

一种新型电压式馈线自动化方案

焦振有¹, 栾涌泉², 马千³, 宋天祥³

(1. 东北电力学院电力系, 吉林 吉林 132012; 2. 沈阳热电厂科技处, 辽宁 沈阳 110026;

3. 本溪电业局, 辽宁 本溪 117001)

摘要: 提出一种电压一时延式馈线自动化方案, 该方案采用断路器做分段开关, 根据馈线故障后的电压的大小确定各 FTU 的动作时间, 并对可能出现较长延时的情况进行时间上的补偿, 进而确保快速切除故障。该方案能够在没有通信支持的情况下完成馈线自动化的功能, 也可以作为基于通信的集中式馈线自动化的后备方案。

关键词: 馈线自动化; FTU

中图分类号: TM76 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2002)10-0075-03

1 引言

馈线自动化是配电自动化的核心, 是配电自动化的最主要的控制功能。随着配电自动化技术的应用与发展, 馈线自动化的原理及实现方式发生了一定的变化, 经历了以下四个发展阶段: (1) 传统的重合器方式, 此阶段已经成为历史; (2) 基于通信的集中控制自动化, 目前在国内的大量试点中得到应用; (3) 集中控制与分散控制结合的混合控制方式, 此阶段的前提是断路器在配网中的广泛应用; (4) 完全下放的分散式就地保护控制方式, 此阶段有可能成为今后的馈线自动化的主流方式。

在阶段 3 与阶段 4 中, 配电自动化系统依赖于 FTU 之间局部通信以及全网通信的集中式自动化方案。通信水平的提高决定了自动化实现的形式和实现层次, 同时也大大提高了配电网自动化的系统集成程度。基于全网通信方式的 SCADA 系统、GIS 系统及各种配电运行功能子系统都成为配电网自动化中的一部分。

馈线自动化的主要目的是提高供电可靠性和改善电能质量, 这就要求集中式的馈线自动化必须考虑在通信系统出现故障时的可靠性, 即与不依赖于通信的后备方案相结合, 另一方面, 如果使馈线自动化的功能在一定程度上与通信相分离, 将有利于配电网自动化系统向功能化、模块化发展。随着配电自动化的控制保护功能的增强, 考虑实现可靠的后备方案成为可能。尤其是在通信系统发生异常时, 后备方案进一步提高了系统的可靠性, 具有重要的应用价值。本文基于对集中式馈线自动化的研究和

实践, 讨论了一种不依赖于通信的分布式馈线自动化方案。

2 基本原理

馈线自动化的故障处理与微机保护相比较, 更多地依赖于把馈线系统的多个 FTU 视为一个不可分割的整体来解决故障隔离问题。一般情况, FTU 本身不具有选择性, 它完全依赖于通信来实现选择性。如果能够使 FTU 完全依赖于局部信息实现故障的选择性, 则可以实现不依赖于通信系统的馈线自动化。

在小电流接地系统中, 馈线故障只有三相短路和相间短路是需要快速隔离的。图 1、2 所示为 A 处故障时的馈线上的电压(残压)分布, FTU1、FTU2 和 FTU3 处残压不同, 如果由开关 2 来切除故障, 则满足选择性。分布式故障隔离的新方案选取各个故障电流流过的 FTU 测得的残压为特征输入, 不同的残

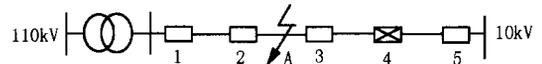


图 1 馈线系统发生故障示意图

Fig. 1 Feeder network with a fault occurred

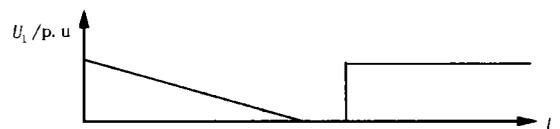


图 2 金属性短路的馈线残压分布图(开关选用断路器)

Fig. 2 Feeder local voltage when a fault occurred without fault resistance (switches are breakers)

压对应 $U-T$ 曲线中不同的时间延时,根据各 FTU 之间的时间配合实现切除故障的选择性。如图 1 所示的 FTU1、FTU2 同时测得故障电流流过,FTU1 的跳闸延时为 t_1 ,FTU2 的跳闸延时为 t_2 , $t_1 > t_2$,这样,开关 2 先跳闸切除故障,此后 FTU1 将测得电压恢复后收回跳闸命令。开关 3 为联络开关,平时为断开状态,当开关 3 检测到左侧线路失压时,开始计时 t_3 时间后,合闸(不重合)。由于是合闸于故障,开关 4 将跳开,至此实现了故障隔离、网络重构。

