

配电变压器过流保护配置分析及完善方法

麻洪儒¹, 谭敦生¹, 佟科¹, 张柏军²

(1. 东北电力学院电力工程系, 吉林 吉林 132012; 2. 妈湾电厂, 广东 深圳 518052)

摘要: 随着国民经济的迅速发展, 电力需求日益增加, 安全可靠供电显得越来越重要。用户对电能质量及年可靠供电时间有了更高的要求, 除了提高配电网系统自动化水平外, 对现场常用 Y/Y₀ 接线和 /Y₀ 接线的配电变压器, 选择适应系统特点的继电保护装置显得更为突出。由于诸多城市小区智能楼宇的兴起, 大型厂矿企业等用电大户基本上都应用这两种方式供电, 致使传统的熔断器和继电器保护上下级之间的电流定值难以配合, 常常造成短路容量增加。该文通过对不同接线方式配电变压器的分析, 进行模拟现场实验, 确定出在使用上述配电变压器时, 在保持传统低压配电系统的过流保护的同时, 又能使保护装置快速有效的动作, 这样使事故率大大降低, 提高了供电质量。

关键词: 变压器; 过流保护; 整定计算

中图分类号: TM772 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2002)10-0066-03

1 引言

尽管配电网中变压器运行事故有所下降, 但因短路损坏的事故仍有发生。国内外变压器运行事故表明, 短路事故是引起变压器损坏的主要原因之一。对配电变压器的保护(熔断器型、继电器型)的容量选择, 必不可少地用到短路电流的整定计算。该文通过大量现场实验和理论分析, 对 Y/Y₀ 接线和 /Y₀ 接线两种接线方式下的配电变压器过流保护问题进行分析, 并提出解决相应问题的保护措施。

2 断路器型保护

一般变压器容量在 350 kVA 以下时, 均采用熔断器保护, 通常高压侧使用户外跌落式熔断器作过流保护, 而低压侧用熔断器作过负荷保护。在选择跌落式熔断器额定容量时, 既考虑其上限开断容量, 又要考虑其安装地点的最大短路电流。这时跌落式熔断器的下限开断容量一般为额定容量的 10% ~ 20%。若熔断器的额定容量选择过大, 其下限的开断值也相应增大, 这不利于切断小故障电流。当考虑到高压侧熔断器作为变压器内部故障主保护之后, 并包括低压套管到熔断器(或空气开关)一段引线, 而且作为低压熔断器的后备保护, 应以低压出口短路电流作为短路电流最小值来选择其下限开断容量。为保证熔断器动作的灵敏度和选择性的要求, 高、低压侧熔体保持合理的比例关系, 以防止变压器线圈烧毁。选用的低压熔体额定电流值可等于或大于变压器额定电流值, 当高压熔体的容量在 15 ~

400 kVA 之内时, 可按其额定电流的 1.5 ~ 2 倍选择, 150 kVA 以下可按变压器额定容量的 2 ~ 3 倍选择。

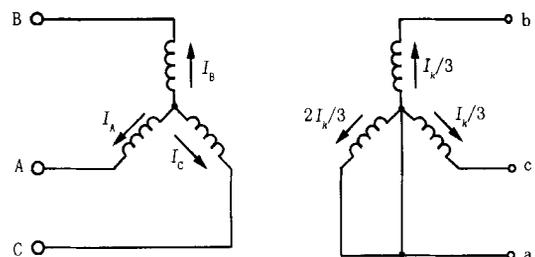
3 继电器保护

3.1 Y/Y₀-12 接线的变压器过流保护

至今大多数配电变压器都系 Y/Y₀-12 接线, 构成三相四线制供电。变电所为交流操作, 采用断路器控制, 多数选择两相或三相过流保护, 继电器保护为反时限型, 它的优点是保护简单、经济, 而且占地面积小。对于低压侧单相短路或单相接地保护, GB 62-83《工业与民用电力装置的断路器保护和自动装置设计规范》规定, 应采用下列保护之一:

利用高压侧的过电流保护, 此时保护装置宜采用三相式以提高灵敏性。

接于低压侧中性线上的零序电流保护。



I_k 为短路电流; K 为变压器变比。

图 1 Y/Y₀-12 低压侧单相接地短路

Fig. 1 Single-phase ground short-circuit on LV side of Y/Y₀-12 connected power transformer

接于低压侧的三相式电流保护。但即使在高压侧装三相式过电流保护, 有时还不能满足灵敏性

的要求,现举例说明:

