

隔离开关投切空载旁路母线干扰高频保护的实例分析与对策

四川乐山供电局 袁帮亮 刘北营

摘要: 本文介绍了某变电站用隔离开关投切220kV旁路母线烧毁高频保护装置元件的实例,并进行了理论分析及现场试验,在运行状况下成功地录取了二次干扰电压的暂态波形,提出了行之有效的抗干扰措施。

关键词 抗干扰 地电位 接地 过电压

一 引 言

220kV及以上系统用隔离开关投切旁路母线造成对二次系统的干扰而发生的事故,国内外均有所报道。随着电压等级的提高,母线结构的改进,一次参数相应改变,以及

3. 在各种不对称短路及振荡时,振荡闭锁元件均动作可靠,防止了有功转子判据的误动作,表明设计合理。

五 结 论

该失磁保护在进行了动模试验后,又在哈尔滨第三发电厂和刘家峡水电站进行了现场试运行,并于1990年4月份通过了专家鉴定,其结论是:该保护装置采用有功转子判据的突出优点是动作快、灵敏度高、有预测失磁失步的功能,在发生能导致失步的失磁初始,就立即动作,提早发出减有功指令,有利于降压滑差,提高减有功的效果。该装置除采用失磁后系统低电压跳闸判据外,还采用滑差跳闸判据,设计更为合理。该保护经过动模、现场试验和现场运行的考验,证明其性能优良,达到国内领先水平,可以在大型发电机组中推广使用。

参 考 文 献

- [1] 王维俭、侯炳蕴.《大型机组继电保护理论基础》.水利电力出版社.1982.
- [2] 汪象侃.新型集成电路式的发电机失磁保护的研制.合肥工业大学研究生学位论文.1988.6月.
- [3] BS B—2型低励磁失步保护装置使用说明书.阿城继电器厂,

晶体管、集成电路、微机型继电保护装置的广泛应用，测试和预防一次系统对二次系统的干扰问题，越来越引起专业人员的重视。本文以某变电站用国产GW6—220G—1000A隔离开关投切220kV空载旁路母线多次发生烧毁高频保护装置的元件、直流操作保险熔断事故的实例，进行了理论分析计算及现场试验，找到了产生干扰信号的原因。在高频保护装置通道入口处成功地录取了二次干扰电压的暂态波形，为分析判断提供了根据，最后实施了抗干扰措施，保证了装置安全可靠地投入运行。

二 旁母隔离开关操作干扰波的分析与计算

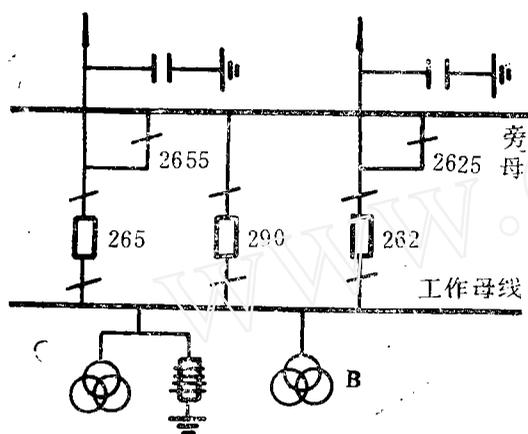


图 1

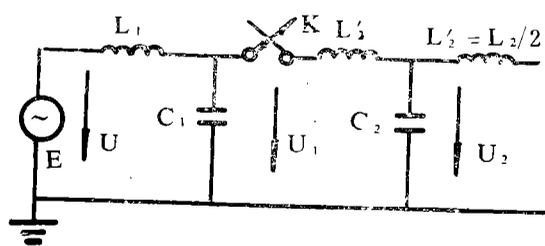


图 2

本例220kV一次接线如图1所示简化为集中参数表征的单相等值电路用图2表示。图中K为旁路隔离开关， L_1 、 C_1 为电源侧电感、电容， L_2 、 C_2 为旁母导线的电感、电容，E为电源电势。首先讨论K的分闸过程：在触头分离瞬间，触头两端的电压 $u_1 = u_2$ ，分离后 u_2 相对恒定，而 u_1 以工频周期变化，即形成了断口恢复电压 $u_{kf}(t) = u(t) - u_2$ ；同时由于气隙的出现和加大，触头间出现了介质恢复强度 $u_j(t)$ 。当 $u_{kf}(t) > u_j(t)$ 时，触头将击穿，形成电弧，由于电流过零等因素，电弧将有熄灭——重燃过程，而重燃次数除与一次参数有关外，主要决定于触头分离速度。在合闸过程中，当K触头间的距离小于空气绝缘的耐受强度时，导致断口击穿，也将发生不稳定的电弧重燃过程。可以认为K在合分旁母时都会产生电弧重燃过程，只是重燃次数不同而已，其过电压均可用重燃过电压波过程加以分析。

