

主变压器断路器失灵保护回路与延时定值关系分析

郭晓鸣

(国网四川省电力公司天府新区供电公司, 四川 成都 610041)

摘要: 变电站主变压器断路器失灵保护, 由于其保护配置、二次回路接线方式的不同存在较大差异; 现场检修人员和保护定值整定人员存在理解不到位的情况。从多种保护配置的方案出发, 对比分析主变压器断路器失灵保护实现的方式和特点, 并详细探讨其中与失灵保护有关的延时定值整定问题。旨在理清主变压器中压侧断路器失灵回路的特点, 指导继电保护定值整定人员的工作。

关键词: 主变压器保护; 母线保护; 失灵保护; 整定延时

中图分类号: TM77 文献标志码: B 文章编号: 1003-6954(2018)01-0056-05

DOI: 10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2018.01.013

Analysis on Relationship between Circuit – breaker Failure Protection Loop of Main Transformer and Delay Time Settings

Guo Xiaoming

(State Grid Tianfu New Area Electric Power Supply Company, Chengdu 610041, Sichuan, China)

Abstract: There is a big difference in the circuit – breaker failure protection of main transformer in different substations due to the differences of protection configuration and connection mode of secondary circuit. Maintenance personnel in the field and protection value setting operators cannot understand the differences very well. The realization methods and characteristics of circuit – breaker failure protection of main transformer are analyzed and compared based on the variety of protection configuration schemes, and the setting delay of failure protection are discussed in detail, which can straighten the characteristics of failure protection loop and guide the setting work of relay protection.

Key words: main transformer protection; busbar protection; failure protection; setting delay

0 引言

当系统发生故障时,故障元件的保护动作但其断路器操作机构失灵拒绝跳闸时,通过故障元件的保护,作用于同一变电站相邻元件的断路器使之跳闸的保护方式,就称为断路器失灵保护^[1]。失灵保护的逻辑一般包含三个要素,即保护跳闸开入、断路器电流、失灵延时定值,从而构成完整的失灵保护逻辑。这三个要素必须同时满足并且符合现场实际的二次回路接线方式,方可保证失灵保护的正确动作。下面主要研究主变压器断路器失灵保护的回路构成与失灵延时定值之间的关系。

1 失灵保护回路与整定延时关系分析

针对主变压器高压侧或中压侧为 220 kV 双母线接线方式的主变压器断路器失灵保护回路进行研究,探讨其与保护装置相关失灵延时定值的关系。以 500 kV 变电站为例,其 500kV 系统采用 3/2 接线方式,220 kV 系统多采用双母线接线方式,主变压器三侧接线示意图如图 1 所示。

1.1 非六统一变压器保护和母线保护配合判别失灵
变压器保护配置有独立的电量保护和非电量保护,其中变压器非电量及辅助保护装置可实现主变压器中压侧断路器的失灵判别及失灵联跳主变压器三侧断路器功能,如 RCS-974FG。变压器配置的电量

保护本身不具备联跳主变压器三侧断路器的功能。

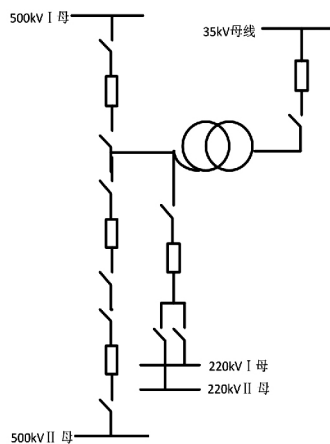


图1 主变压器三侧接线

RCS-974FG与失灵延时相关的可整定定值见表1^[2]。

表1 RCS-974FG 失灵延时相关定值

| 定值名称 | 定值范围 |
|--------------|----------|
| 失灵时限 T_1 | 0 ~ 10 s |
| 失灵联跳时限 T_2 | 0 ~ 10 s |

220 kV 母线保护配置分两种情况：一种情况，母线保护专门为主变压器支路提供了联跳主变压器其他各侧断路器的功能。主变压器断路器失灵由母线保护装置判断后，经一定延时出口联跳主变压器其他侧断路器，如 RCS-915GC。另一种情况，母线保护不区分主变压器和线路支路，母线保护动作提供失灵启动接点，由其他装置完成失灵判别联跳主变压器其他侧断路器，如 RCS-915AS。