Y/Y₀-12 变压器当低压侧发生单相接地短路时,流经高压侧的穿透电流可以从图 1 计算出来。

当发生单相短路时,实际流过 a 相的电流仍为 I_K ,流过 b 相和 c 相电流仍为零。虽然在 b 相和 c 相绕组中实际流过的相电流虽然为零,但它们的对称分量却并不为零。因为在原方绕组没有中线联接,零序电流不能在原方绕组流通。于是,得原方的各相电流为

$$I_A = I_{A1} + I_{A2} = -2I_K/3$$

$$I_B = I_{B1} + I_{B2} = I_K/3$$

$$I_C = I_{C1} + I_{C2} = I_K/3$$

零序电流只能在副方绕组中流通,因而将在铁芯中激励零序磁通 ϕ_0 。 ϕ_0 在各相中为同相且相等。它的存在将使三相磁通成为一个不对称系统,由于感应电势是和磁通成正比的,各相感应电势也就成为不对称系统。当外施三相对称电压,由于副方不对称,相电压的中点电位将从电压三角形的几何中点向上移动,而使 a 相的相电压下降,如图 2 所示。

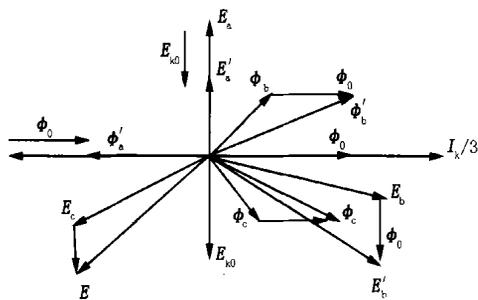


图 2 Y/Y₀-12 联接组变压器在单相短路时的矢量图

Fig. 2 Vector diagram of single-phase short-circuit of Y/Y₀-12 connected power transformer

图 2 中: ϕ_a 、 ϕ_b 、 ϕ_c 为三相主磁通; E_a 、 E_b 、 E_c 为三相感应电势; E_{K0} 为零序电势; I_K 为短路电流; ϕ_0 为零序主磁通。

当变压器发生单相接地短路故障后,变压器的高、低压两侧短路电流可按式求得

$$I_K = U / \sqrt{3} Z_N = U / \sqrt{3} (R_N^2 + X_N^2)$$

式中: U 为电网额定电压 V; R_N 为相零回路的总电阻; X_N 为相零回路的总电抗 mH; Z_N 为相零回路的总阻抗。

此时高压侧使用三相式过电流保护装置可按短路电流 $2I_K/3$ 考虑,而两相式过流保护都按 $I_K/3$ K

来检验。实验证明使用三相式过流保护装置可提高灵敏度。

由上述可知,在三相四线制低压电网中零序阻抗是相线零序阻抗与零线的 3 倍零序阻抗之和。相零回路阻抗与各序阻抗的关系一般为

$$\begin{cases} Z_N = (Z_1 + Z_2 + Z_0)/3 \\ R_N = (R_1 + R_2 + R_0)/3 \\ X_N = (X_1 + X_2 + X_0)/3 \end{cases} \quad (1)$$

Y/Y₀-12 变压器的零序阻抗,因与所使用的材料及结构形式有较大关系,应通过实测求得,其值比正序阻抗大得多。根据式(1),并通过实验计算,安装在短路容量为 100 MVA 处 SJL₁-560/10 ($U_K = 4\%$, $P_K = 8.99$ kW) 和 SLJ₁-1000/10 ($U_K = 4.5\%$, $P_K = 13.93$ kW) 两种配电变压器,低压母线单相接地的短路电流 $I_{K1} = 4.226$ kA 和 $I_{K2} = 7.95$ kA。计算电路如图 3 所示。

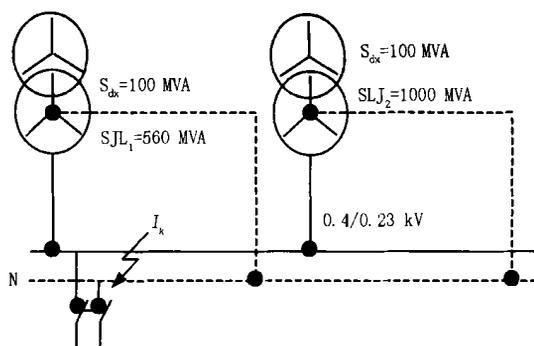


图 3 计算电路

Fig. 3 Calculation circuit

在上述变压器的高压侧安装过流保护装置,当选用 100/5 的电流互感器和 CL-11 型继电器,其动作电流按常规公式计算。 I_K 为 7 A 和 9 A,即一次动作电流为 140 A 和 180 A。利用高压侧三相过流保护作低压单相接地保护时,其灵敏度对 560 kVA 变压器为

$$K = I_K / I_{K2} = \frac{2}{3} \times \frac{4226}{10/0.4} \times \frac{1}{140} = 0.81 < 2$$

