

# 采样同步误差引起智能站母差保护异常的概率模型的研究

黄文

(国网江西省电力有限公司萍乡供电分公司,江西 萍乡 337000)

**摘要:**受到同步误差影响,智能变电站易出现母差保护误动、拒动等异常现象,基于此,本文首先阐述了智能变电站同步误差的表现,为探究同步误差引起母差保护异常的概率,建立了概率模型。

**关键词:**同步误差;智能变电站;母差保护异常;概率模型

中图分类号:TM77

文献标识码:A

文章编号:1004-7344(2021)36-0072-02

## 0 引言

在信息科技驱动下,传统变电站逐步转化为智能变电站,继电保护系统随之调整,主要由智能终端、保护装置、合并单元等构成,结构更为复杂,且智能化程度更高。但在实际应用期间,发现同步误差可对母差保护产生一定干扰,继而出现母差保护异常问题,此时应结合实际情况展开针对性分析。

## 1 智能变电站同步误差的表现

### 1.1 时钟误差

时钟同步易受到磁场、卫星状态、高处遮蔽物、天气的干扰而出现误差,同时时钟晶振频率在不适宜的加速度、温湿度、电磁场环境下,可产生晶振频率偏移问题,继而引发时钟同步误差,除此之外,时钟同步系统在合理运行期间,在无外部因素干扰环境下,同样可能出现时钟同步误差<sup>[1]</sup>。在各类干扰因素影响下,导致时钟同步误差存在随机性特征,同时在本次研究中,对支路电流的四个采样点数据进行采集,发现同步误差呈正态分布。

### 1.2 采样值误差

电流波形在系统正常运行状态下符合正弦变化,即  $i(t) = I_m \sin(2\pi f t + \phi)$ ,其  $f$ 、 $I_m$ 、 $\phi$  分别为电网频率、电流幅值、电流初相位。从理论上讲,首个采样值表示为  $i(t_0) = I_m \sin(2\pi f t_0 + \phi)$ ,而将系统实际运行情况考虑在内时,首个采样值为  $i(t_0') = I_m \sin[(2\pi f t_0 + \Delta t_0) + \phi]$ ,在理论与实际间存在的采样值误差此时可表示为  $\Delta i_0 = i(t_0) - i(t_0')$ ,由此可见,采样值误差与采样点相位间存在一定关联,经分析后发现,当存在  $2\pi f t_0 + \phi = k\pi$  关系时,采样值误差最大。

## 2 智能变电站母差保护异常概率模型分析

### 2.1 母差保护误差

设第  $n$  条支路电流在同步误差状态下的采样值为  $i_n(k)$ ,并可进一步表示为:

$$i_n(k) = I_n \sin[2\pi f(kT_s + \Delta t_{nk}) + \phi_n] \quad (1)$$

式中:  $T_s$ -采样周期;  $\Delta t_{nk}$ -第  $n$  条支路电流第  $k$  个采样点的同步误差值;  $\phi_n$ -第  $n$  条支路电流的初相位<sup>[2]</sup>。依据母差保护原理与傅氏算法展开分析,将  $i_n(t)$  设为  $n$  条支路电流,  $i_n(k)$  为  $i_n(t)$  的离散采样值,涉  $N$  为周波采样点数,此时可提取电流基波  $I_{nk}$  与实部  $I_{ns}$  的算法:

$$\begin{cases} I_{nk} = \frac{2}{N} \sum_{k=0}^{N-1} i_n(k) \cos \frac{2\pi}{N} k \\ I_{ns} = \frac{2}{N} \sum_{k=0}^{N-1} i_n(k) \sin \frac{2\pi}{N} k \end{cases} \quad (2)$$

由式(2)分析可知,  $N$  个周波采样值误差主要借助傅氏算法传递给母差保护电流相量,继而引发母差保护误差。全周波傅氏算法能够良好去除谐波分量与直流分量,因此在展开分析时,将全周波傅氏算法作为分析基础,继而进一步提出母差保护在相量条件下的差动电流  $I_d$ 、制动电流  $I_{res}$ :

$$\begin{cases} I_d = \left| \sum_{n=1}^M i_n \right| \\ I_{res} = \sum_{n=1}^M |i_n| \end{cases} \quad (3)$$

式中:  $M$ -母线总支路数,将式(1)、式(2)代入式(3),此时即可得到的差动电流  $I_d$  与制动电流  $I_{res}$  的准确数值。除此之外,结合母差保护原理,可得出同一时刻的采样值差动,此时差动电流  $I_d$ 、制动电流  $I_{res}$  可表示为:

$$\begin{cases} I_d = \left| \sum_{n=1}^M i_n \right| \\ I_{res} = \sum_{n=1}^M |i_n| \end{cases} \quad (4)$$

将式(1)代入式(4),即可得到同步误差状态下的母差保护差

制动电流  $I_{res}$ 、差动电流  $I_d$ 。

## 2.2 误动与拒动模型

根据母线电流差动保护原理建立误动与拒动模型,母差保护判据如下:

$$\begin{cases} I_d > I_{op,0} \\ I_d \geq KI_{res} \end{cases} \quad (5)$$

式中:  $I_{op,0}$ -最小启动电流;  $K$ -制动系数,若不考虑同步误差,此时的差动保护动作特性如图 1 所示,图 1 中阴影部分为差动保护区,式(5)方程的动作区域为图 1 中 ABC 折线上方区域。

