

# 电压互感器二次单相接地短路故障分析

秦涛, 张磊, 王向东

(银南供电局, 宁夏 吴忠 751100)

**摘要:** 针对电压互感器二次单相接地短路导致非故障相电压升高的情况, 通过对电压二次电缆阻抗的测试, 电压互感器接地点的改变等试验。分析、阐述了其产生的原因是二次电缆N相线芯阻抗在短路电流流过时产生电压叠加在非故障相线芯上所致。可采取增大N相线芯截面积或退出过电压保护等措施预防其对电网的不利影响。

**关键词:** 电压互感器; 二次接地短路; 分析; 预防措施

## Analysis on secondary single-phase grounding short circuit fault of voltage transformer

QIN Tao, ZHANG Lei, WANG Xiang-dong  
(Yinnan Power Supply Bureau, Wuzhong 751100, China)

**Abstract:** When single-phase of potential transformer secondary winding grounds, it raises the voltage of the other two non-fault phases. By measuring the impedance of secondary voltage cable and changing the grounding points, this paper analyzes and expatiates the reason is that the N-phase current of secondary electric cable generates voltage to the other two non-fault phases when grounding current affluxes it. The ways of preventing its effect to electric network are extending the section of N-phase electric cable or blocking the overvoltage protection.

**Key words:** voltage transformer; secondary phase-to-earth short circuit fault; analysis; preventive measures

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)07-0136-03

## 0 引言

电压互感器的作用是将一次高电压经电磁变换成二次低电压, 供保护、自动装置及测量、计量用。国网公司下发的“十八项反事故措施要求, 电压互感器二次绕组公共端应在继电保护室可靠地一点接地”。据此接线理论上讲, 当电压互感器二次回路发生接地时, 故障相电压降低且基本为零, 其它正常相电压应不发生变化。但在某 330 kV 变电所曾因 330 kV 电压互感器二次发生单相接地短路, 造成非故障相电压升高, 从而导致主变过激磁保护误动作。

理论上在理想状态下, 当电压互感器二次发生单相接地短路时, 故障相电压应基本为 0 V, 非故障相电压保持不变, 但在实际发生电压互感器二次单相接地短路故障时, 非故障相电压将升高, 故障相电压不为 0 V。该文将通过通过对不同变电所的不同电压互感器二次回路的实际调查和模拟短路试验, 详细分析其产生的原因。

## 1 某所主电压互感器二次模拟实验及调查分析

### 1.1 主电压互感器二次回路阻抗测试 (表 1)

表 1 试验数据

Tab.1 Experiment data

测试对象	A 线芯	B 线芯	C 线芯	N 线芯
测试结果/ $\Omega$	0.360	0.363	0.378	0.361
测试对象	A-N 线芯	B-N 线芯	C-N 线芯	
测试结果/ $\Omega$	0.719	0.726	0.756	

### 1.2 主电压互感器二次模拟短路试验 1

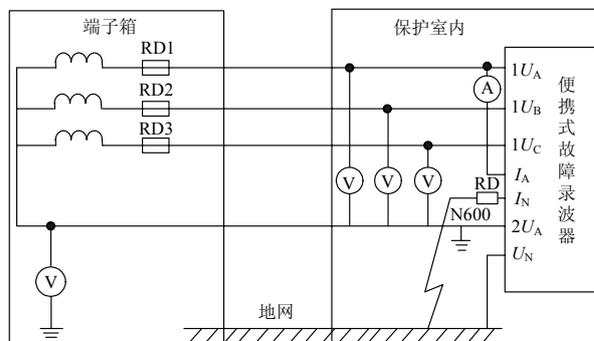


图 1 实验接线图

Fig.1 Experiment system

1) 电压互感器二次 N600 在户内一点接地, 模拟户内 A 相接地短路, 户内监测数据, 试验接线如图 1 所示。

2) 试验数据 (表 2)

表 2 试验数据

Tab.2 Experiment data

序号	测试项目	试验前数据	录波器数据
1	A630—N600	61.8 V	19.66 V
2	B630—N600	61.9 V	68.25 V
3	C630—N600	61.8 V	67.54 V
4	短路电流	0 A	45.76 A
5	N600—地 (户内)	0 V	7.99 V

3) 试验结果分析

当 N600 接地点在保护室一点接地, 并在保护室发生一相电压接地时, 在保护屏处测得的非故障相电压有所升高, 但幅值不太大。结合试验数据 (表 2) 中的短路电路电流 45.76 A 以及结合主变电压互感器二次回路阻抗测试 (表 1) 中 A601—N600 线芯阻值测试结果 (0.719  $\Omega$ ), 根据欧姆定律可得, 此时户外端子箱处 N600 对地电压为:

$$\Delta U = I_d \times (0.719/2) \approx 45.76 \times 0.36 \approx 16.5 \text{ V}$$

