

接地变兼站用变短路阻抗基准侧的选取与保护

辛志磊

北京新亚盛创电气技术有限公司, 北京 100089

[摘要]从本质上介绍了不接地系统到电阻或消弧线圈接地系统的演变过程;引出了接地变和接地变兼站用变的概念,解释了接地变、接地变兼站用变的构造和原理;遵照国家标准,并借鉴项目经验,总结了通过接地变兼站用变铭牌参数确定短路阻抗选取基准侧的方法,并且结合实例给出了详细的解释推导,奠定了接地变兼站用变的短路电流计算,继电保护整定计算的计算基础;基于确定基准侧后的短路电流计算,分析了接地变兼站用变与普通接地变的速断保护整定计算的差异,分别从躲过变压器低压侧出口三相短路,躲过变压器空载合闸与外部短路故障切除电压恢复可能出现的最大励磁涌流,躲过区外单相接地时流过接地变压器的最大故障相电流,并保证接地变压器电源侧在最小方式下两相短路时有足够灵敏度四项原则分析计算了接地变兼站用变的速断保护整定值;区分了接地变兼站用变与普通接地变的整定原则,总结了相关实践经验。

[关键词]不接地系统;消弧线圈接地;低电阻接地;接地变兼站用变;短路阻抗;速断保护

DOI: 10.33142/hst.v3i5.2654

中图分类号: TM77

文献标识码: A

Selection and Protection of Short Circuit Impedance Reference Side of Grounding Transformer and Substation Transformer

XIN Zhilei

Beijing Xinya Shengchuang Electrical Technology Co., Ltd., Beijing, 100089, China

Abstract: The evolution process from ungrounded system to resistance or extinction coil grounding system is introduced in essence. The concepts of grounding transformer and grounding transformer combined with station transformer are introduced and the structure and principle of grounding transformer and station transformer are explained. According to national standards and referring to project experience, the method of determining short-circuit impedance and selecting reference side through nameplate parameters of grounding transformer and station transformer is summarized based on the calculation of short-circuit current after determining the reference side and the differences of quick break protection setting calculation between the grounding transformer and the common grounding transformer are analyzed, which can avoid the three-phase short-circuit at the outlet of the low-voltage side of the transformer. The maximum inrush current can be recovered by the voltage of no-load closing and external short-circuit fault clearing, avoiding the maximum fault phase current flowing through the grounding transformer when the single-phase grounding outside the zone is avoided and sufficient sensitivity is ensured when two-phase short-circuit occurs at the power supply side of the grounding transformer under the minimum mode. The setting value of quick break protection of grounding transformer and station transformer is analyzed and calculated, the grounding is distinguished and the setting principle of substation transformer and common grounding transformer is summarized.

Keywords: ungrounded system; extinction coil grounding; low resistance grounding; grounding transformer and station transformer; short circuit impedance; quick break protection

引言

我国石油化工等行业 10kV~35kV 中压配电系统的接地运行方式一般为不接地运行方式。工厂中的动力主配电变压器接线组别一般为 Y- Δ 接法,三角形侧一般为 6kV、10kV、35kV 系统。当三角形侧系统发生单相接地故障时,该侧三相线电压的对称性没有被破坏,仍能保证受电用户的供电连续性。但是,不接地系统在发生单相接地时,会产生接地电容电流。标准规定,单相接地电容电流不能超过 10A,否则接地电弧不能可靠熄灭,产生弧光过电压,幅值甚至达到 3.5 倍的相电压。所以,当单相接地电容电流超过 10A 时,为了抑制弧光接地过电压,就必须改变不接地系统的接地方式,广泛采用的方法是在中性点不接地系统的中压母线上人为地制造出一个中性点,即配置接地变压器或接地变兼站用变。经接地变中性点接地有两种方式:一是如果电缆线路较少,且对供电可靠性要求较高时,一般采用经消弧线圈接地的方式;二是如果电缆线路较长,且对电力设备的安全性要求较高时,一般采用经电阻接地的方式。

1 接地变压器

接地变压器构造基理:

接地变压器也称 Z 型变压器、曲折型变压器。通常只有高压绕组, 当其兼作站用变压器使用时, 会配置二次绕组。一次绕组采用 Z 型接法, 二次绕组采用 yn 接法, 用以满足低压三相四线(五线)制系统的供电要求。接地变高压绕组因其设计结构的特殊性, 当中压系统单相接地时, 正序和负序电流受到的阻碍作用很大, 接近断路状态; 零序电流基本不受阻碍, 接近短路状态。接地变通过高压绕组的这种特殊结构, 巧妙地人为制造出一个中性点, 且尽可能的消除了接地变自身对接地电流的影响。这样, 极大地方便了接地方式的自由度选择, 降低了过电压发生的概率, 以及过电压对设备损坏的概率, 同时也满足了继电保护可靠性和灵敏性的平衡。

接地变压器原理图:

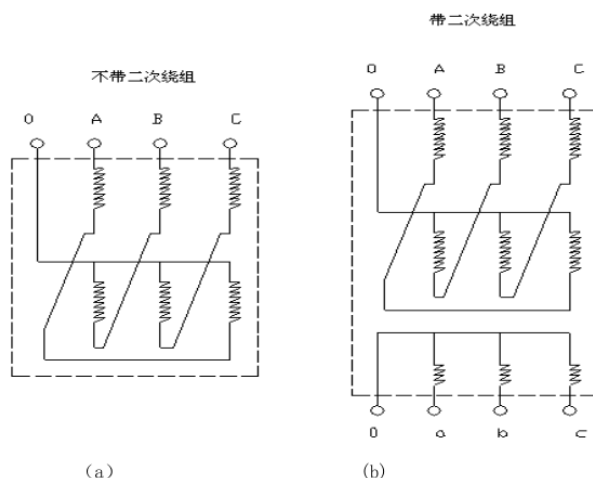


图 1 三相 Z 型接地变压器接线原理图

2 接地变兼站用变短路阻抗基准侧的选取

2.1 接地变兼站用变的短路阻抗

变压器的阻抗主要是绕组间的漏电抗, 其大小与变压器的电压比、结构、型式和材料等有关。

接地变压器兼作站用电源使用时, 需要二次绕组降压。因其结构特殊, 考虑降低造价, 二次绕组的容量一般选择的比一次绕组小。接地变压器兼站用变的短路阻抗越小, 其自身的损耗越小, 电压质量也越高; 但短路阻抗不能太小, 否则接地电流会特别大, 对设备选型和接地变本身都会产生影响。一般情况下, 短路电流的稳定值应不超过低压侧绕组额定电流的 K 倍, K 的数值按下式计算, 但不应超过 25 倍。

假设接地变兼站用变铭牌的阻抗电压以高压侧容量为基准给出, 则

$$U_d \% = \frac{I'_{1e}}{I_\infty}$$

$U_d \%$ ——阻抗电压百分值;

I_∞ ——短路电流稳定值 (A);

I'_{1e} ——归算至低压侧的高压绕组额定电流 (A)。

确定了阻抗电压之后, 可以计算出短路电流稳定值 I_∞ 。

根据规范要求:

$$K = \frac{I_\infty}{I_{2e}} \leq 25$$

式中: K——短路电流的稳定值与低压侧绕组额定电流之比;

I_{2e} ——低压侧绕组额定电流 (A)。

2.2 实例分析

以下表某化工厂的接地变兼站用变为例:

表 1 接地变兼站用变参数表

型号	DKSC-630/10.5-200/0.4		
额定电压	10500/400V	绝缘等级	F 级
使用条件	户内	额定频率	50Hz
额定容量	630/200KVA	冷却方式	AN
产品代号	1HB.720.	联接组标号	ZNyn11
阻抗电压	15.3	零序阻抗	3.23
相数	3 相	总重	1650KG
绝缘水平	LI75 AC35 LI10 AC3	出厂序号	150308
出厂日期	2015.03		
生产厂家	天津市天变航博电气发展有限公司		

由上表知:

$$U_d \% = 15.3\%$$

$$I_{2e} = \frac{200}{0.4 \times \sqrt{3}} A = 288.6A$$

$$\text{可得, } I_{\infty} = \frac{I_{1e}}{U_d \%} = \frac{630}{0.4 \times \sqrt{3}} A \times \frac{100}{15.3} = 5941.7A$$

$$K = I_{\infty} / I_{2e} = 5941.7A / \frac{200}{0.4 \times \sqrt{3}} A = 20.588 \leq 25$$

