

论35kV及以下高供高计计量方式

程海斌，贾建东

(江苏省电力公司职业技能训练基地，江苏 连云港 222069)

摘 要：通过对《电能计量装置技术管理规程》(DL448-2000)的深入学习，结合江苏电力的实际情况，对当前电能计量工作中，如何根据系统的中性点接地方式，合理选择电能计置装置的计量方式，进行了具体分析，提出了与规程不同的看法，希望能够起到抛砖引玉的作用，引起广泛的讨论，彻底解决工作中出现的 35 kV 及以下高供高计一概采用三相四线计量方式的问题，确保电能计量的安全、合理、准确。

关键词：计量方式；电压不平衡；三相三线制；接线方式

0 引言

在实际工作中，我们不断发现采用三相四线计量方式计量的 35kV、20 kV 和 10kV 系统，二次电压存在不平衡现象，甚至多次导致高压熔断器烧断，问题一直得不到彻底解决。本文在大量现场实验的基础上通过详尽的数据与理论分析，对 35kV 及以下高供高计计量方式进行了探讨。

1 DL/T448-2000《电能计量装置技术管理规程》中，关于计量方式的规定和说明

接入中性点绝缘系统的电能计量装置，应采用三相三线有功、无功电能表。接入非中性点绝缘系统的电能计量装置，应采用三相四线有功、无功电能表或 3 只感应式无止逆单相电能表。

(1) 电能计量装置的计量方式按被测电路的不同分为单相、三相三线、三相四线；按电压和电流的高低或大小分为直接接入和经互感器接入方式。常用的几种接线有：单相电路有功电能的测量接线、三相三线电路有功电能的测量接线、三相四线电路有功电能的测量接线、三相有功和无功电能的联合测量接线。

(2) 《电能计量装置技术管理规程》对于中性点接地方式采用了“中性点有效接地”和“中性点非有效接地”的定义。电力系统的中性点接地方式是一个比较复杂的技术问题，究竟采用何种接地方式，要根据整个电力系统的技术参数确定。因此，电能计量装置的计量方式也应与其相适应。

一般接地方式有以下三种：

1) 中性点绝缘系统——即一个系统，除了通过具有高阻抗的指示、测量仪表或保护装置接地外，无其他旨在接地的连接。

2) 共振接地系统(经消弧线圈接地的系统)——经电抗器接地的系统，在单相对地故障中，其电抗值应使通过该电抗器的工频感性电流基本上与接地故障电流的容性分量相抵消。在共振接地系统中，其故障电流值限制到能使空气中的故障电弧自行熄灭。

3) 中性点接地系统——一个系统，其中性点是直接接地的，或者是经过一个相当小的电阻或电抗接地的系统。此电阻或电抗值应小到能抑制暂态振荡，且又能给出足够的电流供选择接地故障保护用。在中性点接地系统中，对于三相系统某一指定位置，根据其接地系数是否超过 80%，分别叫作中性点非有效接地系统(超过 80%)或中性点有效接地系统。

当三相电流不平衡时，用三相三线计量方式会造成电能计量误差，必须用三相四线计量方式。在中性点绝缘系统中，三相电流是平衡的，一般三相三线计量方式不会产生电能计量误差。在共振接地系统和中性点接地系统中，有可能出现三相电流不平衡的现象，因此应采用三相四线计量方式。

为区分这两种情况，《电能计量装置技术管理规程》将中性点接地方式分成了中性点绝缘系统和非中性点绝缘系统两种方式。非中性点绝缘系统包括了上述共振接地系统和中性点接地系统。

2 “接入非中性绝缘系统的电能计量装置，应采用三相四线制”，这句话值得商榷

2.1 非中性点绝缘系统划分的疑问

非中性点绝缘系统包括了共振接地系统和中性点接地系统,这样的划分过于笼统,没有体现出共振接地系统、中性点有效接地和中性点非有效接地的区别。

中性点直接接地的条件,就是当系统发生单相接地故障时,健全相的电压应处在 80%阀型避雷器的保护范围以内,即不得大于 1.4 倍额定电压。接地系数 K_x (零序电抗与正序电抗之比,即 $K_x=x_0/x_1$) 愈大,则健全相上的电压升高倍数也愈大。

2.2 “当三相电流不平衡时,用三相三线计量方式会造成电能计量误差,必须用三相四线计量方式。”的疑问

采用三相三线制计量方式,正确计量三相系统的前提是:三相电路3个线电流瞬时值的代数和为零,即 $i_A+i_B+i_C=0$ 。只要满足这一条件,就能正确计量。

在现场具体应用中,除了当系统中该电压等级的电源和负载都是星形接线,且中性点非绝缘(Y_0)时,必须采用三相四线制计量外。其它如以下情况:

(1)当系统中该电压等级的电源和负载都是星形接线,但其中有一个中性点绝缘(Y)时,可采用三相三线制计量。

(2)当系统中该电压等级的电源和负载都是星形接线,但中性点绝缘(Y)时,须采用三相三线制计量。

(3)当系统中该电压等级的电源和负载其中有一个是三角形接线时,可采用三相三线制计量。

(4)当系统中该电压等级的电源和负载都是三角形接线时,可采用三相三线制计量。

在以上情况下,系统不管是不是中性点绝缘系统,都可采用三相三线制计量。这是由于在三相电路中 3 个线电流瞬时值的代数和为零。

瞬时功率

$$\begin{aligned} P &= u_A i_A + u_B i_B + u_C i_C = (u_A - u_B) i_A + (u_C - u_B) i_C \\ &= u_{AB} i_A + u_{CB} i_C \end{aligned}$$

