

一种在振荡闭锁期间发生故障时快速开放距离保护的方法

赵志华 张红跃 易永辉 许昌继电器研究所(461000)

【摘要】 本文介绍了一种在振荡闭锁期间发生故障时开放距离保护的方法,对振荡时的电气量变化进行了讨论,总结了目前国内外采用的一些振荡闭锁方案,并根据振荡闭锁期间再发生故障时的电气量特点,提出了一种振荡闭锁的实现方法,以保证在振荡闭锁期间发生故障时开放距离保护,有选择性地快速切除故障。

【关键词】 距离保护 振荡闭锁

前言

并列运行的系统或发电厂失去同步,破坏了稳定运行,于是就出现振荡。振荡时电流上升,电压下降,可能引起距离保护误动作。在电力系统振荡时,继电保护不应动作,因此对受振荡影响可能要误动作的距离保护实现振荡闭锁。

振荡闭锁是距离保护的重要环节,在我国,距离保护广泛采用出现负序电流或电流突变量时短时开放,其后则对保护实现闭锁的方案。这种方案可以有效地防止暂态稳定破坏时造成保护误动,其缺点是在保护被闭锁期间若发生故障则不能有选择性地、以较快速度将故障切除,并有可能造成系统大面积停电,甚至系统瓦解。

在电气化铁道(单相负荷)成为重要负荷的系统中,传统的振荡闭锁装置将频繁地启动,也就频繁地闭锁保护;近年来在我国不少地区出现过雾闪,即多处几乎同时发生故障,这些情况的出现都要求对传统的振荡闭锁装置加以改进或补充,使之更加完善。

国内外继电保护工作者都注意到了振荡闭锁的重要性,研究出了很多种改进方案,例如: dR/dt , $d(U \cos \varphi / dt)$, $|I_2| + |I_0| \geq m |I_1| U \cos \varphi$ 等,有一些已经取得了成功的经验,并得到了广大用户的认可,但在整定计算或使用上仍有一些问题需要解决。

本文的方案是在总结了已经取得的成功经验的基础上加以改进和完善之后提出的;本文着重讨论在振荡闭锁期间如何检测发生的故障。

1 电力系统振荡及短路时保护安装点几种主要电气量的特征

图 1 示出了一个双侧电源的系统,图 2 示出了该系统在振荡时的电流、电压相量图,图 3 示出了发生短路时的相量图(按三相短路时的一相绘制)。

显然,从图 1 ~ 图 3,可以得出如下结论:

- 1) 振荡时电流及电压的幅值均作周期性变化, $\delta \approx 180^\circ$ 时,电流量大,电压最低,短路后,短路电流和电压(不计衰减时)不变;
- 2) 振荡时电流和电压的变化率($\frac{\Delta I}{\Delta t}$ 及 $\frac{\Delta U}{\Delta t}$, 其中 Δt 很小)较小,而短路时,变化率很大;
- 3) 振荡时电流与电压之间的相位关系随 δ 变化而变化,而短路时,电流和电压之间的相位

是不变的;

4) 振荡时, 无零序和负序电流(由于 CT 特性的不一致, 仅有不平衡输出, 零序、负序电流较小), 而在不对称接地故障时, 则有较大的零序和负序电流出现;

5) 振荡时, 振荡中心点电压在 $\delta \approx 180^\circ$ 时很低, 在 $\delta \approx 0^\circ$ 时却很高, 而相间短路时, 短路点的弧光压降很低。

2 振荡闭锁期间故障检测的基本原理

众所周知, 输电线路发生的故障不外乎以下两种类型: 接地故障和不接地故障, 显然, 三相接地故障可以按不接地的情况对待, 这样就可以根据系统中是否有零序分量来检测是否发生接地故障。

