

[变压器]

# 基于MATLAB的220 kV主变压器差动保护仿真研究

国网河南省电力公司开封供电公司 王永生

分析了220 kV主变差动保护原理及特性,运用MATLAB对主变保护进行建模、仿真、分析和研究,指导实际中的主变压器差动保护装置的配置参数及相关定值整定方法。

在220 kV层次系统中,主变压器是最重要的电力元件,承担着电能的互联与变送,造价亦是昂贵,220 kV主变压器保护的合理配置十分重要。主变压器保护定值的准确整定是保护发挥作用的基本条件。通过分析主变压器保护的常规配置,利用MATLAB对主变压器差动保护进行建模仿真,验证主变压器差动保护定值整定的合理性,指导实际工作。

## 220 kV主变压器保护基本配置及特点

220 kV主变压器主保护基本配置如表1所示,每项保护功能均可通过整定或压板设置分别选择投退。

表1 主变压器主保护配置

| 保护元件      | 备注          |
|-----------|-------------|
| 差动速断保护    |             |
| 比率差动保护    |             |
| 采样值差动保护   |             |
| 差流越限告警    | 只发信         |
| CT断线告警及闭锁 | 可选择是否闭锁比率差动 |
| CT饱和闭锁    | 闭锁比率差动      |

变压器差动保护中,各侧电流的自动平衡补偿,变压器各侧CT二次电流相位由软件自动调整,各侧电流平衡系数调整范围一般为0.25~4倍。微机保护配置完备的CT断线、短路闭锁与告警功能,采用可靠的CT断线和短路闭锁功能,保证微机保护在CT断线、短路及交流采样回路故障时不误动。另外,先进的CT饱和闭锁技术,采用可靠的CT饱和闭锁功能,可有效防止在CT深度饱和时差动保护不误动。

## 主变压器差动微机保护原理

### 1. CT接线原则及其平衡

为了简化现场接线,改善(相电流)涌流制

动特性,变压器各侧CT均按Y形接线,并要求各侧CT均按相同极性接入,都以母线侧为极性端。微机保护内部对变压器Y形侧的电流进行相位校正,其效果与将CT按 $\Delta$ 形接线完全相同。

CT二次侧电流的Y $\rightarrow\Delta$ 转换示意图如图1所示。

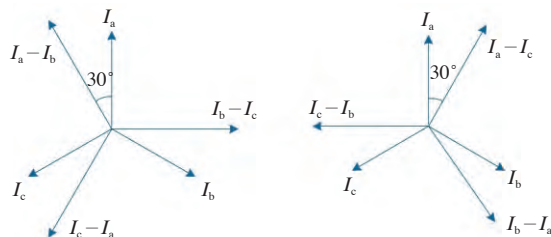


图1 CT二次侧电流的Y $\rightarrow\Delta$ 转换示意图

另外,微机保护还对变压器各侧CT变比不一致进行调整,即每侧设置一个CT变比调整系数,微机保护采集的电流乘以该系数即为CT变比调整后得到的量。只需要将变压器相关参数输入就可以自动得到各侧CT调节系数,无需外接辅助CT,与使用硬件回路调整相比,可靠性更高。

### 2. 差流计算

微机保护只对Y侧电流进行相位校正。对于各侧都为Y接线的变压器,虽然各侧CT二次电流不存在相位差,但是为了消除Y侧零序电流对差动保护的影响,所有Y侧电流也要进行处理。

### 3. 差动速断

任一相差流大于整定值 $I_{cdsd}$ (差动速断电流定值)时,该保护瞬时动作切除变压器。动作逻辑

```

graph LR
    A[差动元件动作] --> G1[&]
    B[差动软硬压板投入] --> G1
    C[差动速断控制字投入] --> G1
    G1 --> G2[&]
    D[差动启动元件] --> G2
    G2 --> E[差动速断跳闸]
  
```

#### 4. 比率差动保护

```

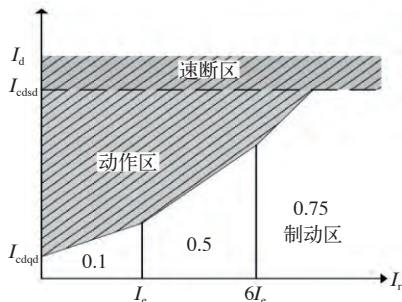
graph LR
    A[CT饱和和闭锁元件] --> G1
    B[励磁涌流闭锁元件] --> G1
    C[比率差动元件动作] --> G1
    D[差动软硬元件] --> G1
    E[比率差动控制字投入] --> G1
    F[CT断线闭锁元件] --> G1
    G[差动启动元件] --> G2
    G1 --> G2
    G2 --> H[比率差动保护跳闸]
    style G1 fill:#fff,stroke:#000,stroke-width:1px
    style G2 fill:#fff,stroke:#000,stroke-width:1px
    style H fill:#fff,stroke:#000,stroke-width:1px
  
```

### 5. 动作方程

$$\begin{cases} I_d > 0.1I_r + I_{cdqd}, & I_r \leq I_c \\ I_d > 0.5(I_r - I_c) + 0.1I_c + I_{cdqd}, & I_c < I_r \leq 6I_c \\ I_d > 0.75(I_r - 6I_c) + 0.5(5I_c - I_c) + 0.1I_c + I_{cdqd}, & I_r > 6I_c \end{cases}$$

