

自适应重合闸重合时间的随机量预测分析

房鑫炎 郁惟镛 王 曼 上海交通大学电力工程系 (200240)

【摘要】 自适应重合闸能判断电力系统发生的故障是永久故障还是瞬时故障从而决定是否合闸, 从而避免了对系统的不必要冲击。自适应重合闸还应能够自动选择最佳重合时机。本文针对自适应重合闸重合时间进行了随机预测, 并提出了提前发出合闸脉冲的算法。

【关键词】 自适应重合闸 随机分析

引言

自动重合闸广泛地用于电力系统中, 在提高供电可靠性的同时, 也带来了一些问题, 如不能阻止断路器合在永久故障上, 对系统设备造成不必要的冲击。

自适应重合闸是在分相合闸与微机保护具有故障选相基础上提出的重合方案, 与传统的重合闸相比有着无可比拟的优点, 它从减少系统冲击入手, 预先判断系统故障是永久故障还是瞬时故障, 有效地防止系统受到不必要的冲击, 从而大大提高了系统运行的稳定性。

自适应重合闸在实现过程中必须考虑重合时间随机性的问题, 必须对其进行预测分析, 并把它与整个自适应重合闸结合起来一并考虑。本文介绍了这方面的一些分析研究情况及初步结论。

1 自适应重合闸的机理

利用微机保护的故障选相和故障分类原理, 选择适当的一相进行重合。

1.1 单相故障

对于单相故障, 跳开故障相两侧的断路器, 并启动重合闸, 利用以下判据:

$$U_j \geq K_k U_L \quad (1) \text{ (详细推导见参考文献}^{[1]})$$

其中 U_j 为测量到的断开相电压, K_k 取 $1.1 \sim 1.2$, U_L 为最大负载条件下两相运行感应电压。

满足条件 (1) 时, 判定为瞬时故障, 允许重合闸合闸。

1.2 两相或三相故障

系统发生两相故障时, 与微机保护的选相元件相配合, 选出无故障的一相作为首合相, 若对于三相故障, 则任选一相作为首合相。

1.2.1 判据一

该判据只用于线路的一侧, 如图 2 所示, 设 M 侧使用该判据, 称为本侧, N 侧则称为对侧。首合相的 M、N 侧不同时合闸, 其中 N 侧按固定延时合闸, M 侧捕捉到最佳重合时间后再合闸 (见下文叙述)。

在 N 侧合闸后, 利用判据可判定该相线路故障是永久故障还是瞬时故障, 判据如下: (详见文献^[2])

$$|U_n - U_{n-1}| > k_1 U_n \text{ 或 } |U_n| > k_2 U_n \quad (2)$$

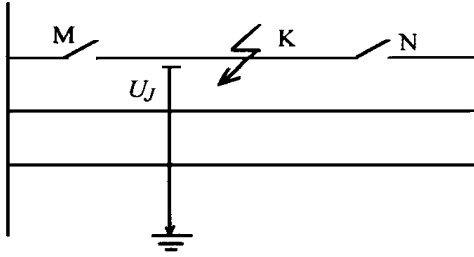


图 1

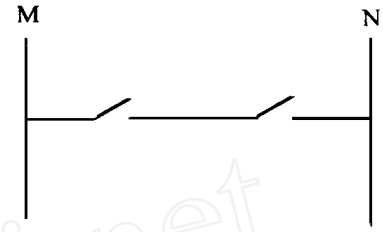


图 2

其中, U_n, U_{n-1} 都是系统电压的采样值, U_N 是线路相电压, k_1 取 0, 1, k_2 取 0.25, 满足式 2 时允许合闸。

1.2.2 判据二

此判据负责在第一相重合成功后, 判断是否允许重合第二相, 详见文献^[3]

若满足: $|U_{Ia}| < U_{Ga}$
 或 $|U_{Ib}| < U_{Gb}$
 或 $|U_{Ic}| < U_{Gc}$ 判定非带电相中有接地故障
 $U_{p1} < |U_{Ia}| < U_{p2}$ 判定无故障

若满足: $|U_{Ia} - U_{Ib}| < U_{\epsilon}$
 或 $|U_{Ia} - U_{Ic}| < U_{\epsilon}$ 判定相间故障
 和 $|U_{Ib} - U_{Ic}| < U_{\epsilon}$ 判定相间故障