3 残压—时间特性曲线的确定

3.1 $U-T$ 基本曲线

分布式馈线自动化方案实现的关键在于 FTU 根据局部故障信息实现选择性跳闸,这一选择性是基于预先设定的残压—时间特性曲线($U-T$ 曲线)实现的。

图 3 中给出了 $U-T$ 基本曲线,直线 1 和直线 2 具有不同的斜率。斜率越低越能确保各 FTU 之间配合的动作选择性,但同时也增加了动作的延时,不利于快速切除故障。只有当两个相邻 FTU 之间的动作延时差大于两个开关动作的时间差时,才能确保开关动作的选择性。下面分析故障时相邻 FTU 之间电压差的大小。

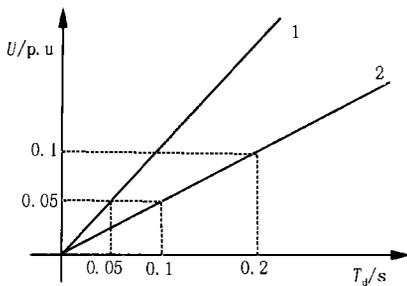


图 3 $U-T$ 基本曲线
Fig. 3 the basic $U-T$ curve

设线路每公里阻抗 $Z_0 = 0.2 + j0.3$,两 FTU 之间的最小距离为 1 km,故障电流大小为 1 kA,可粗略计算两相邻 FTU 之间的残压差为 $U = 1000 \times |Z_0| \times I = 360 \text{ V}$, $U^* = 0.052$ 。

由于故障后线路电压下降,电压变送环节不存在饱和问题,对 U 的计算不存在任何困难, U^* 的大小能够满足计算可靠性的要求,也就是说 FTU 对电压的分辨率足以区分相邻两个 FTU 的残压的相对大小,从而为 FTU 动作的选择性提供了实现条件。

2.2 $U-T$ 补偿曲线

为了使 $U-T$ 特性曲线同时适用于相间短路和三相短路,选用 $U_{in} = \min\{U_{ab}, U_{bc}, U_{ca}\}$ 作为输出,以上分析了理想的金属性故障的性质。实际中,故障发生期间,弧光电阻将对馈线上的残压分布有很大影响。在高压系统中,相间故障、三相故障的弧光电阻上的压降一般为 3% ~ 5%^[3]。由于高压线路很长,线路本身的阻抗很大,因此这种弧光电阻一般可以忽略,不会对保护构成影响。然而配电网中,由于线路过短,线路本身的阻抗很小,因而有必要对弧光电阻的影响进行讨论。

设 $I_F = 1 \text{ kA}$, $R_g = 0.52$, $Z_0 = 0.2 + j0.3$ 。
 $U_{Rg} = 1000 \times 0.5 = 500 \text{ V}$, U_{kg} 的标么值 $U_{Rg}^* = 0.087$ 。

由于 R_g 的存在使得各 FTU 的动作延时普遍增加 t_{Rg} (t_{Rg} 为 U_{Rg}^* 在图 3 中的 $U-T$ 曲线中所对应的时间)。以图 3 中的曲线 1 为例, $t_{Rg} = 0.087 \text{ s}$,当 $R_g = 1$ 时, $t_{Rg} = 0.174 \text{ s}$,当 $R_g = 2$ 时, $t_{Rg} = 0.35 \text{ s}$,当然 10 kV 中的弧光电阻一般很小。现在 R_g 的存在将影响 FTU 切除故障的快速性。

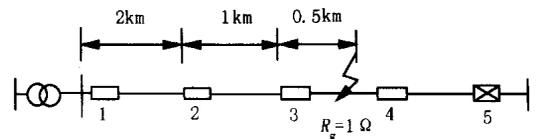


图 4 有过渡电阻的故障示意图
Fig. 4 Fault occurred with a resistance

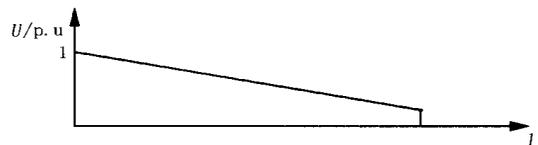


图 5 考虑弧光电阻短路的馈线电压分布
Fig. 5 Feeder local voltage considering arc resistance

图 4、5 给出考虑电阻短路的馈线电压分布图。由于 U_{Rg} 的存在使得两相邻 FTU 的残压差变小,这不利于动作的选择性。为了克服弧光电阻的影响,我们做了如下补偿。

$$K = R / X = (R_g + R_l) / X_l \quad (1)$$

$$t_{delay} = t_{delay} / K \quad (2)$$

式中: K 为补偿系数, R 、 X 分别为各 FTU 处测得的故障时的电阻和阻抗。当 $R_g = 0$ (金属性接地) 时,各 FTU 处的补偿系数相同。当 $R_g \neq 0$ 时,越靠