假设成立, 满足要求。故可以确定该接地变兼站用变的阻抗电压是选取高压侧容量为基准侧计算得出的。这样假设是因为, 对于一个接地变兼站用变的变压器, 接地容量和站用容量确定后, $U_d \%$ 的有名值是唯一的。故低压侧(站用变侧)短路时, 短路电流也是唯一的。选取基准侧的不同导致了 $U_d \%$ 会出现两种值。一般的, 通过假设铭牌给定 $U_d \%$ 是以高压侧为基准容量侧的短路电压百分数, 用高压侧容量计算出低压侧电压下的额定电流除以 $U_d \%$ 求得短路电流, 再用短路电流除以站用容量在低压侧电压等级下的额定电流, 与 25 作比较, 如果大于 25 则假设不成立, 由此说明 $U_d \%$ 是以低压侧为基准容量侧的短路电压百分数。

选取站用变侧容量为基准时的 $U_d \%$ 为:

$$U_d \% = \frac{200}{0.4 \times \sqrt{3}} A / 5941.7A = 4.85\%$$

综上, 在计算短路电流时, 如果用普通变压器等效接地变, 应以高压容量配合其所对应的 $U_d \%$ 等效, 或是以低压容量配合相应的 $U_d \%$ 等效。

2.3 接地变兼站用变速断保护整定

在接地变兼站用变整定速断保护时, 与普通电力变压器不同, 接地变兼站用变整定需要考虑以下四个原则:

整定原则一: 按躲过变压器低压侧出口三相短路时流过保护的最大短路电流整定。

$$I_{set} = K_{rel} I_{k.max}^{(3)}$$

式中: K_{rel} ——可靠系数, 取 1.3;

$I_{k.max}^{(3)}$ ——接地变兼站用变低压侧出口三相短路时流过保护装置的最大短路电流。

整定原则二：按躲过变压器空载合闸与外部短路故障切除电压恢复可能出现的最大励磁涌流来整定。

$$I_{\text{set}} = K_1 I_N$$

式中： K_1 ——励磁涌流倍数 7~10。

整定原则三：按躲过区外单相接地时流过接地变压器的最大故障相电流来整定（仅有零序分量流经接地变，故取故障电流的 1/3）。

$$I_{\text{set}} = K_{\text{rel}} \times \frac{I_{\text{k.max}}^{(1)}}{3}$$

式中： K_{rel} ——可靠系数，取 1.3；

$I_{\text{k.max}}^{(1)}$ ——系统单相接地短路电流，

$$I_{\text{k.max}}^{(1)} = 3I_0 = \frac{3U_p}{3R + jX}$$

R ——中性点电阻值， Ω ；

X ——接地变每相零序阻抗， Ω 。

整定原则四：按保证接地变压器电源侧在最小方式下两相短路时有足够灵敏度来整定。

$$I_{\text{set}} = \frac{I_{\text{k.min}}^{(2)}}{K_{\text{sen}}}$$

式中： $I_{\text{k.min}}^{(2)}$ ——小方式下，接地变高压侧出口故障，流过保护装置的最小两相短路电流。

3 结论

在对普通电力变压器进行速断保护整定时，我们通常只考虑按照原则一和原则二来整定，原则四来校验。与普通变压器不同，接地变兼站用变的速断保护整定需要比较低压侧三相短路时流过高压侧的短路电流与中性点直接接地短路时流过接地变短路电流的大小。结合 2.2、2.3 节可知，当接地变压器的二次绕组容量与一次侧绕组容量相差较大时（ ≥ 3 倍），站用变侧三相短路时流过高压侧的短路电流比中性点直接接地短路时流过接地变短路电流小得多。此时，接地变压器的速断保护定值和电力设备开关的遮断能力不在取决于短路阻抗值，而应按中性点接地短路电流来考虑。

【参考文献】

- [1] 俞俭书. 曲折形接地变压器阻抗电压的确定[J]. 供用电, 1994, 4(1): 19-20.
 - [2] 能源部西北电力设计院. 电力工程设计手册电气二次部分[M]. 北京: 水利出版社, 1989.
 - [3] 许凯. 接地变的参数确定和保护计算[J]. 机电工程技术, 2011, 40(7): 153-155.
 - [4] 朱晓露, 曹飞翔. 接地变压器容量的计算与选择[J]. 变压器, 2012, 49(8): 28-30.
- 作者简介：辛志磊（1990.9-），男，山西大同人，山西大学本科，主要从事电力系统潮流分析、稳定性计算和保护整定工作，助理工程师。