从图2可以看到，K间隙击穿时，L、C元件电流电压参数将要改变，其电磁能量要重新分布，即L中电流，C上电压不能突变，从初始值到新的稳态值回路将产生过渡过程。对所关心的暂态电压波过程作定性分析：考虑到回路中的L、C为线性元件，回路中还存在不大的电阻分量，该电压波具有按周期衰减振荡的性质，回路具有两个自由振荡频率，因参数不同，两者差异大，故可单独分析计算。

1. 触头击穿时u与L₁-C₁-K-L'₂-C₂间的振荡因L₁C₁较大, 频率较低(几kHz以下), 振幅也不高。本例计算值为1.28U_m, (U_m为相电压最大值), 不会引起危害, 故不讨论。

2. 在C₁-K-L'₂-C₂回路中的振荡频率为:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L'_2 \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}}} \quad (2-1)$$

因L'₂较小, f较高, 对经耦合电容、结合滤波器引入高频信号的高频保护装置构成危害, 应侧重分析其最大振幅。当间隙击穿出现电弧, C₂将通过K、L'₂与C₁并联, U₁与U₂将以振荡形势变为新的稳态值U₀:

$$U_0 = \frac{C_1 U_1 + C_2 U_2}{(C_1 + C_2)} = \frac{n U_1 + U_2}{n + 1} \quad (2-2)$$

$$\text{式中 } n = \frac{C_1}{C_2}$$

因过电压幅值 = (2 稳态值 - 起始值)

故工作母线侧过电压幅值为:

$$U_{1m} = 2 U_0 - U_1 = U_1 - \frac{2(U_1 - U_2)}{n + 1} \quad (2-3)$$

旁母侧过电压幅值为:

$$U_{2m} = 2 U_0 - U_2 = U_2 + \frac{2(U_1 - U_2)}{n + 1} \quad (2-4)$$

若电源相电压最大值为U_m, 最不利重燃发生在U₁ = U_m; U₂ = -U_m时, 最大过电压的幅值为:

$$U_{1m} = U_m - \frac{4 U_m}{n + 1} \quad (2-5)$$

$$U_{2m} = \frac{4n}{n + 1} U_m - U_m \quad (2-6)$$

3. 本例图1中母线为铝合金管母线, 长137.5米, φ100/φ90。将本例计算出的一次参数L'₂ = 81μH; C₁ = 14230PF; C₂ = 2280PF; n = $\frac{C_1}{C_2}$ = 6.24代入(2-1)

(2-5), (2-6)式得:

$$f = 399.04\text{kHz}; U_{1m} = 0.45U_m; U_{2m} = 2.45U_m。$$

4. 以上过电压的幅值、频率计算, 为最不利情况下的首次重燃, 而每次重燃都将产生一次操作波过程。U_{2m}值随重燃次数的增加而递增, 如果旁路母线侧装有避雷器将有所危及。

本例中旁母隔离开关为电操型, 触头运动速度慢, 在合分时重燃过程可持续1.5~2.5秒, 高频高幅的暂态电压波出现势在必然。

三 损坏高频保护装置的原因分析

由以上分析计算得知: 旁母刀闸操作的过程中, 在工作母线上产生幅值约为0.45

U_m 、频率为399kHz的操作电压波，该波作用于高频结合设备耦合电容器、结合滤波器（本例中单频阻波器阻器频率为70kHz，对干扰信号没有阻塞效果），将产生对地通道的高频暂态脉冲电流 i_p 。