RCS-915GC、RCS-915AS 与失灵延时相关的可整定定值见表2^[3]、表3^[4]。

表2 RCS-915GC 失灵延时相关定值

| 定值名称 | 定值范围 |
|---------------|----------|
| 失灵保护1时限 t_1 | 0 ~ 10 s |
| 失灵保护2时限 t_2 | 0 ~ 10 s |

根据现场保护实际配置情况，分析保护装置之间的配合关系，明确失灵保护的回路及失灵延时定值的关系。

表3 RCS-915AS 失灵延时相关定值

| 定值名称 | 定值范围 |
|-------------------|-------------|
| 跟跳动作时间 T_{gt} | 0.01 ~ 10 s |
| 母联动作时间 T_{ml} | 0.01 ~ 10 s |
| 失灵保护动作时间 T_{sl} | 0.01 ~ 10 s |

1.1.1 RCS-974FG 与 RCS-915GC 配合

1) 母线保护动作跳主变压器中压侧断路器失灵

220 kV 母线发生故障，母差保护动作跳开故障母线连接的所有断路器，若此时故障母线连接的主变压器中压侧断路器失灵，则断路器失灵保护应跳开主变压器三侧断路器，隔离故障点。

现场二次回路的实现方式为：RCS-915GC 母线保护动作，启动内部的失灵判断逻辑，并通过母线保护采集的主变压器中压侧断路器电流判据经“失灵保护2时限 t_2 ”（可整定）延时，通过联跳回路开给 RCS-974FG 装置的失灵联跳开入；RCS-974FG 收到失灵联跳开入后，再次进入失灵启动逻辑，通过其采集的主变压器中压侧断路器的电流判断后经“失灵联跳时限 T_2 ”（可整定）延时，失灵接点 SLQD2 闭合开给 RCS-974 非电量开入，通过非电量跳闸回路延时 50 ms 出口跳主变压器三侧断路器。

可将上述过程简化为图2。

由图2分析可知，若母线保护动作跳主变压器中压侧断路器失灵时，断路器失灵的判断逻辑在 RCS-915GC 与 RCS-974FG 装置均作判断。从故障发生到 RCS-974FG 装置联跳主变压器三侧断路器隔离故障的时间由四部分组成，如图3所示。

母线保护动作跳主变压器中压侧断路器失灵，联跳主变压器三侧断路器时间应可靠躲过主变压器中压侧断路器正常跳开时间 T_n （母线保护动作出口 10 ms + 机构动作 40 ms + 裕度 100 ms = 155 ms）。因此针对类似情况，可得出如下结论：