其中: U_{Ia}, U_{Ib}, U_{Ic} 为 A、B、C 相实测感应电压

U_{p1} 为未带电相电压计算值的上限

U_{p2} 为未带电相电压计算值的下限

U_G 为未带电相有接地故障时, 相对地电压的计算极限

U_{ϵ} 为两未带电相计算电压的值

1.2.3 附加判据

这一判据用来判定第三相和第二合闸相之间是否有永久性故障, 即若:

$$|U_{Ib} - U_{Ic}| < U_{\epsilon}$$

则判定 B 相和 C 相故障。

2 最佳重合时间

传统重合闸的重合时间是固定的, 在综合考虑系统稳定、故障点熄弧时间、绝缘介质强度恢复的基础上, 确定了一个延时, 该延时确定之后, 便不再更改, 其盲目性很大。因为断路器两端电压波形成正弦形状, 若正好在电压幅值最大处合闸, 则会使系统受到又一次冲击, 造成发电机轴系受力加剧, 对其疲劳强度及使用寿命都产生不利影响。如果能在重合瞬间, 使断路器两端电压为零, 就可以使以上不利减少到最小。

2.1 最佳重合时间判据

欲使合闸时冲击最小, 如图 3 断路器开关电压 U_k 的波形。

$$\text{需满足: } \begin{cases} U_k = 0 \\ \frac{dU_k}{dt} < 0 \end{cases} \quad (1)$$

满足此式的时间则可作为最佳重合时间。

2.2 时间配合判据

要使重合闸成功, 必须有 $t > t_1$ (t_1 是保证故障点电弧熄弧必需的最小时间)。

另外, 为了使系统在重合之后保持稳定, 有 $t < t_2$ (t_2 是系统稳定所要求的最大重合时间)。

还有, 使用最佳重合判据的 M 侧必须等 N 侧合闸后才能启动, 因此, 有 $t > t_3$ (t_3 是 N 侧固定合闸时间)。

3 对断路器合闸时间的考虑

因为断路器的动作有一定延时, 从操作线圈接到合闸命令到断路器真正合上还需要一段时间, 具体实现中就存在一个滞后, 为了使重合瞬间正好处于断路器两端电压为零时, 就必须预测断路器合闸时间, 能够提前发出合闸命令。

3.1 预测分析

断路器合闸时间是一个随机量, 运行记录表明, 它符合正态分布, 我们可以利用正态分布数学模型对随机量进行预测。

3.1.1 随机量预测

对于随机量, 我们只能预测到它的均值, 把经修正的均值作为下一次合闸时间的预测值。

设记录的随机量个数为 n , x_i 为第 i 个随机量, 把 n 个随机量作为一个样本, 根据对此样本进行的分析, 可求出它的均值 $\bar{x}$ 和方差 S :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

利用以上结果, 对 n 个数据进行筛选, 取符合 $\bar{x} - 3S < x_i < \bar{x} + 3S$ 的数据, 对剩下的数据再取均值

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} x_i$$

3.1.2 修正均值

为了使结果更符合实际, 下面对均值进行修正。

设断路器铭牌上的固定时间为 t , 有:

$$x_2 = \frac{1}{2} (\bar{x}_1 + t)$$

把 x_2 为均值, 计算 S_2 , $S_2 = \frac{1}{n_1-1} \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - x_2)^2$

利用 x_2, S_2 , 对数据再进行一次筛选, 筛选后计算 $\bar{x}_2$:

$$\bar{x}_2 = \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} x_i$$

$\bar{x}_2$ 即为所预测的随机量结果。

3.1.3 自适应校正

在计算均值过程中, 筛选掉的不符合要求的数据, 在计算完毕后要能自动恢复, 以备下次使用。

断路器每次合闸时都计入此次合闸时间, 排到 n 个随机量数据的最后, 并删除这 n 个数据

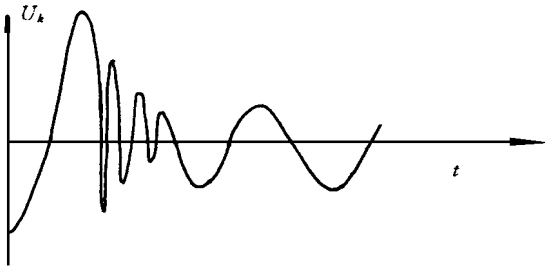


图 3

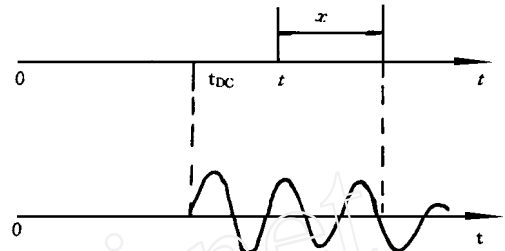


图 4

中最前面的一个, 下一次估算时, 是以这个新的时间序列作为样本进行计算。

3.2 合闸脉冲的发出

在 3.1 中已对随机量作了预测, 现在需要把随机量与整个自适应重合闸结合起来, 利用预测结果, 根据情况提前发出合闸脉冲。

3.2.1 滤波环节

断路器开关电压如图 3 所示, 在 N 侧刚刚合闸时, M 侧断路器电压波形中存在着各种谐波分量, 到一定时间(约 30ms)后谐波分量衰减后, 才是基波分量。分相合闸时, 对侧合闸后, 本侧也要跟着合闸, 其时间相差一般为 40 ~ 80ms。从波形上看, 需要在电压不规则时便要发出合闸脉冲信号, 使对发电机轴系冲击最小时正好在断路器合闸瞬间。