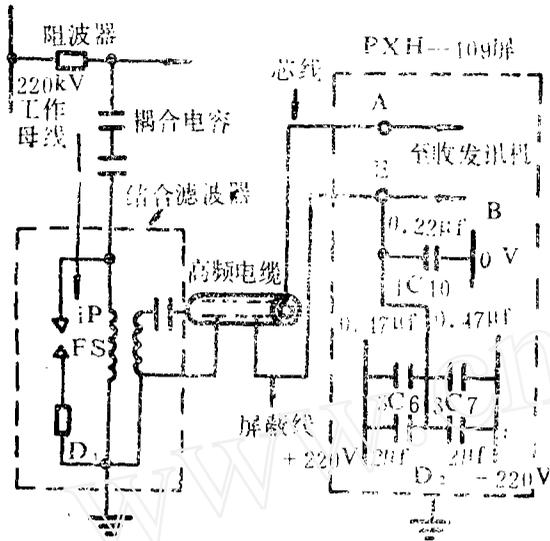


图 3

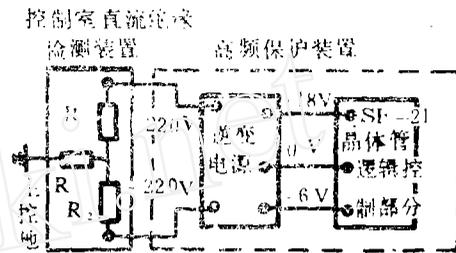


图 4

本例高频保护的高频通道实际接线如图3所示。图中 D_1 为结合滤波器台架接地点， D_2 为主控室接地点，A为高频电缆芯线与保护屏端子连接点，E为高频电缆屏蔽层与保护屏端子连接点，B为保护装置电路的公共点。

由于 i_p 的出现而产生的二次干扰信号，存在两个危险路径：（1） i_p 经结合滤波器初级线圈时，次级线圈将感应出高频高幅的干扰信号，经高频电缆到达A点，如果装置内抑制干扰信号的限幅元件损坏，将击穿高频保护装置的元件，酿成事故。（2） i_p 经结合滤波器 D_1 点的接地引下线流入地网时，因引下线和地网暂态电抗的影响，引起 D_1 点的电位突然升高（根据有关资料表明，可高达数千伏甚至上万伏）。虽然 D_1 、 D_2 在同一地网上，因受地网中并联引线电感影响，在暂态过程中 D_1 、 D_2 电位抬高不一致，故存在很大的电位差。变电站所属的二次保护接地引线均是通过保护屏架（柜）与地网连接的，而本例的高频保护装置接地引线则是经高频电缆屏蔽层直接从结合滤波器接地端子 D_1 点引入保护装置上的，如图3所示。显而易见，高频高幅的干扰暂态电压波 $U_{干扰}$ 将窜入保护装置，其路径为（参见图3、图4）：（1） $U_{干扰} \rightarrow C_{10} \rightarrow$ 逆变电源0V \rightarrow -220V \rightarrow 直流绝缘检测装置 \rightarrow 主控地。（2） $U_{干扰} \rightarrow C_6$ 、 C_7 分别 \rightarrow +220V、-220V \rightarrow 直流绝缘检测装置 \rightarrow 主控地。此干扰信号不仅会损坏装置，而且可能危及继保工作人员与调试设备的安全。

四 现场录波及数据分析

为了证实以上的分析，特进行了现场录波。在运行状况下（母线运行电压为230kV

用2625刀闸操作旁母(参见图1),在主控室对高频保护装置的高频通道二次入口处进行录波。测试仪器采用DSS5020A双踪记忆示波器(扫描速度 $\mu\text{s}/\text{DIV}$,输入灵敏度 V/DIV),试验用无感电阻分压器,分压比为1:200,示波器探头衰减1:10,倍率为1:2000录点参见图3,分别为A \rightarrow D₂,E \rightarrow D₂,为了防止损坏装置,先将A、E点从端子上拆开,在A \rightarrow E点投入与装置波阻抗相等的模拟阻抗器。有关图片见图5,试验结果见表1。