又电缆线芯在故障时主要呈阻性, 并且故障电流是由  $U_A$  电压源产生的, 因此短路电流在保护室至一次 PT 的 N600 线芯上产生的压降的电压  $\Delta U$  与  $U_A$  相位一致, 即如图 2 所示。

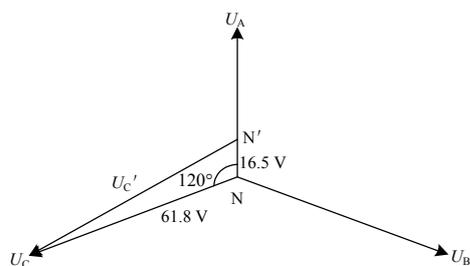


图 2 相量图

Fig.2 Phasor diagram

则, 根据余弦定理可得,

$$U_B' = U_C' = \sqrt{U_B^2 + \Delta U^2 - 2 \times U_B \times \Delta U \times \cos 120^\circ} = \sqrt{61.8^2 + 16.5^2 + 61.8 \times 16.5} = 71 \text{ V}$$

排除测量误差、计算角度误差等误差因素, 可以认为计算结果与实际测得  $U_B' = 67.54 \text{ V}$ ,  $U_C' = 68.25 \text{ V}$  基本一致。

而测到的 A 相电压幅值 (19.66 V) 实际上是短路电流在流经短路线、变流器、保险时产生的电压降,

虽然短路线、变流器、保险、录波器  $I_A$  通道形成的电阻未知, 但可通过图 3 所示等效电路求得, 其中  $\Delta U'$  为短路电流流过便携式录波器测户内 N600 对地电压的  $2U_A$  通道时产生的压降 (7.99 V), 则,  $U_A' = U_A - I_d \times 0.719 - \Delta U = U_A - 45.76 \times 0.719 - 7.99 \approx 20.9 \text{ V}$ , 与实测值基本一致。并由此可以推算出短路线、变流器、保险、录波器  $I_A$  通道形成的电阻为  $r = 20.9 \text{ V} / 45.76 \text{ A} \approx 0.46 \Omega$ 。

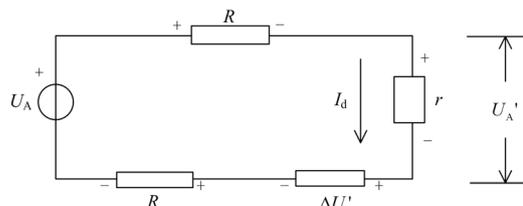


图 3 等效电路

Fig.3 Equivalent circuit

### 1.3 主变电压互感器二次模拟短路试验 2

1) 电压互感器二次 N600 在户外一点接地, 户内模拟 A 相接地短路, 户内监测数据, 试验接线如图 4 所示。

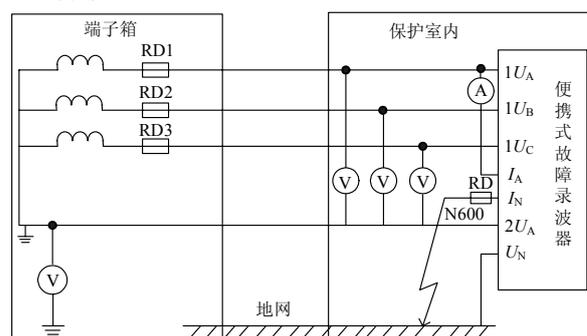


图 4 实验接线图

Fig.4 Experiment system

2) 试验数据 (表 3)

表 3 试验数据

Tab.3 Experiment data

序号	测试项目	试验前数据	录波器数据
1	A630—N600	61.8 V	20.30 V
2	B630—N600	61.9 V	60.96 V
3	C630—N600	61.8 V	61.17 V
4	短路电流	0 A	58.9 A
5	N600—地 (户外)	0 V	$\approx 0 \text{ V}$ (电压表测得)
6	N600—地 (户内)	0 V	7.28 V

3) 试验结果分析

由于 N600 接地点在户外端子箱处, 在户内发

生接地短路时，短路电流未流经 N600 芯线，故保护室内的 N600 的电压未发生位移，所以保护屏处  $U_B$ 、 $U_C$  对保护室内的 N600 的电压不变。

