

(18) 94-100

配电网电压互感器中性点接地方式研究

卢盛和 冉龙明

(重庆市沙坪坝供电局, 重庆, 400043; 第一作者 54 岁, 男, 高级工程师)

TM451

TM862

摘要 通过对配电网中电压互感器(PT)中性点不同接地方式的对比分析, 经过对井口变电站 10 kV PT 中性点不同接地方式在线路接地时二次响应的现场实测, 研究结果表明在中性点不接地系统中, PT 中性点宜采用经单相电压互感器接地的方式。

关键词 电压互感器; 中性点 / 配电网; 接地方式

中国图书资料分类法分类号 TM573

0 引言

在 35 kV 及以下配电网, 系统中性点绝大多数以不接地方式运行, 为了监测系统的各相电压, 满足计量和保护的需要, 在变配电站母线上均装设了电压互感器(以下简称 PT), 并广泛采用 JSJW-10 三相三芯五柱式 PT 或三只单相 PT 且 PT 中性点直接接地的运行方式。由于诸多因素, 如线路瞬态接地、系统波动等, 经常出现电压升高, 造成 PT 高低压侧保险熔断, 甚至烧毁 PT, 此类情况先后在我局红槽房变电站 10 kV 和盘溪 35 kV 系统发生, 这不仅需要进行停电处理, 耗费人力、物力和财力, 同时还会影响供电可靠率和计量的正确性, 造成极大经济损失和不良的社会影响, 为此, 笔者对配电网电压互感器中性点接地方式进行了研究。

1 PT 中性点在不接地电网中的接地方式

众所周知, 在正常情况下, PT 的励磁阻抗是很大的, 网络对地电容 C_0 随着线路的增长和电缆线路的增多而不断增大, 网络对地呈容性, 系统三相基本平衡, 中性点位移很小^[1]。但是系统发生扰动, 如线路单相弧光接地等情况时, 因 PT 的接线方式不同, 在 PT 上的响应也不大一样。下面就 PT 中性点的接线方式进行分析。

1.1 PT 中性点直接接地方式

在此方式下, 开口三角绕组直接反应零序电压, 开口三角绕组有三种方式, 见图 1(c)。

A 方式: PT 开口三角绕组只接零序电压继电器 YJ。此接线在线路接地或弧光接地时, 健全相电压会突升至线电压, 接地消除后会再次恢复, 由于故障时中性点发生较大的位移, 使 PT 三相饱和程度不一致, 因而出现较大的励磁涌流和三相对地参数不平衡, 由此可能诱发谐振过电压, 导致 PT 保险熔断, 甚至烧毁 PT。

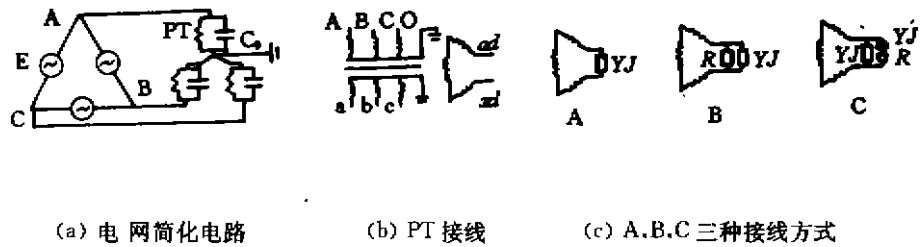


图 1 PT 中性点直接接地开口三角绕组的三种接线方式

B 方式:PT 开口三角绕组接 YJ 并接一电阻 $R^{[2]}$ 。在零序电压出现时才起作用,当系统发生线路接地或弧光接地时,相当于在 PT 一次侧 Y_0 接地的励磁电感 L_m 上并联一电阻,当将 R 折算到一次侧的值小于 ωL_m 时,网络三相对地参数基本上由电阻 R 确定,不会引起 PT 中性点明显的位移,也就不可能可 PT 饱和而诱发谐振过电压了^[3]。但对于中性点不接地系统,规程规定允许单相接地运行 2 小时的,而本方式中 PT 开口三角绕组由于长期接入 R ,此时可能造成绕组严重过载,引起保险熔断,甚至烧毁 PT。