所以说,在当前存在的消弧线圈接地等非有效接地系统的计量方式,必须采用三相四线制计量的说法,并不科学,不能一概而论,而必须结合电源和负载的接线情况,合理地选择。

3 非有效接地系统的计量方式,采用三相四线制计量,所带来的问题

3.1 电压互感器中性点安装消谐线圈

对于客户端使用 20kV、35kV 电压互感器接线不同于 110kV,110kV 变压器中心点直接接地,使用专用电抗器,不易产生谐振。而 20kV、35kV 中心点经消弧线圈接地,容易产生谐振,为了防止系统产生谐振,一般在电压互感器中心点安装消谐线圈,但这样使得电压互感器中心点不能直接接地,如果电压互感器各相阻抗不一致或者各项电压不平衡存在扰动,就容易产生电压零点漂移。对于一般 20kV 系统,其基本结构与 35kV 大致相同,为中性点经消弧线圈接地的电力系统。在中性点不接地的电力系统中,有两种情况可能导致铁磁谐振。一种情况是在一相接地时,如果接地电流较大,将出现断续电弧,这可使线路发生电压谐振现象,在线路上形成一个 R-L-C 的串联谐振电路,从而使线路上出现危险的过电压(可达相电压的 2.5-3 倍),导致线路上绝缘薄弱点的绝缘击穿。为防止一相接地时接地点出现断续电弧,引起过电压,在单相接地电容电流大于一定值的电力系统中,电源中性点必须采用经消弧线圈接地的运行方式。这种方式的最大优点是系统发生单相接地故障时,系统还可以运行 2h。在这期间系统接地故障随时都可能自动消除,系统恢复正常运行,这样就避免了频繁发生的单相接地故障时的操作,减少了操作次数,提高了供电的连续性。另一种情况是当系统有操作或故障(或扰动)时,电压互感器对地电压升高,电压互感器一次线圈中出现涌流,涌流可能使铁芯深度饱和,其电感值随铁芯的饱和而减小。当电感值下降到一定程度($\omega L=1/\omega C$)时就可能与系统对地电容产生铁磁谐振,如图 2。谐振使得电网三相对地电压不稳定,常使两相电压升高,另一相对地电压降低。这种现象与系统出现单相非金属性接地故障的现象完全一致,不仅使运行人员难以区分,而且容易损坏弱绝缘设备而造成事故。一般通过在电压互感器接地端安装一只消谐线圈来防止铁磁谐振的发生。正是这个小小的消谐线圈导致计量电压中心点漂移,引起计量不准确。

3.2 加装消谐器后产生 3 次谐波和电压不平衡

在实际工作中,不断发现采用三相四线计量方式计量的 35kV、20 kV 系统,二次电压存在不平衡现象,其中一用电量大的 35kV 用户故障现象明显,甚至多次导致高压熔断器烧断,问题一直得不到彻

底解决。对于电压异常的用户，我们进行多次现场测试与比对。通过测试数据我们发现：所测的相电压中 3 次谐波含量比较高，谐波电压总畸变率与 3 次含有率接近，并且 U、V、W 三相 3 次谐波含量的数值接近，相位相同，也就是说 3 次谐波为零序性质，明显不正常。其理由有两点：(1)附近无突出的 3 次谐波源，何来如此高的 3 次谐波电压。正常情况下局部电网中 3 次谐波过高一般可以找到合理的原因，如电铁负荷、电容器 3 次谐波放大等，而且所测的 3 次谐波很少为零序性质；(2)电力系统中各电压等级通过变压器连接，20kV、35kV 变压器高压绕组通常为三角形，3 次零序性质的谐波是不能通过变压器的，也就是说 3 次零序性质的谐波在电网中因变压器的阻隔只能在局部存在，而实际中当电压互感器中性点接有消谐器，很多时候都会出现所测 3 次零序谐波电压异常高的情况。当端电压为正弦波时，现场测试数据为 $U_a=59.2V$ ， $U_b=61.8V$ ， $U_c=60V$ ，三相电压明显不平衡，且 3 次谐波严重。35 kV 及以下因为电压互感器中性点安装消谐器，消谐器的阻抗约为 0.5M，3 次谐波电流通过消谐器必然产生一个电压降，从而使中性点漂移，导致二

次电压不平衡。

4 结论

一般来讲，110kV 及以上的电力系统均为非中性点绝缘系统，电能计量装置应采用三相四线计量方式。3~66kV 系统则大多可归为中性点绝缘系统，电能计量装置采用三相三线计量方式。但实际情况比较复杂，应根据电网的实际接地方式，确定其采用何种计量方式。

参考文献：

- [1] 冯隆基.35kV、20kV 三相四线接线引起电压不平衡故障探讨[J]. 江苏省电力行业职业技能鉴定中心-技师园地，2009.

作者简介：

程海斌（1967—），男，江苏连云港人，高级技师，国网公司技术能手，从事电能计量工作；

贾建东（1969—），男，江苏连云港人，高级技师，工程师，从事技能培训工作。