护电气动作特性应符合

$$Z_S I_a \leq V_0 \quad (2)$$

式中， Z_S 为接地故障回路阻抗， Ω ， I_a 为保证保护电器自动切断故障线路的动作电流，A； V_0 为相线对地标称电压，V，取 220 V。

当采用低压断路器作为接地故障的保护电器时，根据 JGJ/T 16-92 第 8.6.2.6 条规定：

$$I_{zd} \leq I_d \quad (3)$$

式中， I_{zd} 为低压断路器脱扣整定电流值，A； I_d 为接地故障电流，A。

3 IT 系统

电力系统带电部分与大地之间无直接连接（或串联一个足够大的阻抗接地），受电设备的外露可导电部分通过保护线与接地板连接，如图 5 所示。

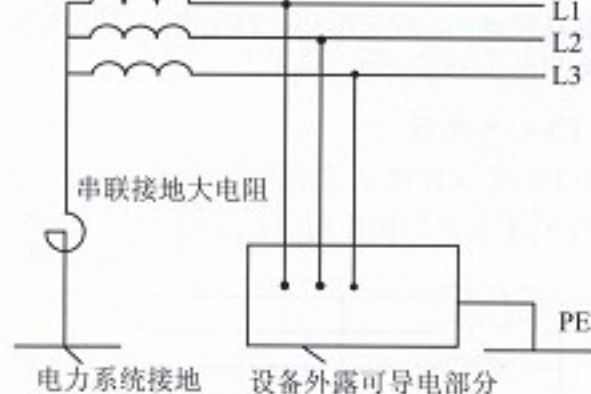


图5 IT系统示意图

3.1 第一次故障接地

当发生第一次接地故障时,故障电流 I_d 可用下式计算:

$$I_d = U / (R_A + R_B + Z_L + Z_F + Z) \quad (4)$$

式中, Z_L 为相线阻抗, R_B 为配电系统中性点接地电阻, 一般 $\leq 4 \Omega$, R_A 为用电设备接地电阻, 一般 $\leq 4 \Omega$, U 为电源相电压 220 V, Z_F 为相线与外壳之间的接触阻抗。一般 Z_L 、 Z_F 很小, 可以忽略不计。对于 Z 的阻值 IEC 标准推荐采用 5 倍于相电压的数值, 可取 $Z = 1\ 000 \Omega$, 则故障电流不足 0.218 A, 电气设备外露导电部分呈现的接触电压 $U_F = R_A I_d \leq 0.782 \text{ V}$, 远远小于安全电压 50 V, 是不会造成电击伤害的, 因此发生第一次接地故障无须切断电源, 只要发出警报信号即可。

3.2 第二次故障接地

第二次接地故障如发生在与第一次故障同相的线路, 则仍属于第一次接地故障; 发生在另外两相线路, 就会形成相间短路。如果设备外露可导电部分为单独接地, 发生第二次接地故障, 故障情况类似 TT 系统, 由式 (1) 可以计算出设备最大允许容量。由此可以看出, 当采用自动空气开关或熔断器作为接地故障保护时, 该接地方式的 IT 系统只能供给小容量的负荷; 若采用漏电开关作为保护器, 则容量不受此限制。如果设备外露可导电部分采用共同接地, 发生第二次接地故障时, 故障情况类似 TN 系统, 由式 (2) 知, 只要确定了电气设

备的容量, 就可以计算出保护电器瞬时过电流脱扣器整定值, 从而确定环路阻抗, 计算电气设备供电回路的允许长度。总之, IT 系统相比较其他供电系统, 它适用于环境较差, 容易发生单相接地故障的场所。

4 漏电开关的选择与配置

确定在配电系统末端选用漏电开关的电击能量 (电能 \times 时间) 的安全界限为 $30 \text{ mA} \cdot \text{s}$ 。仅有一级漏电保护时, 额定动作电流必须满足:

$$I_{\Delta n} \leq U_r / R_S \quad (5)$$

$$I_{\Delta n} \geq 4I_g \quad (6)$$

式中, U_r 为安全接触电压, 干燥场所为 36 V, 潮湿场所为 12 V, R_S 为设备外露可导电部分接地电阻, Ω , I_g 为系统正常泄漏电流。

当有多级漏电保护时, 必须满足下列条件:

$$I_{\Delta n1} \geq 3I_{\Delta n2} \quad (7)$$

$$t_1 \geq t_{fd} \quad (8)$$

式中, $I_{\Delta n1}$ 为上一级漏电保护动作电流, mA; $I_{\Delta n2}$ 为下一级漏电保护动作电流, mA; t_1 为上一级漏电保护器可返回时间, s; t_{fd} 为下一级漏电保护器动作时间, s。

在一般施工现场临时用继电保护配置原则: 三级保护, 两级漏电保护, 即末端用电设备漏电开关动作电流为 30 mA, 动作时间一般 $\leq 0.1 \text{ s}$, 二级配电箱漏电开关动作电流为 100 mA, 动作时间一般 $\leq 0.3 \text{ s}$ 。

5 结束语

综上所述, 不同的接地形式选用不同的保护电器。在 TT 系统中, 漏电开关适合做接地故障的保护电器, 而在 TN-C 系统中却不宜采用漏电开关, 在 TN-S、TN-C-S 系统中漏电保护器、熔断器、自动空气开关都可以作为保护电器。

收稿日期: 2009-07-08