在检测出有零序分量的情况下, 可以认定已经发生了故障, 但不能简单地将所有按相设置的继电器都开放, 因为非故障相的距离继电器可能会因为振荡而误动, 故障相的距离继电器则能正确测量。根据文献^[1], 对此种类型的故障, 可以进行选相测量, 在非振荡或振荡过程中 δ 较小时发生故障, 能够立即选

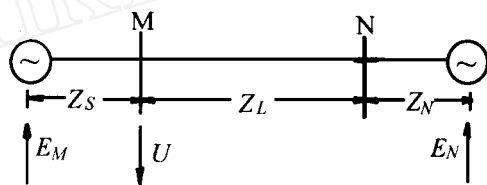


图1 双侧电源的系统图

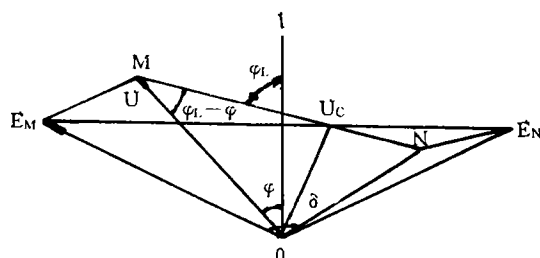


图2 振荡时刻的相量图

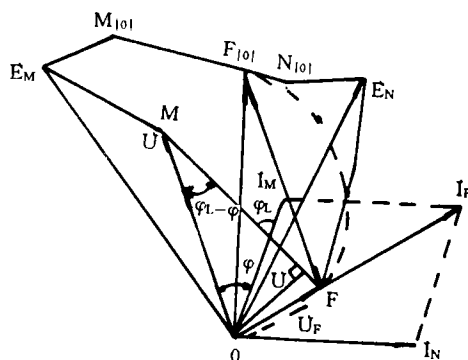


图3 三相短路时的电压相量图

出故障相, 将发生在 I 段内的故障无延时切除, 对于 δ 接近于 180° 时发生的故障, 又不能明确选出故障相别的个别情况下, 会随着 δ 的减小而快速动作。

从图2可以看出, $U' = U * \sin(\varphi - \vartheta)$ 反应振荡中心的电压, 而在发生相间短路故障时(图3), U' 又可以反应短路点的弧光压降, 该电压值很小(标么值不大于 0.05), U' 在非振荡或振荡但 δ 不大时其值很大(标么值接近于 1), 若此时发生故障, 则 U' 会有非常大的变化。

因此在无零分量出现, 但检测出 U' 有很大变化的情况下, 可以判定发生了相间短路故障, 可以无延时地切除发生在 I 段范围内的故障。

对于在 δ 接近于 180° 时发生的相间故障, 可以经过一定的延时动作切除保护范围内的故障。此种情况文献^[2]已作了详细论述, 本文不再赘述。

下面对 U' 的变化量 $\Delta U'$ 动作门槛的选取加以讨论:

在振荡时 δ 在 $0^\circ \sim 360^\circ$ 之间变化, U' 也作周期性的变化, 我们所关心的是在一定的时间间隔(ΔT_s) 内 U' 的变化量 $\Delta U'$; 并考虑到在振荡时电气量的一些特殊性(如频率、幅值不再恒

定), ΔT_s 不能太小, 如果太小且又要求数据不重叠, 则计算测量出的 $\Delta U'$ 不可能真实, 会有很大误差, 为了提高可靠性, 必须提高门槛, 相应地降低了 $\Delta U'$ 的灵敏度; 当然 ΔT_s 也不能太大, ΔT_s 太大则快速振荡时 $\Delta U'$ 也会很大, 势必将降低 $\Delta U'$ 检测故障的灵敏度。