$$t_2 + T_2 + 60 > T_n \quad (1)$$

式中： t_2 为 RCS-915GC 的可整定失灵保护2时限；

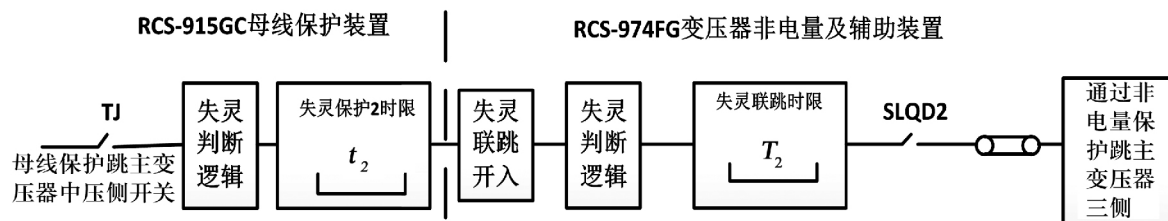


图2 母线保护动作启动主变压器中压侧断路器失灵跳主变压器三侧回路

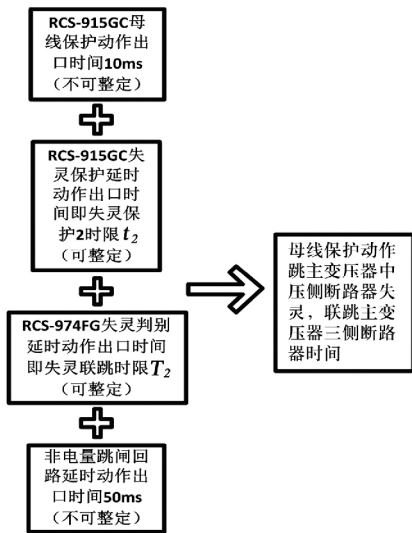


图 3 母线保护动作跳主变压器中压侧断路器失灵, 联跳主变压器三侧断路器时间构成

T_2 为 RCS-974FG 的失灵联跳时限; T_n 为主变压器中压侧断路器正常跳开时间。

2) 主变压器保护动作跳主变压器中压侧断路器失灵

主变压器保护动作跳主变压器中压侧断路器, 若断路器失灵时, 既需联跳主变压器三侧断路器, 同时需跳开主变压器中压侧断路器所连接母线上的其他断路器。

现场联跳主变压器三侧断路器二次回路为: 当主变压器电量保护动作跳主变压器中压侧断路器时, 主变压器电量保护开给母线保护主变压器三相失灵和解除复压闭锁开入, 启动母线保护的失灵判别逻辑; 母线保护根据所采集主变压器中压侧断路器电流进行判别后, 经“失灵保护 1 时限 t_1 ”(可整定) 跳母联, 经“失灵保护 2 时限 t_2 ”(可整定) 延时, 通过联跳回路开给 RCS-974FG 装置的失灵联跳开入; RCS-974FG 收到失灵联跳开入后, 再次进入失灵启动逻辑, 通过其采集的主变压器中压侧断路器

的电流判断后, 时经“失灵联跳时限 T_2 ”(可整定) 延时, 失灵接点 SLQD2 闭合开给 RCS-974 非电量开入, 通过非电量跳闸回路延时 50 ms 出口跳主变压器三侧断路器。

可将上述过程简化为图 4。

由图 4 分析可知, 当主变压器中后备保护动作跳主变压器中压侧断路器失灵时, 断路器失灵的判断逻辑在 RCS-915GC 和 RCS-974FG 内均作判断。从故障发生到母线保护跳开连接母线上所有断路器的时间由两部分组成, 而从故障发生到 RCS-974FG 装置联跳主变压器三侧的时间由 4 部分组成, 如图 5 所示。

主变压器电量保护动作跳主变压器中压侧断路器失灵, 跳同一母线相邻断路器和联跳主变压器三侧断路器时间需可靠躲过主变压器中压侧断路器正常跳开时间 T_n 。因此针对类似情况, 可得出如下结论:

$$\begin{aligned} t_2 + 10 &> T_n \\ t_2 = T_2 + 60 &> T_n \end{aligned} \quad (2)$$

3) 结论

结合式 (1) 和式 (2) 所得结论及继电保护整定计算技术规范^[5], 建议将 RCS-915GC 的失灵保护 2 时限 t_2 整定为 0.3 s, RCS-974 的失灵联跳时限 T_2 整定为 0.01 s。若 RCS-915GC 的失灵保护 2 时限 t_2 整定过短, 无法躲过断路器正常跳开时间可能导致误动, 扩大事故范围。若 RCS-974 的失灵联跳时限 T_2 整定时间过长, 可能造成失灵保护无法及时动作, 影响系统的稳定运行。

1.1.2 RCS-974FG 与 RCS-915AS 配合

1) 母线保护动作跳主变压器中压侧断路器失灵

现场二次回路的实现方式为: RCS-915AS 母线保护动作, 启动主变压器中压侧断路器失灵接点 TJ 经 10 ms 延时闭合, 通过失灵启动回路将中压侧断路器失灵开入给 RCS-974FG 装置的失灵联跳开