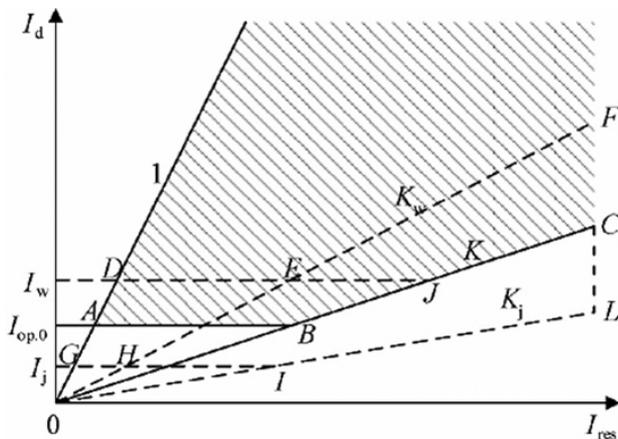


图 1 差动保护动作特性

将同步误差因素考虑在内时,母差保护判据如下:

$$\begin{cases} I_{op,0}' = I_d > I_{op,0} \\ K = I_d / I_{res} > K \end{cases} \quad (6)$$

如式(6)可知,若  $I_{op,0}'$  大于  $I_{op,0}$ ,因此,在图 1 中,  $I_{op,0}'$  表示  $I_w$  与  $I_{op,0}$  间的部分,有  $K$  大于  $K$ ,因此,在图 1 中,  $K$  为  $K_w$  与  $K$  之间的部分,此时 ABCEFD 区域为母差保护区,在此条件下,若发生同步误差,则无法产生母差保护误动,继而得出母差保护误动区域为图 1 中的 ABCEFD 区域。同理可知,若存在  $I_{op,0}'$  小于  $I_{op,0}$  的关系,  $I_{op,0}'$  对应图 1 中  $I_j$  与  $I_{op,0}$  间的部分,  $K$  小于  $K$ ,则  $K$  为  $K_j$  与  $K$  之间的部分,此时 ABCLIG 并非母差保护区,因此所在该条件下发生同步误差,则会导致母差保护不触发,继而产生母差保护拒动现象,继而得出母差保护拒动区域应为图 1 中的 AB-CLIG 区域。

根据上述分析可以发现,母线支路数  $M$ 、采样点数  $N$  等参数同样可影响误差保护异常概率,此时将同步误差表示为  $\Delta t \sim N(0, \sigma^2)$ ,在电流相量条件下选取  $X$  组同步误差,各组中均含有同步误差  $\Delta t$ ,结合上述公式进行讨论,并根据式(6)中母差保护判据展开母差保护误动分析,设  $X$  组同步误差中,引发母差保护误动的同步误差共有  $X_w$  组,在  $\Delta t \sim N(0, \sigma^2)$  条件下,可将同步误差引发母差保护误动的概率表示为:

$$P_w = X_w / X \quad (7)$$

式中:  $P_w$ -同步误差引发母差保护误动的概率;  $X_w$ -母差保护误动组数,其中  $X_w$  由式(6)及同步误差标准差决定。按上述思路同样可得出误差保护拒动概率,设  $X$  组同步误差中,引发母差保护拒动的同步误差共有  $X_j$  组,在  $\Delta t \sim N(0, \sigma^2)$  条件下,可将同步误差引发母差保护拒动的概率表示为:

$$P_j = X_j / X \quad (8)$$

式中:  $P_j$ -母差保护拒动概率;  $X_j$  同步误差组数,其中  $X_j$  由式(6)及同步误差标准差决定。式(7)、式(8)则为同步误差下的母差保护误动与拒动模型,误差组数  $X$  的取值越大,则所得异常概率结果的精确度越高,经仿真研究证明,当误差组数  $X$  超过一万组时,式(7)、式(8)母差保护误动与拒动模型的误差低于 1%。

## 2.3 同步误差对母差保护异常的影响

### 2.3.1 对母差保护误动的影响

计算同步误差标准差  $\sigma$ ,若标准差  $\sigma$  较小,则不足以引发母差保护异常,为避免同步误差过大,在仿真采样时,设定  $\Delta t \leq 3\sigma$  条件,当继电保护系统正常运行且  $\sigma > 0.001s$  时,则有可能出现母差保护误动,母差保护误动概率随  $\sigma$  数值的增大而增大;当继电保护系统外部故障且  $\sigma > 0.001s$  时,则有可能出现母差保护误动,母差保护误动概率随  $\sigma$  数值的增大而增大,但由于外部故障时所产生的电流较大,在相同同步误差条件下,外部故障时的母差保护误动概率大于系统正常运行时的概率。

### 2.3.2 对母差保护拒动的影响

设负荷线路、电源线路的故障电流分别为 5kA、15kA,母线所产生的故障电流为 50kA,在此条件下展开仿真分析,最终发现,当  $\sigma > 0.004s$  时,母差保护逐渐出现拒动异常,其随着  $\sigma$  数值的增大而增大,但结合傅氏算法来看,受到同步误差的正负性影响而产生了一定抵消,因此同步误差引起母差保护拒动异常的概率低于误动概率。

## 3 结语

综上所述,同步误差在电磁干扰、环境温度等因素干扰下呈现出正态分布特点,经分析后发现同步误差可对智能变电站母差保护产生干扰,引发母差保护误动与拒动问题,经分析后发现,采样同步误差与母差保护误动、拒动间存在正比例关系,为消除母差保护异常现象,需尽可能降低采样同步误差,以此避免母差保护异常现象。

### 参考文献

- [1] 王莉.基于 BP-2B 型母差保护装置开入异常处理的报文解析法[J].集成电路应用,2021,38(5):64-65.
- [2] 刘彬,黄杰.一起母差保护装置异常告警事件分析与建议[J].电气开关,2020,58(6):98-101.

收稿日期:2021-08-01

作者简介:黄文(1988—),男,汉族,江西赣州人,本科,工程师,主要从事变电二次检修工作。