C 方式:PT 开口三角绕组接 YJ 并一消谐器,即当开口三角绕组零序电压达到一定量值后投入并联电阻,当零序电压降低到一定数值后自动退出该并联电阻 R ,从而达到消除 PT 饱和引起的过电压,避免 PT 保险熔断和烧毁 PT。

三种方式中,C 方式具有较好的效果,但由于系统参数随电网的运行方式改变而变化,不同电网的系统参数相差很大,而消谐装置由生产厂家生产,不可能对每个系统设计一个参数,再加上继电器的启动电压和返回电压存在一个区间,因而本方式也只对部分网络防止 PT 饱和过电压和烧毁 PT 有明显的效果。

1.2 PT 中性点经电阻接地方式

这种方式是在 PT 一次侧中性点串接电阻 R_0 , R_0 越大就越能限制 PT 饱和,若 R_0 趋于无穷大,则 PT 不参与零序回路,也就不存在 PT 饱和引起的过电压了,但此时若系统发生单相接地时,大部分零序电压压降在 R_0 上,使得开口三角绕组上的零序电压太低,影响保护的正常动作。

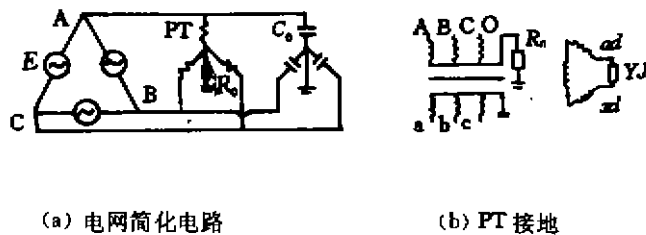


图 2 PT 一次侧中性点经电阻接地

1.3 PT 中性点经阻抗(单相 PT)接地方式

这种方式是在 PT 一次侧中性点串接阻抗 ωL_0 , L_0 一般选用单相于式 PT,其一次侧额定

电压应与所接系统额定线电压相同,三相 PT 的二次开口三角绕组短接,接地信号由单相 PT 的二次电压启动。采用这种方式,在系统发生单相接地或其它原因造成相电压升高时,由于 PT 开口三角绕组接成短路,将 PT 激磁电感短接,因此零序电压将按三相 PT 的漏抗和单相 PT 的零序阻抗来分配,这样零序电压几乎全部分在单相 PT 上,避免了三相 PT 饱和引起的过电压,也不会发生 PT 过流造成保险熔断或烧毁 PT 的事故了。

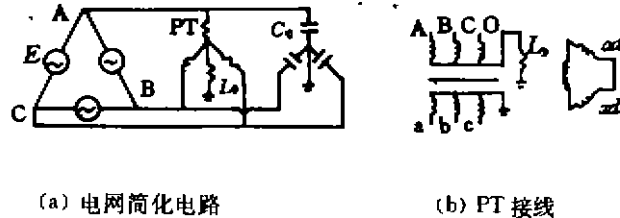


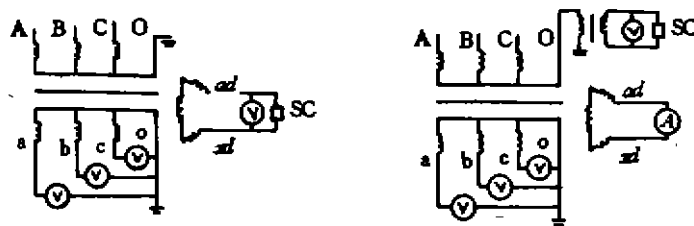
图 3 PT 一次侧经阻抗接地

在目前的实际电网运行中,10 kV 系统广泛采用方式 1 的 C 接线,35 kV 系统的母线 PT 对方式 1 的 A、B、C 三种接线均有采用,而方式 3 作为一种反事故措施,在重庆配电系统中也有采用,方式 2 很少使用。我局的运行经验表明,10 kV 和 35 kV 系统采用方式 1 后,经常出现电压升高,造成 PT 高低压侧保险熔断和烧毁 PT 的情况。为此,我局 1995 年将 10 kV 系统所有的 PT 中性点接线方式改变为经干式单相 PT 接地,目前运行情况良好。