对 1 MVA 变压器为

$$K = \frac{2}{3} \times \frac{7950}{10/0.4} \times \frac{1}{180} = 1.17 < 2$$

由此可见,利用高压侧的三相式过流保护装置,作低压单相接地保护时,对 560 kVA 和 1 MVA 的变压器,均不能满足灵敏系数的要求。也就是说,当该变压器低压绕组发生单相接地的内部故障时,保护装置可能不动作,以致烧坏变压器绕组。同时还容易发生触电事故,造成不安全因素。为安全起见,经

计算,除利用高压侧过流保护能满足要求外,应按规定在低压侧另装保护或在低压侧中性线上安装零序电流保护。若高压断路器动作,其动作电流可按中性线不平衡电流不超过变压器额定容量的25%进行整定。例如对560 kVA变压器零序电流互感器变比为200/5时,动作电流为: $I_{k2} = K \times 0.25 I/N = 1.2 \times 0.25 \times 850/40 = 6.4$ A。这样可以取7 A。保护装置一次动作电流240 A,其灵敏系数为: $K_{IN} = 4226/280 = 15.09 > 2$,这样可选用GL—11/10型继电器保护装置的时限比下一级增加0.5 s。

目前,供电系统实际运行中,对Y/Y₀配电变压器低压侧中性线加装零序电流保护认识程度还不够,设计部门也存在此类情况。甚至有的运行部门存在加装此保护而没有投入运行的现象,从而留下事故隐患。加装零序电流保护是非常重要的,应引起足够重视。

3.2 /Y₀ 接线变压器的过电流保护

这种接线适合变电室设计在高层建筑里,然而城市建设不断向高层发展,为了防火、防爆等一些要求,一般选取/Y₀-11接线,是干浸式变压器,它的优点是:(1)结构简单,占地面积小;(2)高压侧采用三角接法,滤掉了由照明设备和镇流器产生的大量三次谐波,以防谐波干扰电网。(3)由于/Y₀接线变压器的零序电抗等于正序电抗,对于低压侧单相接地短路问题,高压侧加装三相式过电流保护,其灵敏度就可以满足要求,接线如图4所示。

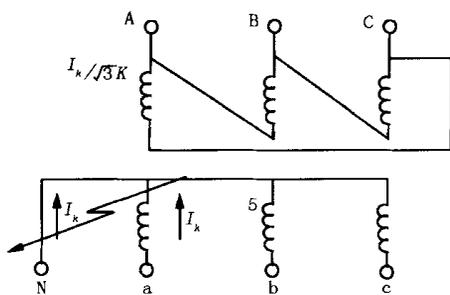


图4 /Y低压侧单相短路

Fig. 4 Single-phase short-circuit on LV side of /Y connected power transformer

/Y₀—11变压器当低压侧单相短路时,流经高压侧的穿透电流可以从图4得出,低压侧接地或单相短路时,在高压侧三相式过流保护按 $I_k/\sqrt{3} K$ 来检

验。

如安装在短路容量为134 MVA处的SCR—1600/10($U_k = 5.55\%$, $P_k = 13.9$ kW),DYN—11配电变压器,低压侧母线单相接地的短路电流 I_k 为36.4 kA,当变压器高压侧选用200/5的电流互感器其过电流保护动作值按常规公式计算, I_{k2} 为7 A,即一次动作电流为280 A。则灵敏度为

$$K_M = \frac{36400}{10/0.4} \times \frac{1}{280} \times \frac{1}{\sqrt{3}} = 3.0 > 2$$

4 结论

根据低压配电系统特点,保护装置应根据不同场合,有不同的保护配置,有时不需要加装保护装置,就不必加装,因此将变压器保护分成主保护及后备保护,这些都要根据设备电流速断保护类型,设置为高低限动态电流定值要求而定,以提高灵敏度。对于Y/Y₀—12接线的配电变压器,当低压侧发生单相接地短路,高压侧的三相式过电流保护灵敏度不能满足要求时,应在低压中性线上加装零序电流保护,而/Y₀—11接线的配电变压器高压侧过流保护灵敏度能满足要求,低压中性线上不必加装零序电流保护装置。

参考文献:

- [1] 航天工业部第四设计院. 工厂配电设计手册[M]. 北京:水利电力出版社,1987.
- [2] GB 62—83,工业与民用电力装置的继电保护和自动装置设计规范[S].
- [3] 尹其云. 对当前继电保护运行方面几个问题的分析[J]. 电力系统自动化,1999,3(23).
- [4] 晏家进. 变压器中性点的过电压保护问题[A]. 广西电机工程学会94~95年论文集[C]. 1995.

