

相关法差动保护判别励磁涌流和内部故障的一种新方法

辽宁省冶金厅 高焕新

摘要:

本文对变压器相关法差动保护原理进行探讨,提出了利用相关函数值的变化趋势判别变压器励磁涌流和内部故障的方法。在变压器内部故障时,相关函数值迅速下降;而在变压器励磁涌流时,相关函数值基本是不变的,这样,就可以区别励磁涌流和内部故障。为提高速度,对相关法差动保护原理加以改进,即滤掉两侧电流的直流分量后,再进行相关运算,从而提高了保护的快速性。

一 相关法差动保护原理

图1为变压器模型,

两侧电流分别为 $I_1(t)$ 和 $I_2(t)$,表达式分别为:

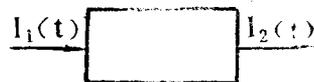


图1 变压器模型

$$\left. \begin{aligned} I_1(t) &= I_{d1} e^{-\alpha t} + \sum_{k=1}^n I_{k1} \sin(k\omega t + \phi_{k1}) \\ I_2(t) &= I_{d2} e^{-\alpha t} + \sum_{k=1}^n I_{k2} \sin(k\omega t + \phi_{k2}) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

一般情况下,变压器的输入电流和输出电流是平稳相关的,则 $I_1(t)$ 和 $I_2(t)$ 的互相关函数可用下式表示:

$$R_{xy}(\tau) = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} I_1(t) I_2(t+\tau) dt \quad (2)$$

将(1)式代入(2)式,并经过数学推导,得:

$$R_{xy}(\tau) = I_{d1} I_{d2} e^{-\alpha \tau} \operatorname{sh} \left(\frac{2\pi\alpha}{\omega} \right) / \left(\frac{2\pi\alpha}{\omega} \right) + \sum_{k=1}^n \left[\frac{1}{2} I_{k1} I_{k2} \cos(k\omega\tau + \phi_{k2} - \phi_{k1}) + \frac{(-1)^k \omega I_{k2} I_{k1}}{\pi \sqrt{\alpha^2 + (k\omega)^2}} \cos(k\omega\tau + \phi_{k2} - \beta) \operatorname{sh} \left(\frac{\alpha\pi}{\omega} \right) \right]$$

$$+ \frac{(-1)^k \omega I_{k1} I_{d2} e^{-\alpha t}}{\pi \sqrt{\alpha^2 + (k\omega)^2}} \cos(\phi_{k1} - \beta) \operatorname{sh}\left(\frac{\alpha\pi}{\omega}\right) \Big] \quad (3)$$

其中 $\beta = \tan^{-1}\left(\frac{\alpha}{k\omega}\right)$

在电力系统中, 通常有 $\omega = 2\pi f = 100\pi$, $\alpha = 0.13 \sim 0.5$, 所以 $\frac{2\pi}{\omega} \approx 0$, $\operatorname{sh}\left(\frac{\alpha\pi}{\omega}\right) \approx 0$, $\operatorname{sh}\left(\frac{2\alpha\pi}{\omega}\right) \approx 0$, $\operatorname{sh}\left(\frac{2\pi\alpha}{\omega}\right) / \left(\frac{2\pi\alpha}{\omega}\right) \approx 1$, 据此,

(3) 式可简化为:

$$R_{XV}(\tau) = I_{d1} I_{d2} e^{-\alpha\tau} + \sum_{k=1}^n \frac{1}{2} I_{k1} I_{k2} \cos(k\omega\tau + \phi_{k2} - \phi_{k1}) \quad (4)$$

令 $\tau = 0$, 即同时观测 $I_1(t)$ 和 $I_2(t)$, 并保持同步, 则有:

$$R_{XV}(0) = I_{d1} I_{d2} + \sum_{k=1}^n \frac{1}{2} I_{k1} I_{k2} \cos(\phi_{k2} - \phi_{k1}) \quad (5)$$

从(5)式可以看出:

1. 在变压器正常运行状态下, 因为 $I_1(t)$ 和 $I_2(t)$ 的相位基本相同, 且直流分量和高次谐波分量也很小, 可以忽略, 所以:

$$R_{XV}(0)_{\text{正常}} = \frac{1}{2} I_1 I_2 = \text{常数} \quad (6)$$

2. 在变压器外部故障状态下, 通过变压器的是一穿越短路电流, $I_1(t)$ 和 $I_2(t)$ 相位仍基本相同, 但可能有直流分量和高次谐波分量, 且基波幅值显著增大, 故有:

$$R_{XV}(0)_{\text{外故}} = I_{d1} I_{d2} + \sum_{k=1}^n \frac{1}{2} I_{k1} I_{k2} \quad (7)$$