近短路点处的 FTU 的补偿系数越大。分析如下:

设 $I_f = 1 \text{ kA}$, $R_g = 1$, $Z_{l0} = 0.2 + j0.3$, 开关 2、3 间的距离为 1 km, 开关 1、2 间的距离为 2 km。 $U_{Rg*} = 1000/5774 = 0.173$, 对应于图 6 中的 A 点。

故障点与开关 3 之间的距离为 0.5 km, 定义开关 1、2、3 处的补偿系数分别为 K_1 、 K_2 、 K_3 , 则

$$K_3 = (R_g + R_l) / X_l = (1 + 0.1) / 0.15 = 7.3$$

开关 3 的测量残压 $U_{3*} = 0.173 + 0.03 = 0.2$, 如图 6 中 B 点所示, 其对应的延时时间为 0.26 s, 经 K_3 补偿后的延时时间为 0.04 s, 如图 6 中 E 点。同理, $K_2 = (R_g + R_l) / X_l = (1 + 0.3) / 0.45 = 2.9$, 开关 2 的延时时间由 0.36 s 补偿为 0.12 s, 对应于图 6 中 C 点、F 点, 同理, $K_1 = (R_g + R_l) / X_l = (1 + 0.7) / 1.05 = 1.6$, 开关 1 的延时时间由 0.58 s 补偿为 0.36 s, 对应于图 6 中 D 点、G 点。可见经补偿后的 $U - T$ 动作特性已经比较理想, 提高了原判据的速动性和选择性, 具有实用意义。

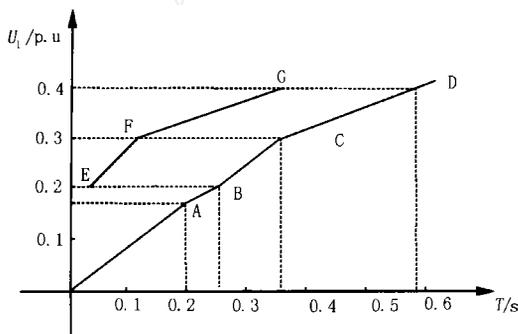


图 6 $U - T$ 补偿特性曲线
Fig. 6 compensated $U - T$ curve

3 结论

当馈线是用断路器分段时, FTU 可以基于线路

保护的思想, 采用局部电气量的计算实现动作的选择性, 这样就可能在没有通信支持的情况下实现故障隔离, 向非故障区段恢复供电。本文基于这一思想, 讨论了不依赖于通信的分布式馈线自动化方案, 该方案以故障后的残压—时间特性曲线为基础, 实现 FTU 动作的选择性, 并采用线路的测量阻抗对电压—时间特性进行补偿, 提高了电压—时间特性的灵敏性和速动性, 从而实现对馈线故障的快速隔离与重构, 该方案是馈线自动化功能与通信系统在一定程度上相脱离, 既可以应用于没有通信系统的投资较少的馈线自动化, 也可以经改造作为集中式馈线自动化的后备方案。

参考文献:

- [1] 海涛, 陈勇, 武建文. 以电压式馈线自动化为基础的配电自动化方案[A]. 第一届配电网自动化会议论文集[C]. 烟台, 1998.
- [2] 林功平. 配电网馈线自动化技术及其方案[A]. 第一届配电网自动化会议论文集[C]. 烟台, 1998.
- [3] 沈国荣, 等. 区分振荡与短路的新原理[J]. 电力系统自动化, 1983, (8).

收稿日期: 2001-11-20

作者简介:

焦振有(1943 -)男, 高级工程师, 从事电力系统继电保护的教学与科研工作;

栾涌泉(1973 -)女, 从事电力自动化设备的运行及管理;

马千(1965 -)男, 高级工程师, 从事电力运行管理工作。

A new scheme of feeder automation based on local voltage

JIAO Zhen-you¹, LUAN Yong-quan², MA Qian³, SONG Tian-xiang³

(1. Electric Power Institute of Northeast China, Jilin 132012, China;

2. Technique Department of Shenyang Power Plant, Shenyang 110026, China;

3. Benxi Electric Power Company, Benxi 117001, China)

Abstract: A new scheme of feeder automation based on local voltage is proposed in the paper. Circuit breakers are recommended to be used as feeders subsections, the trip time of FTUs can be set based on local voltage, compensating measure is considered when the tripping is too late. The approach can realize feeder automation without communication, including faults isolation and power restoration, and it is also a good backup scheme for the feeder automation based on communication.

Key words: feeder automation; FTU