收稿日期: 2002-03-09;

修回日期: 2002-06-26

作者简介:

麻洪儒(1954-),男,高级工程师,研究方向为电气工程、电力拖动及自动保护装置;

谭敦生(1956-),男,高级工程师,研究方向为电气工程、可编程控制及应用;

佟科(1956-),男,工程师,研究方向为电工技术及低压电气研究。

线不得接有可能断开的断路器或接触器等。

不难理解,若 TV 在开关场多点接地,当发生接地故障时,开关场铁质地网各点电位差很大,势必造成 TV 各个接地点电位的浮动,二次电压发生畸变,畸变的电压引入继电保护装置即可能引起阻抗元件拒动或误动。而采取变电所内几组 TV 二次回路的中性线,在室内 N600 小母线连接在一起,牢固焊接在接地小母线上,则避免将开关场的地电位差引入保护装置,从而排除保护不正确动作的可能性。

3.6 电压互感器二次回路和三次回路相互独立

对于电压互感器,过去传统的接线是 TV 二次回路和三次回路的中性线公用一根电缆芯接到 N600 小母线上,对于常规保护而言也未发现不足之处,且一直在系统内应用。随着微机保护的广泛使用,其应用自产 $3U_0$ 来实现接地方向保护的特点使 TV 公用中性线可能造成零序方向保护误动的危害也暴露出来。由于二次和三次回路中性线共用一根电缆,使得微机保护自产 $3U_0$ 受到了三次回路 $3U_0$ 的影响,其影响主要由三次回路的负载电阻及共用电缆芯的电阻所决定。公用中性线,则可能使微机保护自产 $3U_0$ 和三次回路的 $3U_0$ 反向,从而造成接地零序方向保护正方向拒动,反方向误动的后果。

4 几点体会

(1) 以上都是在安庆供电局各变电所认真落实的抗扰度措施。目前微机保护及变电所综合自动化技术已在系统内普及,结合在工作中遇到的实际问

题和近年来电力系统各部门下发的安全简报及事故通报的学习和讨论,使我们深刻认识到抗扰度措施的落实对于微机保护的安全运行乃至整个电网安全的重要性,只有真正理解了抗扰度问题,认真落实抗扰度措施中的每一个环节,才能为微机保护创造良好的运行环境。

(2) 由于保护屏接地线悬而未接或保护屏内接地小铜排接地不紧固等变电所接地网状况不好,造成微机保护元器件损坏甚至主变、母线等重要设备跳闸事故在系统内常有发生。教训是深刻的,更重要的是要总结经验,提高对变电所抗扰度问题的认识,并加强防范意识,真正做到防患与未燃。

(3) 随着研究的深入,变电所的抗扰度措施也会进一步完善。新技术的运用,必然会给抗扰度增添新的内容,作为继电保护专业人员应该不断实践与研究,共同担负起电网安全运行的重任。

参考文献:

- [1] 国家电力调度通信中心. 电力系统继电保护实用技术问答(第二版)[M]. 北京:中国电力出版社,1999.
- [2] 国家电力调度通信中心. 电力系统继电保护规定汇编(第二版)[M]. 北京:中国电力出版社,1999.

收稿日期: 2002-04-08

作者简介:

钟成元(1973 -),男,助理工程师,从事继电保护安装、调试和运行维护工作。

Discussion on the measures of anti interference in substation

ZHONG Cheng yuan

(Power Dispatch Department of Anqing Electric Power Bureau, Anqing 246003, China)

Abstract: This paper analyzes the main source of interference in secondary circuit and the influence on the microcomputer based protection in substation. Measures of anti-interference in substation is given, which include using the shielded cable correctly, arranging ground connection into equal electric potential, improving the high frequency channel, the secondary circuit of CT and PT has only one ground point respectively. The secondary circuit and the third circuit are mutually independent. For safe operation in microcomputer protection, it is important to put these anti-interference measures into practice.

Key words: substation; anti-interference; measure; shield; earthing

(上接第 68 页)

- (1. Electric Power Department of North East China Electric Power Institute, Jilin 132012, China;
2. Power Plant of Ma Wan, Shenzhen 518052, China)

Abstract: Electric power demand increase with the development of national economy. In this circumstance, secure and reliable power supply become more important. The costumers have higher requirement for power quality and reliability. In addition to improving automation of power distribution, the reasonable relaying for distribution transformers is necessary. This paper gives an analysis to various connection of power transformer and determines a protection scheme that in condition of keeping the traditional overcurrent relaying, improves the effective operation. Therefore, decrease the fault occurring probability, and increase the quality of power supply.

Key words: transformer; overcurrent protection; adaptive setting