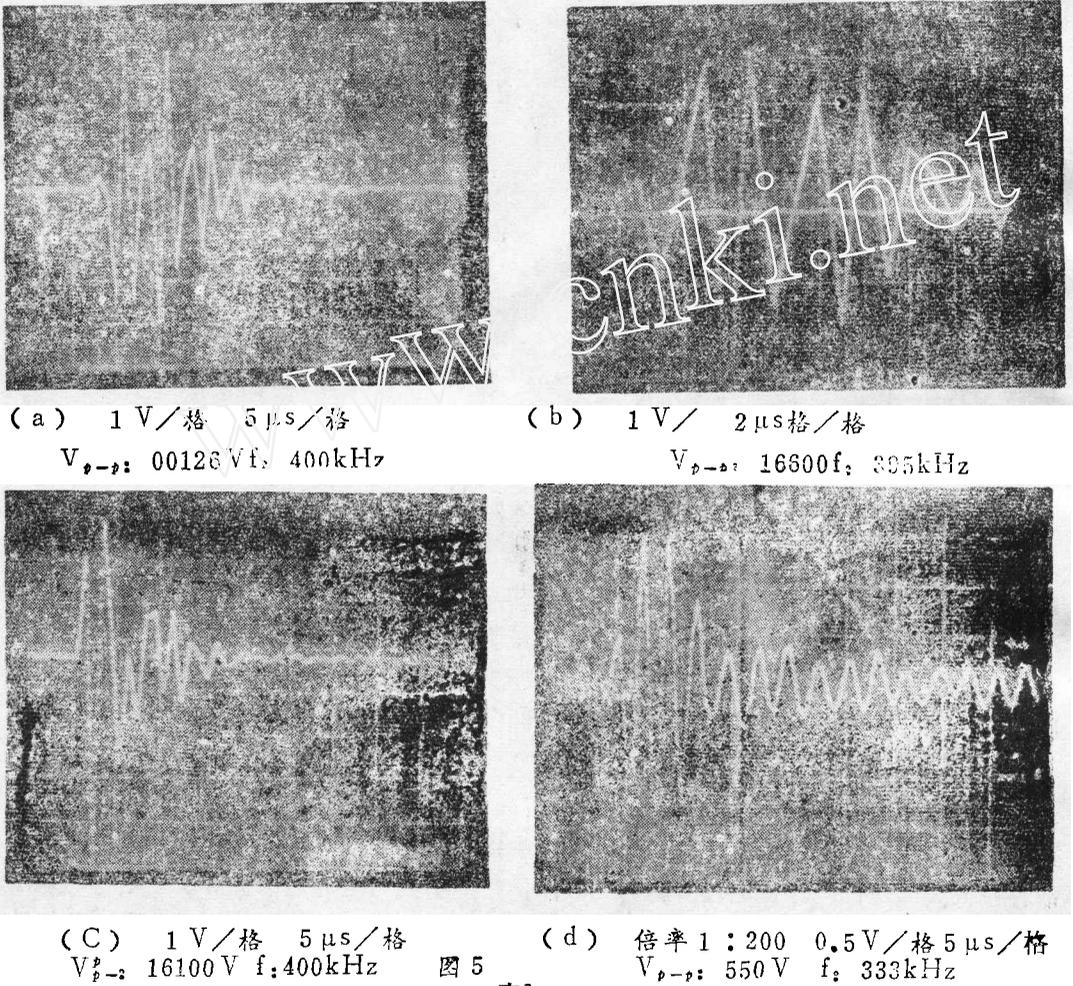


图5
表1

操作序号	实测状态与部位	图片编号	二次干扰电压频率(kHz)	二次干扰电压幅值 V_{p-p} (V)
1	2625合旁母A-D ₂	a	400	12600
2	2625分旁母A-D ₂	b	395	16600
3	2625合旁母E-D ₂		400	19000
4	2625分旁母E-D ₂	c	400	16100
5(采取措施后)	2625分旁母A-D ₂	d	333	550

图5和表1的数据表明:

1. 二次干扰波为衰减振荡波, 实测振荡频率与计算接近。
2. 最大二次干扰波振幅出现在前 $10\mu\text{s}$ 以内。
3. 每次旁母倒闸操作都存在足以危及设备和人身安全的波过程。