2 现场试验

为了论证接线方式 3 的可行性,我局 1997 年 6 月 18 日在井口变电站进行了方式 1、3 接线的稳态对比试验。10 kV 母线带全部出线,在 PT 中性点不同接地方式下,测量了井竹线路在变电站出口 1 号杆金属性接地时,PT 三相电压、零序电压、三相电容电流及零序电压波形。

2.1 试验测试接线图



(a) PT 中性点直接接地(方式 1) (b) PT 中性点经单相 PT 接地(方式 3)

图 4 试验测试接线图

A——电流表; V——电压表; SC——光线示波器

2.2 现场实测测试记录

表1 实测数据

接地相	PT中性点经阻抗接地						PT中性点直接接地				
	U/V				I/A		U/V				I/A
	U_A	U_B	U_C	U_0	I_{PT}	I_{D0}	U_A	U_B	U_C	U_0	I_{D0}
无	61.5	62.5	62.0	0	—	—	61.5	63.0	60.0	0	—
A	62.0	62.5	62.0	62.1	0.9	12.8	0	105.0	105.0	104.0	12.0
B	61.5	62.5	63.0	63.0	0.1	12.4	105.0	0	104.0	104.0	13.6
C	61.5	62.5	63.0	62.0	0.8	12.0	103.0	104.0	0	105.0	14.0

注 1) 母线PT型号为JSJW-10,容量为120、180、450 V·A对应精度0.5、1.0、3.0等级,变化为10 000/100、Y₀/Y₀-12接线,标准号GB572-64;

2) 中性点串接PT为JD2-10,标准号:GB1207-75,极限输出500 V·A,额定压比10 000/100,容量80、150、300 V·A,对应精度0.5、1.0、3.0等级;

3) 表中电压为二次电压,一次电压应乘PT倍率;

4) 表中 U_A 、 U_B 、 U_C 分别代表A、B、C三相对地电压, U_0 为零序电压; I_{D0} 代表线路一次接地电流, I_{PT} 代表PT开口三角绕组环流。

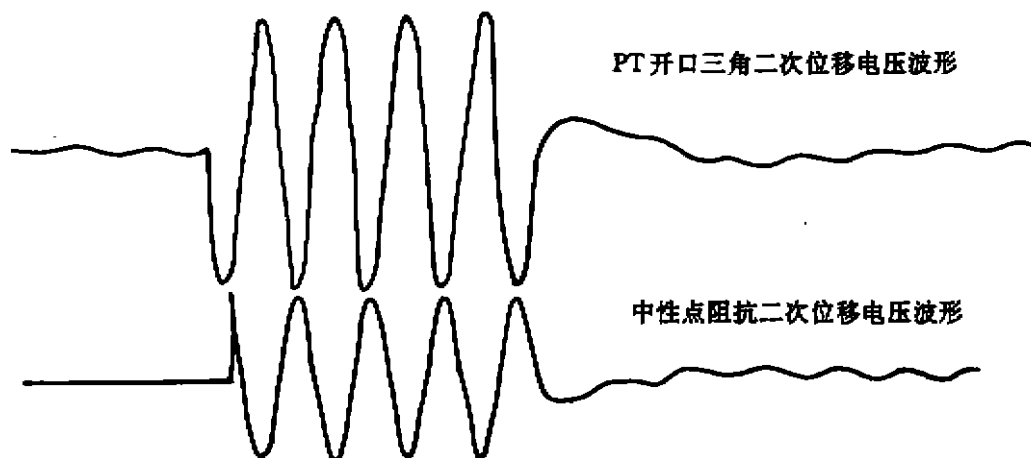


图5 现场实录波形

2.3 现场试验分析

在线路同一地点发生金属性接地时,从实测的数据及波形情况对比发现:

1) PT中性点接地方式采用方式1,健全相电压升至线电压,PT开口三角绕组电压与线电压相同;

2) PT中性点接地方式3,健全相电压及故障相电压均为相电压,单相PT的对地位移电压也为相电压,零序电压约为方式1的0.7倍。

3) 从波形上看,方式1在切断接地电流后零序电压衰减时间在74~85 ms,约相当于方式3衰减时间20~30 ms的2.5倍。

3 理论计算

为了进一步比较这两种方式,笔者用EMIP电磁暂态程序对井口10 kV网络进行计算。

3.1 PT励磁特性曲线的测量($\Phi-i$ 特性)

PT谐振过电压产生的主要原因是由于其 $\Phi-i$ 特性的饱和性,因此,PT $\Phi-i$ 特性的测量是理论计算中必需的数据。测试方式是在PT的二次侧实测V-A曲线,经转换程序得到所需的 $\Phi-i$ 曲线,激磁电感 $L_m = \Phi/i$ 。

表2 互感器 $\Phi-i$ 关系表

三相PT:JS1W-10								
i/A	0	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08		
Φ/Wb	0	36	44	50.4	54	57		
单相PT:JD2-10								
i/A	0	0.001	0.0014	0.0042	0.007	0.0104	0.0154	0.0225
Φ/Wb	0	22.5	27	40.5	45	49.5	54	58.5

注 JS1W-10 运行在 $U_N=10.5$ kV下时 $I_N=0.02$ A, $\Phi_N=44$ Wb, $\omega L_m=690$ k Ω ;

JD2-10 运行在 $U_N=6$ kV下时 $I_N=0.0014$ A, $\Phi_N=27$ Wb, $\omega L_m=6055$ k Ω

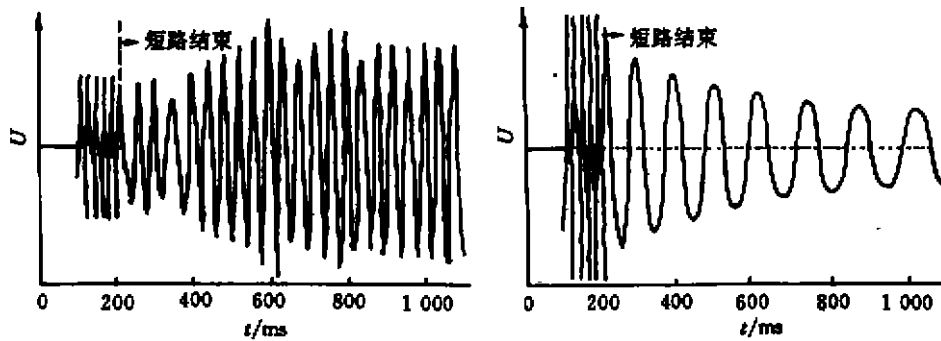
3.2 PT中性点经单相PT接地方式对PT谐振的抑制

PT谐振过电压的产生必须满足两个条件:a) I_m 与 C_0 参数配合在一定的范围^[4];b) 要有外界条件的激发(常见的如单相瞬间短路)^[4]。

井口10 kV母线仅带井桥线时, $C_0=0.054$ μF , $X_C=1/\omega C_0=59$ k Ω , $X_L=\omega L_m=690$ k Ω ,则 $X_C/X_L=0.085$,此值位于分频谐振区;激发条件为A相瞬间(0.1 s)短路。PT中性点两种接地方式下的波形和结果如下(计算时间1.6 s)。