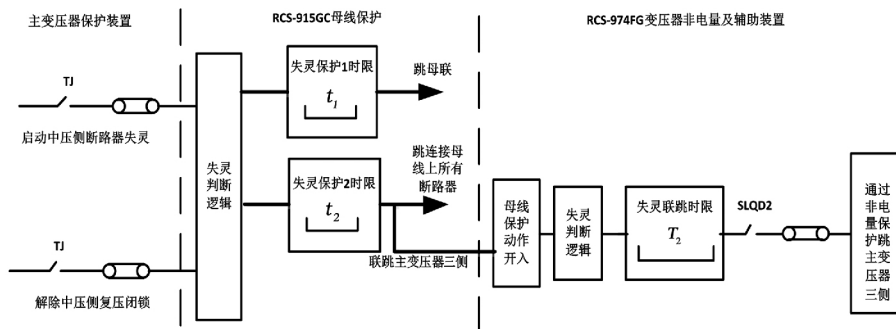


图 4 主变压器保护动作跳中压侧断路器并启动失灵跳相邻开关

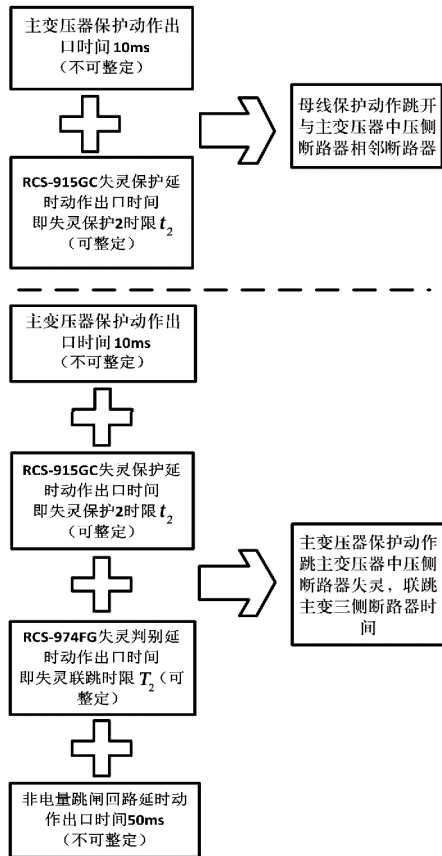


图5 主变压器保护动作跳主变压器中压侧断路器失灵,联跳同一母线相邻断路器及主变压器三侧断路器时间构成

入; RCS-974FG 收到失灵联跳开入后,进入失灵启动逻辑,通过其采集的主变压器中压侧断路器的电流判断经“失灵联跳时限 T_2 ”(可整定),失灵接点 SLQD2 闭合开给 RCS-974 非电量开入,通过非电量跳闸回路延时 50 ms 出口跳主变压器三侧断路器。

可将上述过程简化为图 6。

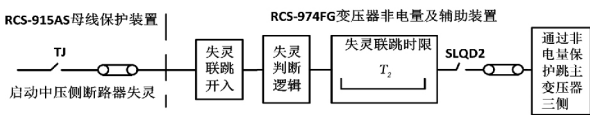


图6 母线保护动作启动主变压器中压侧断路器失灵跳主变压器三侧回路

由图 6 分析可知,若母线保护动作跳主变压器中压侧断路器失灵时,断路器失灵的判断逻辑在 RCS-974FG 装置内完成。从故障发生到 RCS-974FG 装置联跳主变压器三侧断路器的时间由 3 部分组成,如图 7 所示。

母线保护动作跳主变压器中压侧断路器失灵,联跳主变压器三侧断路器时间需可靠躲过主变压器中压侧断路器正常跳开时间 T_n 。因此针对类似情

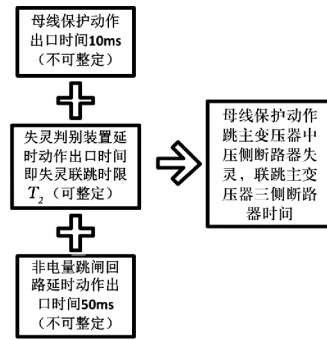


图7 母线保护动作跳主变压器中压侧断路器失灵,联跳主变压器三侧断路器时间构成

况,可得出如下结论:

$$T_2 + 60 > T_n \quad (3)$$

2) 主变压器保护动作跳主变压器中压侧断路器失灵

现场联跳主变压器三侧断路器二次回路为:当主变压器电量保护动作跳主变压器中压侧断路器时,主变压器电量保护开给 RCS-974FG “变压器保护跳闸起动失灵”; RCS-974FG 收到开入后,进入失灵启动逻辑,通过其采集的主变压器中压侧断路器的电流判断经“失灵联跳时限 T_2 ”(可整定),失灵接点 SLQD1 闭合开给 RCS-974 非电量开入,通过非电量跳闸回路延时 50 ms 出口跳主变压器三侧断路器。

现场跳主变压器中压侧断路器所连接母线上的其他断路器二次回路为:当主变压器电量保护动作跳中压侧断路器时,主变压器电量保护开给母线保护解除复压闭锁开入,同时开给 RCS-974FG “变压器保护跳闸起动失灵”;此时 RCS-974FG 收到失灵联跳开入后,进入失灵启动逻辑,由本装置所采集到的主变压器中压侧断路器电流判断经“失灵时限 T_1 ”(可整定),将失灵开给 220 kV 母线保护;当母线保护的失灵保护检测到此开入时,根据其采集到的主变压器中压侧断路器电流判断,经过失灵保护电压闭锁起动失灵保护;失灵保护经跟跳延时 T_{gt} (可整定)再次动作于该线路断路器,经跳母联延时 T_{ml} (可整定)动作于母联,经失灵保护动作延时 T_{sl} (可整定)切除该元件所在母线的各个连接元件。