考虑与微机保护相结合, 采用数字滤波方法, 从电压中滤出基波分量, 并对基波进行分析, 与上一步预测到的断路器合闸时间相结合, 适时发出脉冲。

在选择滤波算法时, 与微机保护中的滤波环节相结合, 尽量采用数据窗较短, 能精确计算出过零点的算法。在这里, 以傅氏滤波算法为例, 说明如何与发出脉冲结合起来。其算法如下:

$$U_R = \frac{2}{N} \sum_{k=1}^N u_k \cos sk \cdot \frac{2\pi}{N}$$

$$U_I = \frac{2}{N} \sum_{k=1}^N u_k \sin sk \cdot \frac{2\pi}{N}$$

$$\theta = \arctg \frac{U_I}{U_R}$$

其中, N 为一周内采样数, U_k 为第 k 个采样值。为了滤除非周期分量, 还可以加上纠正环节。该算法较为精确, 但数据窗稍嫌长, 为 20ms。在第 20ms 之后, 可以得到正确的数据, 计算每一点的幅值及幅角。

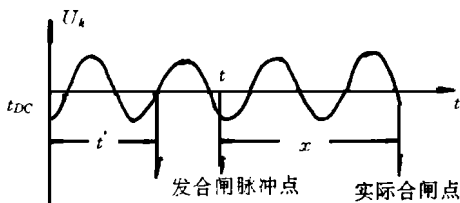


图 5

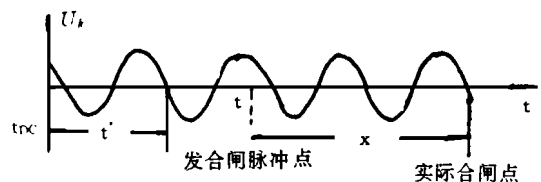


图 6

3.2.2 合闸脉冲的发出

设断路器合闸时间的预测值为 x , 以故障发生时间为零点, 对侧固定合闸时间为 t_{DC} , 发出合闸脉冲的时间为 t , 这几个时间的关系, 及开关电压的基波波形如图 4。

U_k 约 $2T$ (40ms) 后进入稳态值, 取合闸实际时间为基波波形中第一次计算出 $\begin{cases} U_k = 0 \\ \frac{dU_k}{dt} < 0 \end{cases}$

点 ($\theta = \pi$) 后的 60ms , 或第一次计算出 $\begin{cases} U_k = 0 \\ \frac{dU_k}{dt} > 0 \end{cases}$ 点 ($\theta = 2\pi$) 之后的 50ms 。

下面分别推一下发出合闸脉冲的时间公式。

a 先计算出 $\theta = 2\pi$ 点时, 如图 5, 可得

$$t = t_{DC} + t_0 - \frac{T}{2} + 3T - x$$

其中 T 为基波周期, t_0 为从对侧合闸后到此采样点之间的时间。

b. 计算 $\theta = \pi$ 点时, 如图 6, 可得

$$t = t_{DC} - t_0 - 3T - x$$

4 框图 (见图 7)

5 结论

1) 本文在分相合闸及微机保护故障选相的基础上, 较为完整地论述了自适应重合闸的机理, 并给出自适应重合闸的动作过程。它能提前判别系统故障类型, 还能够自动选择最佳合闸时机。

2) 本文对最佳重合时间作了随机分析, 与具体实现相结合, 把最佳重合时间判据与随机量预测有机地联结起来, 提出了重合时间的自适应。

3) 本文对重合闸过程中的随机量作了一定的分析, 建立模型, 并提出预测随机量的自适应预测算法。

参考文献

- 葛耀中 单相重合闸过程中瞬时与永久故障判别方法 西安交通大学学报, 1980. 23~ 32
- 郁惟镭、房鑫炎、王山虎 自适应重合闸的机理及仿真计算 上海交通大学学报, 1996. 9. 39~ 44
- A.G.PHADKE S.H.HOROW TTL A.G.NCCABE. 自适应式自动重合闸. 国际大电网 1990 年会议论文集, 北京 51~ 57
- 陈德树 计算机继电保护原理与技术 水利电力出版社, 1991. 1