表3 计算结果

PT中性点直接接地(方式1)						
母线电压 U/kV				PT开三角电压 U/kV		PT电流 $I/A(n$ 倍 $I_N)$
A相	B相	C相	中性点	(折算到一次)		
16.7	16.5	15.8	8.0	16.4		0.29(14.5 I_N)
PT中性点经单相PT接地(方式3)						
母线电压 U/kV				PT中性点电压 U/kV		PT电流 $I/A(n$ 倍 $I_N)$
A相	B相	C相	中性点			
10.5	10.9	10.6	6.2	6.1		0.0001(0.07 I_N)



(a) 方式1的开三角电压波形

(b) 方式3的PT中性点电压波形

图6 计算波形

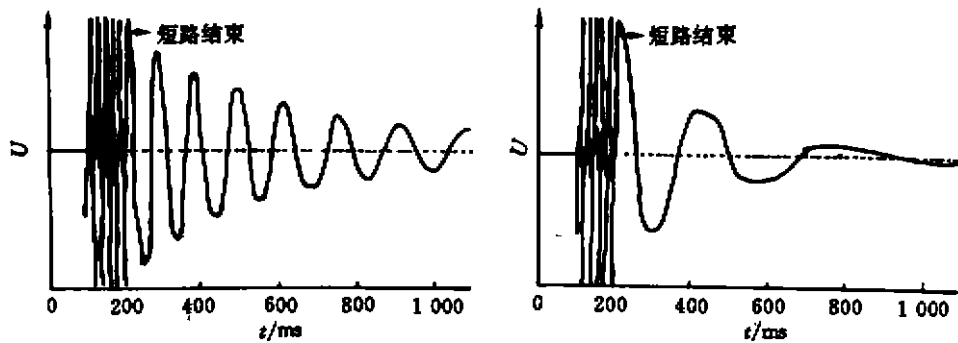
可见,方式1很容易满足PT谐振条件而发生PT谐振过电压,PT过流而烧毁。方式3恰破坏了PT谐振条件的满足,从而抑制了谐振过电压的产生和防止了PT烧毁PT的发生。

3.3 模拟现场试验的计算结果

母线带全部出线,井竹线A相发生瞬间短路(0.1s),计算时间1.6s。

表4 计算结果 kV

PT中性点直接接地(方式1)				PT中性点经单相PT接地(方式3)			
PT一次侧电压			PT开三角电压	PT一次侧电压			PT开三角电压
A相	B相	C相	(折算到一次)	A相	B相	C相	
0	10.5	10.2	10.6	5.95	5.94	5.86	5.95



(a) 方式1的开三角电压波形

(b) 方式3的PT中性点电压波形

图7 计算波形

计算结果和波形与现场试验的结果相吻合,方式 1 在切断接地电流后的零序电压衰减时间约相当于方式 3 衰减时间的 2 倍左右。

4 结 论

通过实测和理论分析、计算,我们得出如下结论:在中性点不接地系统中,PT 中性点接地宜采用方式 3,即 PT 中性点经单相 PT 接地,三相 PT 二次开口三角绕组短接,以中性点串接单相 PT 的二次绕组电压作为接地信号启动电压,电压整定值应取 9~12 V。

参 考 文 献

- 1 张纬敏,高玉明. 电力系统过电压与绝缘配合. 北京:清华大学出版社,1988. 277~284
- 2 陈之涛. 变电站配电室运行维护管理. 呼和浩特:内蒙古出版社,1985. 518~519
- 3 周泽存. 高电压技术. 北京:水利电力出版社,1988. 260~264
- 4 施围. 电力系统过电压计算. 西安:西安交通大学出版社,1988. 176~231

A Study of Distribution Network Voltage-transformer Neutrium Grounding Method

Lu Shenghe *Ran Longning*

(Chongqing Shapingba Bureau of Electric-power Supply)

ABSTRACT Through contrast and analysis of distribution network voltage-transformer neutrium grounding. While scene-measuring twice-respond of Jing-kou Alter-electric Station in 10 kV line-grounded, it is shown that voltage-transformer neutrium grounding method fit to through single-phase voltage-transformer in neutrim non-grounding network.

KEYWORDS voltage mutual inductors; neutral points / distribution-network; grounding-method