3. 在变压器内部故障时, $I_1(t)$ 和 $I_2(t)$ 相位相反(多电源供电系统)或 $I_2(t) = 0$ (单电源供电系统), 且有直流分量和高次谐波分量, 于是, 有:

$$R_{XV}(0)_{\text{内故}} = I_{d1} I_{d2} - \sum_{k=1}^n \frac{1}{2} I_{k1} I_{k2} \quad (8)$$

由上述分析可知, 只要求得相关函数值 $R_{XV}(0)$, 就可根据该值的大小来判别变压器的各种运行状态, 从而达到继电保护的目的。

二 判别励磁涌流和内部故障算法

变压器微机保护的关键问题是如何区别励磁涌流和内部故障, 目前比较成熟的算法是二次谐波制动方案, 它受到普遍的应用。但由于变压器生产工艺和材料的改进, 许多新型的变压器在涌流和内部故障时电流中的二次谐波含量几乎无法区别, 有关文献提出的数据表明在变压器涌流期间最小二次谐波为基波的7.0%甚至更小, 而内部故障时二次谐波的含量可能较多。这样采用二次谐波制动方案进行变压器差动保护的可靠性在理论上受到很大影响, 甚至否定。本文提出一种新的方法, 用来判别变压器的励磁涌流和内部故

障。

这种方法的理论依据是：在变压器由正常运行状态或过负荷等状态下发生内部故障时，变压器的副边电流将反相（多电源供电系统）或衰减为零值，则此时相关函数值将迅速下降，对多电源供电系统来说，相关函数值很快变为负值；对单电源供电系统来说，相关函数值很快变为零值。而在励磁涌流期间，由于副边电流始终为零或较小正值，则相关函数值始终为零或较小正值。因此相关函数值的变化不大，没有迅速下降的现象。这样，就可以利用相关函数值的变化情况来判别励磁涌流和内部故障。

具体判别方法如下：

1. 计算出变压器原、副边电流的相关函数值，并保存起来。在计算机上计算公式为：

$$R(k) = \frac{1}{N} \sum_{i=k-N}^k I_1(i) I_2(i) \quad (9)$$

其中 $R(k)$ 表示第 k 次采样后计算出的相关函数值， N 为每周波采样次数。

2. 设定判别起动值 R_0 ，计算 $\varepsilon = R_{x, (0) \text{正常}} - R_0$ 。

3. 当 $R(k) > R_0$ 时，不作判断，返回。

当 $R(k) \leq R_0$ 时，作如下判断：

$R(k-m) - R(k) < \varepsilon$ 时，判别为励磁涌流，加以制动；

$R(k-m) - R(k) \geq \varepsilon$ 时，判别为内部故障，动作跳闸。

利用这种方法判别励磁涌流和内部故障，使整个保护均统一到相关函数值的计算和运算上来，保护的计算量大大减少，更适用于微机，单板机或单片机进行变压器保护。

为进一步提高相关法差动保护的速度，可对相关法加以改进，即在相关运算之前，滤掉变压器两侧电流的直流分量（也可以只滤掉一侧电流的直流分量）。方法如下：

计算出直流分量，用 I_{d1} ， I_{d2} 表示：

$$\left. \begin{aligned} I_{d1} &= \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} I_1(t) dt = I_{d1} \operatorname{sh} \left(\frac{\alpha\pi}{\omega} \right) / \left(\frac{\alpha\pi}{\omega} \right) \\ I_{d2} &= \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} I_2(t) dt = I_{d2} \operatorname{sh} \left(\frac{\alpha\pi}{\omega} \right) / \left(\frac{\alpha\pi}{\omega} \right) \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

相关函数为：

$$R_{x,}^*(\tau) = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} [I_1(t) - I_{d1}] [I_2(t) - I_{d2}] dt \quad (11)$$

经过数学推导和简化运算, 可得:

$$R_{x_y}^*(\tau) = \sum_{k=1}^n \frac{1}{2} I_{k1} I_{k2} \cos(k\omega\tau + \phi_{k2} - \phi_{k1}) \quad (12)$$

令 $\tau = 0$, 则有:

$$R_{x_y}^*(0) = \sum_{k=1}^n \frac{1}{2} I_{k1} I_{k2} \cos(\phi_{k2} - \phi_{k1}) \quad (13)$$