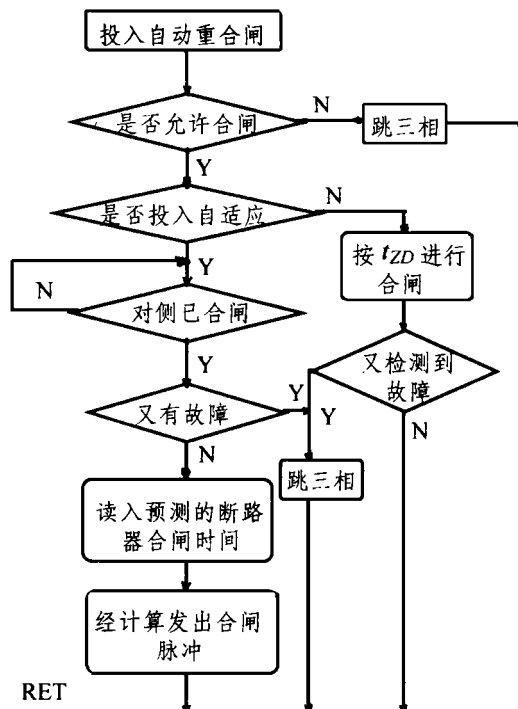


图 7

RELAY

Vol 25 No. 1

February 1997

CONTENTS AND ABSTRACTS (Partial)

THEORETICAL STUDY AND CALCULATION

The Main Protection Scheme of Internal Short Circuit for Generator Transformer Bank of Three Gorges Hydroelectric Power Station Wang Weijian, Lin Junhong (5)

Based on the theoretical analysis and test research of the main protections for Long Yang Xia station and Er Tan station, the main protection schemes of Three Gorges station are put forward in this paper. The first main protection for generator is the unit transverse differential relay with high sensitivity, the second main protection is the incomplete differential relay. For transformer, the differential relay with the restraint of scalar product of fault component may be used as the first main protection, and the incomplete differential relay for generator-transformer is the second main protection. The differential relay of transformer is restrained by harmonic of square sum of three phase current.

Key words: Three Gorges Station Generator-Transformer bank Internal short circuit Main protection

Sectional Algorithm for Open-Conductor Plus Short Circuit Fault in Protective Relay Setting Calculation

..... Cao Guochen, Tan Xingquan (8)

This paper presents a sectional algorithm for open-conductor plus short circuit fault in protective relay setting calculation. The algorithm has the following characteristics:

- 1) Storage requirements can be reduced
- 2) The nodal impedance matrices of each original sequence subsystems do not need to be modified
- 3) Any type of simple fault can be solved as a special issue of open-conductor plus short circuit fault

Key Words: Protective relays Setting calculation Sectional algorithm

Analysis and Prediction of Random Variable about the Reclose Time of Adaptive Recloser

..... Fang Xingyan, et al (13)

Adaptive recloser can discriminate permanent fault and transient fault of power system to decide reclosing or not, thus avoiding unnecessary impact on the system. The adaptive recloser also should be able to select the best reclose time automatically. This paper made a prediction of random variable about the reclose time of adaptive recloser and presented an algorithm of advancing to send closing impulse.

Key words: Adaptive reclose Random analysis

NEW TECHNOLOGY RESEARCH AND APPLICATION

A Way of Quickly Enabling Distance Protection in Fault During Swing Blocking ... Zhao Zhihua, et al (18)

This paper introduces a way of enabling distance protection in fault during swing blocking condition, discusses the change of electrical quantity during swing condition, summarises some swing blocking schemes home and abroad, and presents a realizing way of swing blocking based on the feature of electrical quantity in fault during swing blocking condition in order to ensure enabling the distance protection in fault during swing blocking condition to quickly cut off the fault selectively.

Key Words: Distance protection Swing blocking condition

A New Scheme of Data Collection System for Microprocessor-Based Protection Zhang Keyuan (22)

A new scheme of data collection system of microprocessor-based protection basing on pulse width measurement (PWM) is presented. The theoretical analysis and test result have proved that the data collection system has the advantages of high resolution, high anti-interference ability, simple and reliable connections, low cost, and broad range of sampling rate, and can completely satisfy the requirement of microprocessor-based protection.

Key words: Microprocessor-based protection Data collection system PWM Triangle wave generator

A Calculating Method of Power System Frequency Based on Digital Sampling Li Ruisheng (26)

A method of calculating frequency and its rate of variation by sampling the bus voltage of power system is introduced. The method of minimizing its error is also discussed to reduce one input circuit of measuring level.