## 建模仿真

假设一个双电源双绕组变压器简单电力系统仿真模型如图5所示。模型中,电源采用“Three-phase Source”模型,变压器采用“Three-phase transformer(two windings)”模型。为了仿真比率制动式纵差保护在变压器保护区内时的电流情况,在图7仿真模型中增加逻辑运算,仿真差动电流 $I_d$ ,制动电流 $I_{res}$ ,仿真时间选择1.0 s,故障分别在0.3~0.5 s发生。其中, $I_{m1}$ 为主变压器高压侧A相电流, $I_{m2}$ 为主变压器低压侧A相电流。



80 | 电气时代 · 2015 年第 10 期

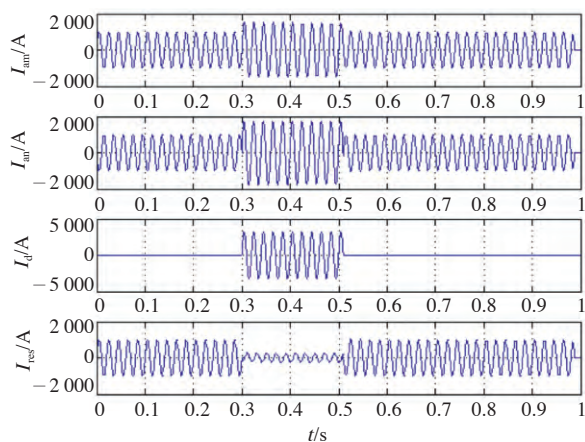


图6 主变压器内部故障电流波形

主变压器内部故障时的电流波形如图6所示,从图6中可以发现,差动电流远远大于制动电流,保护能够可靠动作。

主变区外故障时的电流波形如图7所示,从图7中可以发现,差动电流远远小于制动电流,保护制动,发生穿越性故障电流是保护不误动。

## 结束语

仿真结果表明,比率制动差动保护能正确识别保护区内外短路电流,并做出正确动作。同时对于保护区外部故障时发生的穿越性故障电流,差动保护能可靠不误动。总体来说,该差动保护

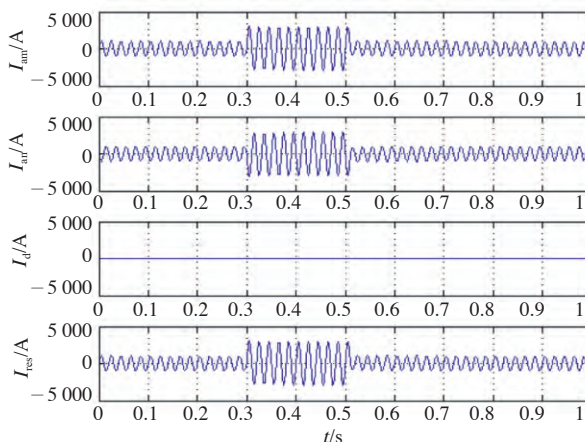


图7 主变压器区外故障电流波形

各模块均能正确实现其保护的功能,并且具有较好的可靠性与速动性,为研究微机变压器保护中各模块的动作情况提供了数据。

在分析继电保护性能时,会涉及保护算法、元件模型和保护元件动作特性等。仿真表明,基于MATLAB的主变压器保护仿真模型,可对比率制动式差动保护进行仿真试验,以研究故障时保护内部各元件动态行为,这对于指导实际中的主变压器差动保护装置的配置参数及相关定值整定策略是非常必要的。**EA**

(收稿日期:2015.09.02)

(编辑:刘群点)

(上接第69页)

投装置自恢复动作,合上1号厂变压器低压侧断路器(1QF),自备投装置自恢复完成,1号厂用变压器带0.4kV I 母线负荷,厂用电为暗备用运行方式。

(3) 试送成功,证明故障点不在0.4 kV I 母线上。故障在0.4 kV I 母线连接的线路上

1) 合上03QA,运行正常,故障不在3TV。如果3QF跳闸,则故障点在3TV,拉开03QA,隔离3TV。送0.4 kV I 母线负荷,合上11QS,合上11QA、12QA和13QA。做好安全措施,遥测3TV高压侧三相地绝缘,找到故障点,立即排除。故障排除后,合上03QA,3TV投入运行。

2) 合上11QS,在合上12QA或合上13QA时,引起3QF跳闸,处理方法同前。

3) 如果合上03QA、12QA和13QA正常,查1号、2号和3号机旁动力柜,发电机层、水轮机层公用动力柜故障采用二分之一分割法。拉开006QS,合上11QA。

4) 如果3QF未跳闸,故障点在发电机层、水轮机层公用动力柜。同样用二分之一分割法,直至找到故障点,将其隔离,先恢复其它设备供电,查发

电机层或水轮机层公用动力柜故障方法与处理1号、2号和3号机旁动力柜故障一样,这里就不再赘述。

这就是1号厂变压器保护动作,备用电源自动投入后跳闸,0.4 kV I 母线及其连接的线路故障的排除方法。同样2号厂变压器保护动作,备用电源自动投入后跳闸,0.4 kV II 母线及其连接的线路故障的排除方法与0.4 kV I 母线及其连接的线路故障的排除方法相同。特别应注意在查此类故障前,必须先退出BZT装置,障排除后,恢复正常运行,再投入BZT装置。

## 结束语

厂用电系统是发电厂的“经络”,厂用电系统在运行中难免不出现故障,根据实际运行情况,灵活应用厂用电故障标准化排除方法,准确、迅速地查到故障点,将故障隔离,最短的时间内恢复其他设备供电,并迅速排除故障,恢复设备供电,确保厂用电系统安全、稳定和可靠运行。**EA**

(收稿日期:2015.08.17)

(编辑:刘群点)