

配电网接地方式对用户安全性影响比较

崔东君

(国网北京市电力公司顺义供电公司 北京 101300)

摘要:以目前常见的中性点不接地和经消弧线圈接地方式与中性点经小电阻接地方式为研究对象,结合北京地区电网的实际情况,通过分析两类接地方式在不同短路情况下对用户用电安全的影响,得出目前使用小电阻接地方式在安全性、适用性方面具有优势的结论。

关键词:接地方式;小电阻接地;安全性

Abstract: Taking the common grounding modes, that is, neutral point unearthed and neutral point earthed via arc-suppression coil, and neutral grounding through low resistance as studying objects, the influences of these kinds of grounding modes on the security of using electricity under different short circuits are analyzed combining with the actual situation of power grid in Beijing area, and it is obtained that at present using low resistance grounding has its advantages in security and applicability.

Key words: grounding mode; low resistance grounding; security

中图分类号: TM727 文献标志码: B 文章编号: 1003-6954(2015)04-0041-03

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2015.04.010

0 引言

随着社会的发展,配电网的结构和特性也发生着变化。以北京市配电网发展为例,2000年以前,全市10 kV配电网以中性点不接地和经消弧线圈接地为主。2000年以后,随着全市配电网中电缆使用量的增加,造成电容电流数值大幅增加,北京市部分变电站将中性点接地方式改为了经小电阻接地,在发生接地故障时保护装置动作切断故障电流。这种接地方式的改变也影响着配电网的配置和用户的用电安全。

下面将以北京市配电网为例比较不接地或中性点经消弧线圈接地系统与中性点经小电阻接地系统的特点,以及这两类接地方式对用户用电安全的影响。

1 配电网接地标准

IEC国际电工委员会将低压配电系统接地方式分为:TT系统、TN系统、IT系统^[1]。TN、TT、IT 3种形式均使用了两个字母,以表示三相电力系统和电气装置的外露的可导电部分(设备外壳、底座等)的对地关系。第1个字母表示电力系统的对地关系,即T表示一点直接接地(通常为系统中性点);I表

示不接地(所有带电部分与地隔离),或通过阻抗(电阻器、电抗器)及通过等值线路接地。第2个字母表示电气装置外露可导电部分的对地关系,即T表示独立于电力系统可接地点而独立接地;N表示与电力系统可接地点直接进行电气连接。

1.1 TN系统

在TN系统中,为了表示中性线和保护线的组合关系,有时在TN代号后面还可附加以下字母:S表示中性线和保护线在结构上是分开的;C表示中性线和保护线在结构上是合一的(PEN线)。

TN系统常见的接线形式如下:

1) TN-S系统:整个系统的中性线与保护线是分开的,见图1。

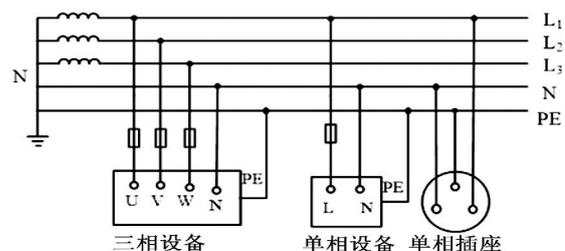


图1 TN-S接地系统

2) TN-C-S系统:系统中有一部分中性线与保护线是合一的,见图2。

3) TN-C系统:整个系统的中性点与保护线是合一的,见图3。

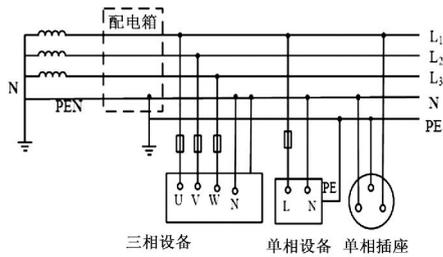


图 2 TN-C-S 接地系统

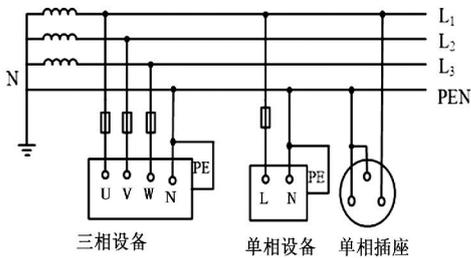


图 3 TN-C 接地系统

1.2 TT 系统

TT 系统有 1 个直接接地点,电气装置的外露导电部分接至电气上与低压系统的接地点无关的接地装置。

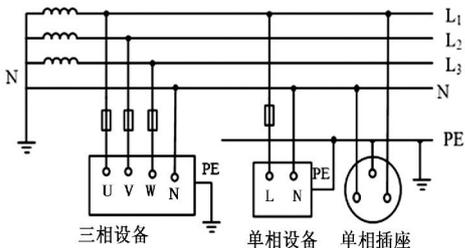


图 4 TT 接地系统

1.3 IT 系统

IT 系统的带电部分与大地间不直接连接(经阻抗接地或不接地),而电气装置的外露导电部分则是接地的。

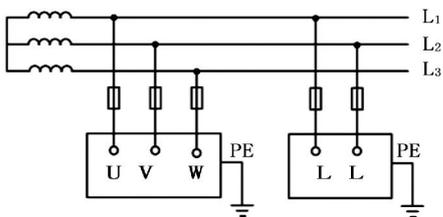


图 5 IT 接地系统

2 两类接地系统在故障时对用户的影响分析

为分析低压配电系统不同接地方式对用户的影响,选择高压侧为 10 kV 的配电变压器为研究对象。

10/0.1 kV 配电变压器既是 10 kV 配电系统的负荷侧,又是 220/380 V 系统的电源侧,因此它既需做 10 kV 侧的设备外壳的接地(保护接地),也需要做低压侧中性点的接地(工作接地)。

中性点不接地或经消弧线圈接地系统与中性点经小电阻接地系统两类接地方式在发生单相接地时对用户的影响在于单相接地时入地电流的大小不同以及故障切除时间的差别,下面将从高压侧外壳击穿和高压侧对低压侧击穿两种故障情况进行分析。

2.1 配电变压器高压侧对外壳击穿

2.1.1 对不接地或经消弧线圈接地系统影响

不接地或经消弧线圈接地系统中的接触电位差不应超过下列数值:

$$U_r + 50 + 0.05\rho \quad (1)$$

此时土壤电阻率取干燥的混凝土地面等于 $1\,000\ \Omega \cdot m$,不接地或经消弧线圈接地系统中接地点最高接触电位差应小于 100 V。

当 10 kV 配电系统中性点不接地或经消弧线圈接地时,10 kV 配电系统发生高压侧对外壳击穿时,接地电流将不大于 10 A,该电流在配电变压器接地装置上将产生约 40 V 的电压(按照电力行业标准,假设配电变压器的保护接地装置的接地电阻符合标准,且按照最严重情况考虑为 $4\ \Omega$),由于工作接地与保护接地是共用的,这个电压将沿低压侧中性线传递到用电器具的金属外壳上,从而可能在高压侧发生对外壳击穿时,使接触用电器具金属外壳的人员触电,但是由于该电压小于前述的接触电位 100 V,所以对人身来说是安全的,而且用户在线路入户处做了重复接地,配电变压器的接地电阻非常小,所以实际传递到用户用电器具的金属外壳的电压是非常小的^[2]。

2.1.2 对经小电阻接地系统影响

小电阻接地系统接触电位差不应超过下列数值:

$$U_r = (174 + 0.17\rho) \sqrt{t} \quad (2)$$

北京市电力公司规定小电阻接地系统中发生单相接地故障时跳闸时间取 0.2 s(保护动作时间 + 开关动作时间),且按照 IEC 规定,低电阻接地系统中故障情况下 0.2 s 跳闸时所允许的故障电压应小于 450.0 V。

在 10 kV 配电系统中性点经小电阻接地系统中,按照北京现在这种配电网低压中性线的接线方式,如果此时配电系统发生高压侧对外壳击穿时,此

时接地电流较不接地系统或经消弧线圈接地系统的短路电流大。北京实测的电流约为 430 A,考虑极严重情况接地电阻为 4 Ω,此时该电流在配电变压器接地装置上将产生略小于 2 000 V 的电压降,远大于允许的接触电位,此电压将沿低压侧中性线传递到用电器具的金属外壳上,从而给人身安全也带来危险。其实这种极严重情况是不可能出现的,因为配电变压器中性点为并联连接,假设接地电阻为 1 Ω(即仅有 4 台变压器的接地装置并联),此时的电压将为 430 V,小于允许的数值。所以小电阻接地系统发生高压侧对外壳击穿时,用户用电是安全的^[3]。