五 措施

改进接线见图6。

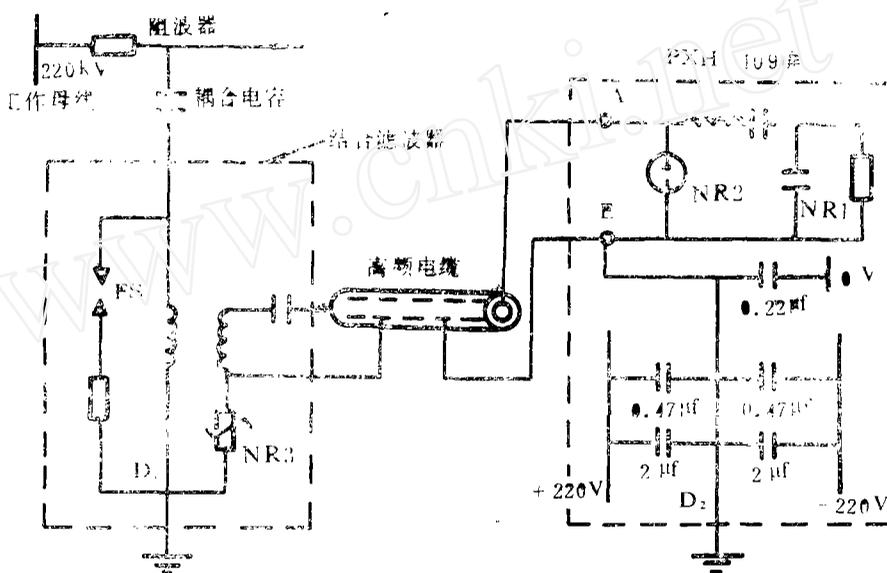


图6

1. 将装置的高频电缆屏蔽层接地点由原来结合滤波器 D_1 点改在图6中 D_2 点, 接地必须良好。将高频电缆屏蔽层与结合滤波器台架对地的电位隔离。这样可以直接消除ip经 D_1 下地引起结合滤波器台架电位突然升高造成的危害。为了防止结合滤波器初、次级线圈出现较大的电位差, 在 D_1 点与结合滤波器次级线圈间加装一只MY-31-400V (1-5kA) 压敏电阻, 保护结合滤波器初、次级线圈的绝缘。

2. 加强限幅措施, 抑制干扰信号: 在装置高频通道入口处新接上一只NR₂ (R-350、放电电压为300V的放电管), 接线见图6所示。装置增加了限幅元件后, 提高了装置抑制干扰信号的性能。

3. 将装置其它电路的公共接地引线接至图6中 D_2 点, 即保护屏架上, 接地引线尽量短, 屏架接地必须良好。

六 效果

1. 作改进后高频通道传输特性试验: 在一条220kV线路上进行了通道衰耗测试, 其结果见表2。

表 2

是否采取措施	发讯地点	收讯地点	通信距离 (km)	工作频率(kHz)
未 采 取	对 侧	本 侧	17.6	70
	本 侧	对 侧	16.2	
已 采 取	对 侧	本 侧	15.6	70
	本 侧	对 侧	16.2	

表2中数据表明, 通道传输特性无变化。

2. 用2625旁母采取高频保护装置A—D₂点的干扰电压波形, 结果见表1图5。数据表明, 干扰信号得到了良好的抑制, V_{z-p} 约为550V。

3. 将高频保护装置投入运行, 经多次用隔离开关切合空载旁母, 装置工作正常, 目前已安全可靠地投入了运行。

七 结 论

1. 本例220kV系统隔离开关切合空载旁路母线, 产生的高频高频操作波会直接干扰高频保护装置。在高频二次通道上测得的干扰波为衰减振荡波, V_{z-p} 在12600V以上, 严重时达到19000V、频率为400kHz。

2. 干扰幅值和频率与一次参数及刀闸重燃性能有关。在220kV以上的新站母线设计和旧母线的改造时, 要进行计算、验证刀闸切合空载旁母产生重燃过电压的幅值、频率, 以及对一、二次设备的影响, 并采取相应措施。

3. 高频保护通道以及电容式PT的二次接地点应采取在主控室一点可靠接地的方式。生产厂家应将晶体管、集成电路、微机型保护装置接地引线接至保护屏架(柜)上, 屏架(柜)接地必须良好。

4. 氧化锌压敏电阻是晶体管高频保护装置抑制二次干扰过电压的主要限幅元件, 因此运行单位要储备质量好的备品, 应按规程要求作新安装和定期检验, 发现元件损坏, 应及时更换。

5. 干扰严重的变电站, 旁母上避雷器动作或事故频繁, 可考虑采取并联电抗器保护的措施。

参 考 文 献

- [1] 张节容等主编. 高压电器原理和应用. 清华大学出版社, 1989年3月.
- [2] 天津大学编. 电力系统继电保护原理. 电力工业出版社, 1979年2月.
- [3] 杨积元. 一次系统操作对二次系统干扰分析. 高电压技术, 1990年3期.
- [4] 南京工学院编. 电力系统.
- [5] 武汉水利电力学院编. 过电压保护. 水利电力出版社, 1977年8月.