可将上述过程简化为图 8。

由图 8 分析可知,当主变压器中后备保护动作跳主变中压侧断路器失灵时,断路器失灵的判断逻辑在 RCS-974FG 和 RCS-915AS 内均做判断。从故障发生到母线保护跳开连接母线上所有断路器的时间和到 RCS-974FG 装置联跳主变压器三

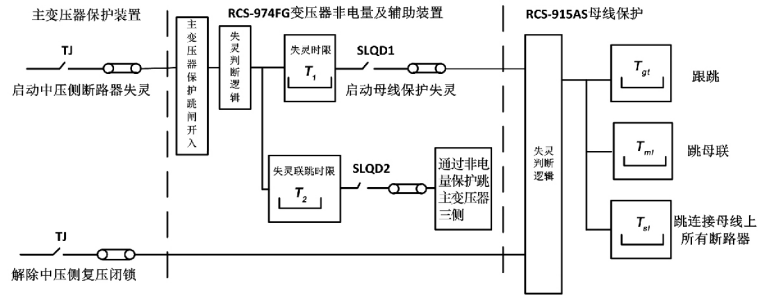


图 8 主变压器保护动作跳中压侧断路器并启动失灵跳相邻开关

侧的时间均由 3 部分组成,如图 9 所示。

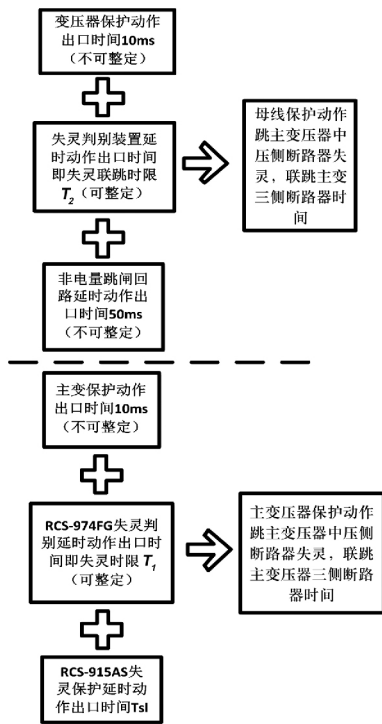


图 9 主变压器保护动作跳主变压器中压侧断路器失灵,联跳同一母线相邻断路器及主变三侧断路器时间构成

主变压器电量保护动作跳主变压器中压侧断路器失灵,跳同一母线相邻断路器和联跳主变三侧断路器时间需可靠躲过主变压器中压侧断路器正常跳开时间 T_n 。因此针对类似情况,可得出如下结论:

$$T_2 + 60 > T_n$$

$$T_1 + T_{s1} + 10 > T_n \quad (4)$$

式中: T_1 为 RCS-974FG 的失灵时限; T_{s1} 为 RCS-915AS 的失灵保护动作时间。

3) 结论

结合式(3)和式(4)所得结论及继电保护整定计算技术规范^[5],建议将 RCS-974 的失灵时限 T_1 整定为 0.01 s,失灵联跳时限 T_2 整定为 0.3 s。若失灵联跳时限整定过短可能造成保护误动而扩大事故范围。由于 RCS-915AS 母线保护的失灵保护动作时间 T_{s1} 为母线保护装置失灵保护的公共定值,需兼顾连接母线的所有间隔,一般整定为 0.3 s。

1.2 六统一主变压器保护和母线保护配合

按照国家电网公司六统一的要求,母线保护具备区分主变压器支路和线路支路功能,可判失灵并启动主变三侧断路器联跳。

主变压器中压侧断路器失灵由母线保护来判断,有两种情况可以启动母线保护判主变中压侧开关失灵:一是母差保护动作;二是主变电量保护动作,开给母差保护启动失灵和解除复压闭锁。变压器支路失灵保护动作,经失灵短延时跳开母联开关,长延时跳开相应母线,同时启动变压器支路跳三侧功能。其逻辑框图如图 10 所示。

母线保护专门提供变压器失灵跳三侧启动接点,直接开给变压器保护中压侧失灵联跳开入,由变压器保护完成跳主变三侧断路器功能。变压器中压侧断路器失灵保护动作开入后,应经灵敏的、不

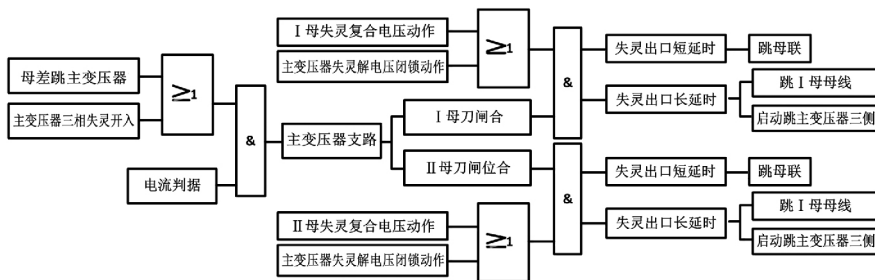


图 10 六统一母线保护断路器失灵保护逻辑图

(下转第 66 页)

流器半实物实验 [J]. 电力电子技术, 2013, 47(10): 20 - 21.