2.1.3 对用户影响分析

1) 虽然小电阻接地系统在发生高压侧对外壳击穿时入地电流较大;但是由于公共地线的并联分流效果,对于用户的用电安全仍然是有保证的,并不会因为接地方式的改变而使用户受到电气上的危害。

2) 两种接地系统在发生高压侧对外壳击穿时,对用户的电气危害是非常小的。

2.2 配电变压器高压侧对低压侧击穿

2.2.1 对不接地或经消弧线圈接地系统影响

若发生高压侧对低压侧击穿故障,电流将沿着进户线(火线或零线)串入用户,将危及用电设备及用户的安全;但因不接地或经消弧线圈接地系统短路电流数值较小,接触电压也不高,若配电变压器的保护接地装置的接地电阻符合 $R \leq 50/I$ 要求且不超过 4 Ω 时,低压系统电源接地点可以与该变压器保护接地共用接地装置。

2.2.2 对经小电阻接地系统影响

在小电阻接地系统中,短路电流较大,接触电压也较高,需要按照配电变压器安装在室内或室外两种情况进行分析。

1) 当配电变压器安装在建筑物外时,对于低压零线接在一起的多台配电变压器的等效接地电阻在 0.5 Ω 或以下时(相当于接地电阻为 4 Ω 的 8 个或以上连入公共零线的接地装置并联),保护接地与工作接地可以分开;

如果低压零线接在一起的多台配电变压器等效接地电阻在 0.5 Ω 以上时,应该采取措施降低配电变压器的接地电阻,使等效接地电阻等于或小于 0.5 Ω;对于单独接地的配电变压器,如果接地电阻在 4 Ω 及以下时,保护接地与工作接地

分开的距离不得小于 5 m;

如果单独接地的配电变压器接地电阻大于 4 Ω 时,公式 $L(m) = R(\Omega) + 1$ 选取保护接地与工作接地分开的距离 L 。

2) 当配电变压器安装在建筑物内时,配电变压器保护接地的接地装置接地电阻符合 $R \leq 2000/I$ 的要求,且建筑物内采用(含建筑物钢筋的)总等电位连接时,低压系统电源接地点可与该变压器保护接地共用接地装置。

2.2.3 对用户影响分析

中性点不接地或经消弧线圈接地系统由于其接地电流较小,所以在防止短路故障对用户造成危害的措施方面较为简单,即仅需要考虑接地电阻的要求;中性点经小电阻接地系统应该充分考虑环境、接线形式等因素,采用适当方式降低接地电阻^[4]。

3 两类接地方式在防雷方面的区别

10 kV 城市配电网系统的防雷主要是防止感应雷对系统的危害,对于接地方式的不同,防雷方面需要做的措施区别不大,即选择合适的避雷器安装在合适的位置等。

但是在此需要注意的是:原有中性点接地方式(不接地或经消弧线圈接地)中的氧化锌避雷器主要是防雷击过电压。而对于系统中的操作过电压等是采取躲避的方式。即要求此时避雷器不工作;但是在系统采取中性点经小电阻接地方式后,由于操作过电压的大幅降低,即此时避雷器不仅可以作为防雷的设备,还可以用来限制操作过电压。这也给氧化锌避雷器在 10 kV 系统中的大量推广使用提供了条件^[5-6]。

4 结 论

接地方式对于人身的安全影响主要体现在两个方面,一方面是由于接地方式不同,单相接地时的入地电流不同,而引起地电位抬高、接触电压过大而使人发生触电的事故;另一方面是由于人体直接接触带电线路而发生触电的事故,从前面的分析得出,中性点经小电阻接地这种方式与不接地或经消弧线圈接地方式相比具有一定的优势。

(下转第 55 页)

仅有 SCADA 量测量的状态估计的区别主要包括:

1) 量测量的冗余度不同: 传统状态估计的量测量只是通过 SCADA 量测系统获得, 冗余度较低, 系统中存在关键量测量; 而混合量测状态估计的量测量包含 SCADA 量测量和 PMU 量测量, 冗余度高, 不存在关键量测量。2) 估计方式不同: 传统状态估计只通过非线性状态估计获得估计结果, 估计结果精度不高; 而混合量测状态估计方法将利用非线性状态估计结果和 PMU 量测信息进行二次线性状态估计, 状态估计结果的精度大大提高。

混合量测状态估计方法的优点主要包括: 状态估计结果精度高, 能够检测关键量测量中出现的不良数据。不足之处在于需要进行两次状态估计, 需要多耗费一些时间。

4 结 语

充分利用 PMU 量测及 SCADA 量测值, 讨论并发展了一种基于 PMU/SCADA 混合量测的电力系统状态估计及不良数据检测方法。特别是当 SCADA 量测系统的关键量测量出现不良数据时, 通过 PMU 量测量增加系统冗余度, 同时利用二次线性状态估计更新残差协方差矩阵的方式来对 SCADA 量测量中的关键量测量中的不良数据进行检测, 通过 IEEE 30 节点系统对该方法进行了试验, 效果较好。

(上接第 43 页)

1) 不接地或经消弧线圈接地系统改成经小电阻接地这种方式, 不会由于入地电流增大而对低压 (380/220 V) 用户造成种种电气危险。

2) 由于人体直接接触带电线路而发生触电这种方式与中性点的接地方式并没有绝对的关系; 而与触电者接触带电体的方式及触电后脱离的时间有着密切关系, 对于北京的配电线路而言, 由于电缆的大量使用(四环以内主要以电缆为主), 裸架空线换成了绝缘线等因素, 四环以内配电系统采用中性点经小电阻接地与不接地或经消弧线圈接地有一定优势。

参考文献

[1] 朱仲鸣. 6~35 kV 电缆系统采用中性点经电阻接地[J]. 电力安全技术, 1996(5).

参考文献

[1] 李从善, 刘天琪, 李兴源, 等. 用于电力系统状态估计的 WAMS/SCADA 混合量测数据融合方法[J]. 高压技术, 2013, 39(11): 2686-2691.
[2] 刘晓义, 宋佳音, 蒋辉雄, 等. 基于 PMU/SCADA 混合量测的电力系统状态估计[J]. 电测与仪表, 2012, 49(559): 11-15.
[3] 薛辉, 贾清泉, 王宁, 等. 基于 PMU 量测数据和 SCADA 数据融合的电力系统状态方法[J]. 电网技术, 2008, 32(14): 44-49.
[4] 李强, 周京阳, 于尔铿, 等. 基于混合量测的电力系统状态估计混合算法[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(19): 31-35.
[5] G. N. Korres, N. M. Manousakis. State Estimation and Bad Data Processing for Systems Including PMU and SCADA Measurements[J]. Electric Power Systems Research 2011(81): 1514-1524.
[6] P S Castro Vide, F P Maciel Barbosa, I M Ferreira. Combined Use of SCADA and PMU Measurements for Power System State Estimator Performance Enhancement[C]. Energetics (IYCE), Proceedings of the 2011 3rd International Youth Conference on. IEEE, 2011: 1-6.
[7] R. F. Nuqui, A. G. Phadke. Hybrid Linear State Estimation Utilizing Synchronized Phasor Measurements[J]. Power Tech, 2007 IEEE Lausanne, 1665-1669.

作者简介:

许勇(1988), 硕士研究生, 主要研究方向为电力系统状态估计。

(收稿日期: 2015-03-09)

[2] M. Clement, D. Daniel, J. Borgeal. Developments in MV Neutral Control at Electricite De France[J]. Cired 1991 (2): 14.
[3] 中国电机工程学会, 高压专委会, 过电压与绝缘配合分专业委员会. 过电压讨论会论文集[C]. 1997.
[4] 贺景亮. 电力系统电磁兼容[M]. 北京: 水利电力出版社, 1993.
[5] DL 5033-94 送电线路对电信线路危险影响设计规程[S].
[6] DL/T 5063-1996 送电线路对电信线路干扰影响设计规程[S].

作者简介:

崔东君(1984), 工学硕士, 工程师, 主要从事供电方案制定、工程组织方面的工作。

(收稿日期: 2015-03-29)