对 $\Delta U'$ 的选择按图 4 所示的简化相量图加以说明。

假设系统两侧电动势的幅值相等, 并忽略系统各元件的等效电阻, 则:

$$U' = U_c = E \cdot \cos \frac{\delta}{2} \quad (1)$$

图 4

取任一时刻 t_0 所对应的系统两侧电动势的相位差为 δ , 经过一定时间间隔 (ΔT_s) 之后, 相位差变为 δ_1 , $\delta_1 = \delta + \omega * \Delta T_s$ (假定 ω 不变), 则 U' 的变化量 $|\Delta U'|$ 为:

$$|\Delta U'| = E \cdot \left| \cos \frac{\delta_1 + \omega * \Delta T_s}{2} - \cos \frac{\delta}{2} \right| = E \cdot 2 \cdot \sin \frac{\omega * T_s}{4} \cdot \left| \sin \frac{2\delta + \omega * \Delta T_s}{4} \right|$$

$$|\Delta U'| \text{ 的最大值为: } |\Delta U'|_{\max} = 2 \cdot \sin \frac{\omega * \Delta T_s}{4} \quad (\text{当以标么值表示时}) \quad (2)$$

统计资料表明, 振荡过程中振荡周期最短为 0.1 ~ 0.15s, 个别的约为 0.08s, 在系统恢复同步前最后一个振荡周期最长, 一般可按 3s 考虑。考虑最严重的情况, 取振荡周期为 0.08s。

则 $\omega = \frac{2\pi}{0.08} = 78.54 \text{ (rad/s)}$, 此时

$$|\Delta U'|_{\max} = 2 \cdot \sin \frac{78.54 \times 0.01}{4} = 0.39 (\Delta T_s \text{ 选为 } 0.01\text{s})$$

很显然, 在考虑一定的裕度后, $\Delta U'$ 的门槛可选择为 0.5。

反过来, 在门槛选为 0.5 之后, 如果在振荡中发生故障时, $\Delta U'$ 能够将故障正确检出的最大 δ 为:

$$0.55 = \cos \frac{\delta_{\max}}{2} \quad (\text{弧光压降按 } 0.05 \text{ 考虑}), \text{ 则 } \delta_{\max} = 2 \cdot \cos^{-1} 0.55 = 113.3^\circ$$

也就是说, 在振荡过程中所发生的相间或三相故障有接近 $\frac{2}{3}$ 的几率被 $\Delta U'$ 检测出来, 可以进行快速跳闸。

顺便指出, 对于在 $\delta \approx 180^\circ$ 附近发生的相间短路, 将被 U' 经一个很小的延时检测出来, 该延时不大于 150ms (文献^[4])。

因此按这种原理实现区分振荡与故障, 能较好地解决目前距离保护存在的振荡中再故障或后继故障不能快速跳闸的问题。

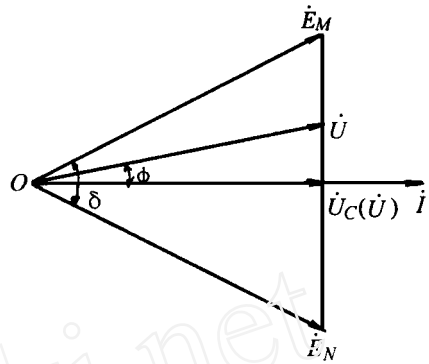
3 实现本原理的逻辑框图

本原理特别适合于用微机实现, 其实现的逻辑框图如图 5 所示。

4 结论

以上所介绍的原理方法, 具有如下特点:

1) 对于各种转换性故障, (区外 → 区内, 相继的后续故障以及启动后的故障等), 如果在



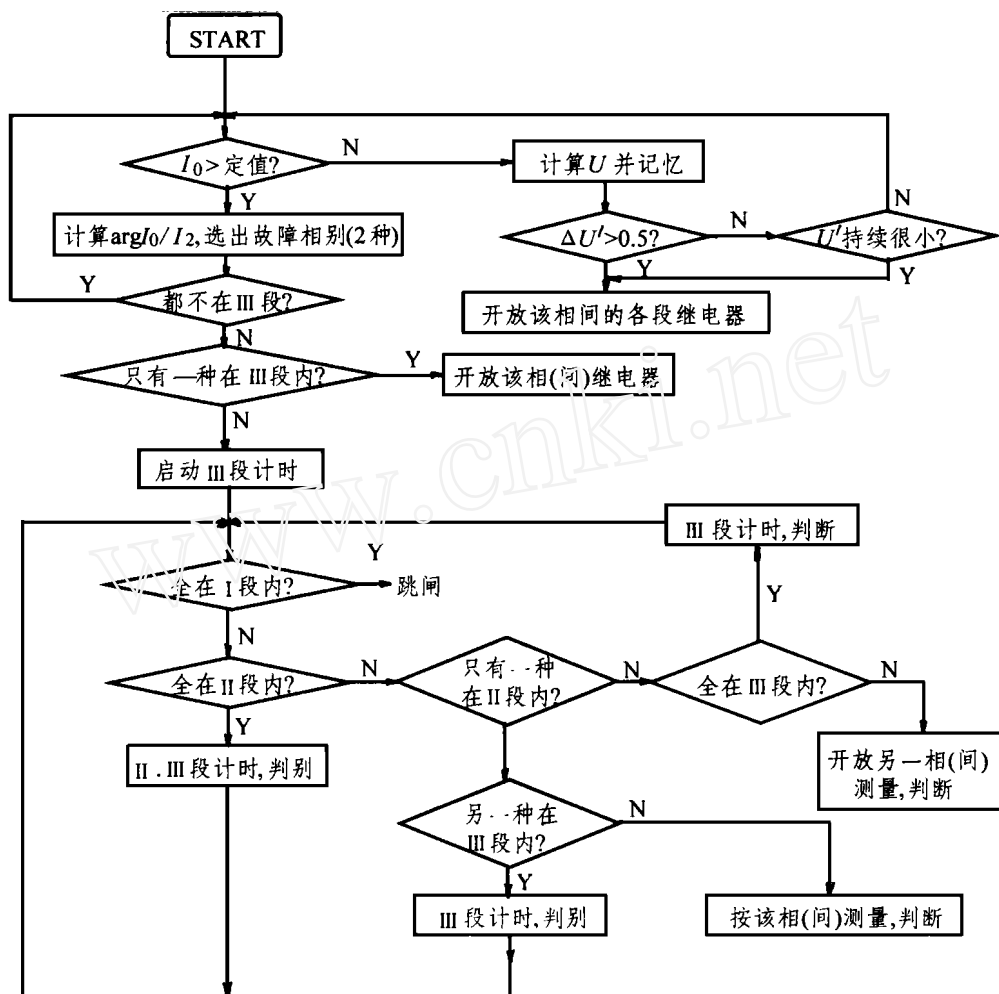


图5 振荡闭锁期间故障检测的逻辑框图

I 段内可无延时跳闸;

2) 振荡过程中不会使保护误开放;

3) 振荡中发生的各种故障都可无延时(δ 不大时故障)或稍带延时($\delta \approx 180^\circ$ 的情况下, 振荡中心附近发生的相间短路故障)将区内故障切除, 且具有选择性。

部分符号说明:

φ : 线路阻抗角

$\varphi_{U \text{ 与 } I}$ 之间的夹角

δ 两侧电动势(E_M 、 E_N)之间的相位差

$U' : U \cdot \sin(\varphi - \varphi)$ 测量电压(反映振荡中心电压或弧光压降)

U_c : 振荡中心电压

参考文献

- 1 朱声石 高压电网继电保护原理与技术 中国电力出版社, 1995 2
- 2 沈国荣 区分振荡与短路的新原理 电力系统自动化, 1990, 14(1)
- 3 贺家李, 宋丛炬 电力系统继电保护原理 水利电力出版社, 1991
- 4 南京自动化研究所 LFP—901 型 901 保护装置研制报告

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)

An 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.