从试验接线图可以看出，此时录波器监测的  $U_A$  电压实际为短路电流在短路线、变流器、保险、录波器  $I_A$  通道形成的电阻上的压降减去保护室内的 N600 对地的电压  $\Delta U'$  (7.28 V)，并且根据 1.2.3 条计算的结果，可知短路线、变流器、保险、录波器  $I_A$  通道形成的电阻为  $r=0.46 \Omega$ ，则，

$$U_A' = I_d \times r - \Delta U' = 58.9 \times 0.46 - 7.28 \approx 20.1 \text{ V}$$

，与实际测得的 20.3 V 基本一致。

### 2 结论

1) 当电压互感器的二次 N600 接地点在户内时，不论电压单相短路发生在户内还是户外，短路电流均要流经芯线，由于线芯客观存在阻抗(主要呈阻性)，当大电流从中流过时将产生电压，从而导致户外端子箱处的 N600 的电位相对于保护屏处的 N600 发生位移，所以非故障相的电压相对于保护屏处的 N600 都将有不同程度的升高，故障相存在的残压实际上是短路电流流经故障短路线时产生的压降，等效电路如图 5 所示。

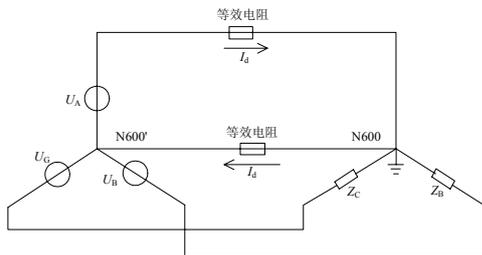


图 5 等效电路

Fig.5 Equivalent circuit

2) 当电压互感器的二次 N600 接地点在户外时，不论短路发生在户内还是户外，由于短路电流均不流经芯线，所以户外端子箱处的 N600 的电压对于保护屏处的 N600 不发生位移，所以非故障相的电压对于保护屏处的 N600 将不会升高，但故障相仍然存在残压。

### 3 预防措施

1) 在电压互感器二次回路设计和施工中，要对交流电压负载进行计算或校核，并根据电压互感器的容量进行电压互感器二次相间或单相接地时的短路电流计算，由此按照分级配置的原则进行回路空气开关或保险的配置（保护绕组回路宜装设快速空气开关），以保证在电压互感器二次回路短路时，能

快速、有效地切除故障。对于电压互感器一次设备与控制室（保护室）的距离较远的变电所，要充分考虑到电压二次回路芯线的阻抗对电压互感器二次回路短路时各相电压的影响，并考虑尽可能地增大芯线面积或一相芯线的个数，从而相对降低一相芯线的阻抗，削弱由其产生的影响，特别是对变压器过激磁保护的影响。

2) 虽然当电压互感器的二次 N600 接地点在户外时，不论短路发生在户内还是户外，非故障相的电压对于保护屏处的 N600 都不会升高，但有关规程及《十八项反措》要求变电所内所有电压互感器二次电压的 N600 接地点在控制室（保护室）内一点接地，所以不能就此简单的将 N600 接地点移至户外，否则将可能带来其他的问题。

3) 对于有可能发生因工作不慎造成电压二次回路短路的工作，并对主变过激磁保护产生影响的，建议在工作前将主变过激磁保护暂时退出运行，待工作完毕无异常后再将该保护投入运行。

4) 与保护装置生产厂家协商，修改过激磁保护软件程序，增加谐波或其它闭锁功能。以防止非一次过电压引起的二次电压升高，导致过激磁保护误动。

5) 若当一次系统发生故障，同时伴有二次电压单相接地故障发生时，将可能导致 110 kV 及以上变压器的低阻抗保护、线路的距离保护、功率方向保护等，因 N600 地电位的偏移，使得测距阻抗增大或动作灵敏区发生变化，从而造成保护越级动作或拒动，以上诸多问题需要进一步的深入研究和探讨，以便寻找解决此异常现象对系统稳定产生影响的办法，保证电网安全、稳定、可靠地运行。

### 参考文献

[1] 李益民. 电路基础[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2002.  
LI Yi-min. Circuit Elements[M]. Chengdu: Southwest Jiaotong University Press, 2002.

收稿日期: 2009-04-21

作者简介:

秦 涛 (1975-), 男, 本科, 助理工程师, 从事继电保护及其自动装置的安装、调试、维护及设计工作; E-mail: nxqt@hotmail.com

张 磊 (1974-), 男, 工程师, 从事继电保护及其自动装置的安装、调试、维护及设计工作;

王向东 (1957-), 男, 高级工程师, 长期从事输、变电运行管理工作。