从(13)式可以看出, 由于没有直流分量的存在, 相关函数值在发生内部故障时的下降速度加快, 从而提高了差动保护的速度。

三 计算机仿真结果

本文对变压器内部故障进行了计算机仿真, 所用模型电路如图2所示。仿真结果如图3、图4所示, 仿真时取 $N = 12$ 。

仿真结果表明, 在变压器发生内部故障时, 相关函数值迅速下降。经过一个周波, 相关函数值均接近零值。由图3和图4可以看出, 从第15点开始发生内部故障, 相关函数

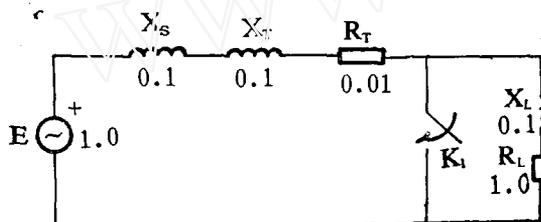


图2 内部故障仿真模型电路

数值由正常常时的5.4下降到2.0需要8个采样间隔(滤掉直流)或10个采样间隔(未滤直流), 下降到1.0需要9个采样间隔(滤掉直流)或11个采样间隔(未滤直流)。若取 $R_0 = 2.0$, 则 m 可取大于等于8的数值(滤掉直流)或10的数值(未滤直流); 若取 $R_0 = 1.0$, 则 m 可取大于等于9的数值或11的数值。但在实际使用上

R_0 值必须通过现场试验来决定, m 的取值也须由保护的实际情况决定。

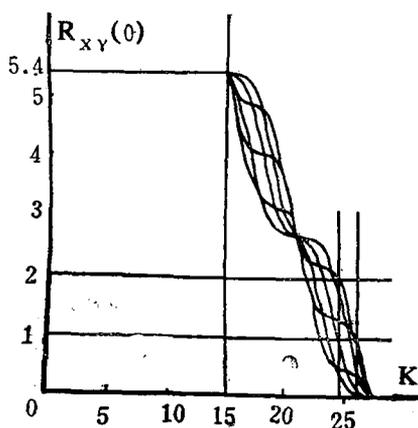


图3 内部故障仿真图形1
初相位分别取 0° 、 30° 、 60° 、 90° 、 120° 、 150°

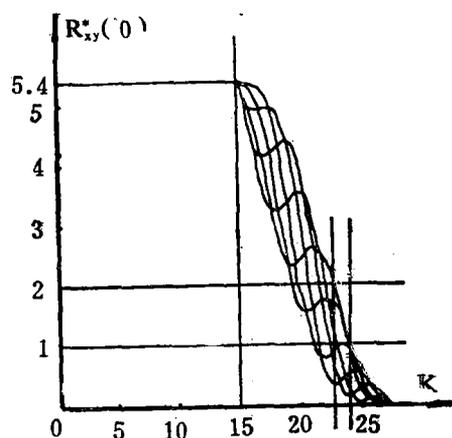


图4 内部故障仿真图形2
初相位分别取 0° 、 30° 、 60° 、 90° 、 120° 、 150°

瑞典“RADSS”母差保护整定方法探讨

湖北省电力局中调所 龚序 刘江平

摘要

瑞典ASEA公司生产的“RADSS”型母线差动保护,是一种构成原理独特、先进的保护。由于该保护具有一系列突出的优点,因此国内许多省引进作为220~500千伏母线保护。但是该保护的整定计算,到目前为止还没有可依循的方法。本文从分析该装置各种运行状态入手,导出了有关参数的整定域、整定公式,并提出了整定方法,作了实例整定计算,给出了结论性的意见。

一 问题的提出

“RADSS”型母差保护(以下简称“装置”),由于构成原理独特、先进,并具有目前国内一些其它原理构成和母差保护不能比拟的优点:1)能反应各类型的相间及

四 结束语

本文提出的利用相关函数值变化情况来判别励磁涌流和内部故障的方法,经过计算机仿真证明是一种可行的微机保护方案,但未经过现场在线运行的检验,还有待于做进一步的工作。

参考文献

1. 应用相关理论构成的数字式差动保护程序 施怀瑾 继电器 1984. 1
2. 大型变压器的计算机保护 胡立华 重庆大学学报 1982. 3
3. 大型机组继电保护理论基础 高焕新 水利电力出版社 1982年12月 第一版
4. 变压器计算机保护 王维俭 侯炳蕴 东北工学院研究生院论文 1989 6
5. 变压器差动保护相关法的改进 高焕新 林文铮 辽宁电机工程学报 1989 1