[3] P. N. Tekwani, R. S. Kanchan, K. Gopakumar. Novel Current Error Space Phasor Based Hysteresis Controller Using Parabolic Bands for Control of Switching Frequency Variation [J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2007, 54(5): 2648 - 2656.

[4] D. M. Brod, D. W. Novotny. Current Control of VSI - PWM Inverters [J]. IEEE Transactions on Industry Applications, 1985, IA - z1(4): 562 - 570.

[5] M. P. Kazmierkowski, M. A. Dzieniakowski, W. Sul - kowski. Novel Space Vector Based Current Controllers for PWM - inverters [J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 1991, 6(1): 158 - 166.

[6] B. K. Bose. An Adaptive Hysteresis - band Current Control Technique of A Voltage Fed PWM Inverter for Machine Drive System [J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 1990, 27(5): 402 - 408.

[7] L. Malesani, P. Mattavelli, P. Tomasin. High - performance Hysteresis Modulation Technique for Active Filters [J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 1997, 12

(5): 876 - 884.

[8] M. Mohseni, S. M. Islam, M. A. S. Masoum. Enhanced Hysteresis - based Current Regulators in Vector Control of DFIG Wind Turbines [J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2011, 26(1): 223 - 234.

[9] M. Mohseni, S. M. Islam. A New Vector - based Hysteresis Current Control Scheme for Three - phase PWM Voltage - source Inverters [J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2010, 25(9): 2299 - 2309.

[10] C. N. Ho, V. S. P. Cheung, H. S. Chung. Constant - frequency Hysteresis Current Control of Grid - connected VSI without Bandwidth Control [J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2008, 23(5): 2477 - 2488.

[11] L. Dalessandro, S. D. Round, J. W. Kolar. Center - point Voltage Balancing of Hysteresis Current Controlled Three - level PWM Rectifiers [J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2008, 23(5): 2477 - 2488.

作者简介:

周宏林(1984), 博士、高级工程师、副主任研究员, 研究方向为工业控制、电气传动及风力发电技术。

(收稿日期: 2017 - 09 - 15)

(上接第 60 页)

需整定的电流元件并带 50 ms 延时后跳变压器各侧断路器^[6]。其逻辑框图如图 11 所示。

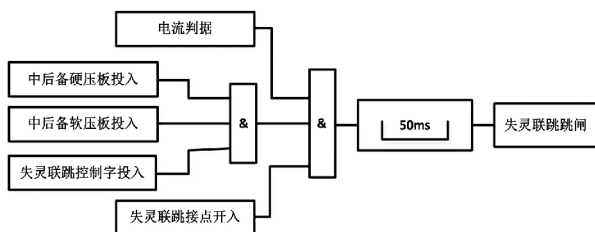


图 11 六统一变压器保护失互联跳逻辑图

六统一主变压器保护和母线保护之间配合判断主变压器中压侧断路器失灵回路变得相对简单。主变压器电量保护中不存在可整定的失灵延时, 而母线保护涉及失灵延时的仅有两个定值, 即失灵出口短延时和长延时, 如图 10 所示。

2 结 语

失灵保护是高压电网中一种近后备保护, 对电网的故障隔离和稳定运行有非常重要的作用。但是因接线方式、保护配置等不同, 失灵保护的实现方式存在较大差异。前面介绍了主变压器断路器失灵保护在实际工程中的三种实现方式, 即: 由变压器非电量及辅助保护装置单独实现; 由变压器非电量及辅助保护装置与母线保护装置配合实现; 以及由母线

保护装置单独实现。具体的实现方式要根据工程中所配置的保护装置类型以及二次回路的接线决定。失灵保护的整定计算需建立在充分了解二次回路及保护装置原理的基础上, 否则可能因误整定造成继电保护误动或拒动。

参考文献

[1] 王梅义. 高压电网继电保护运行与设计 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2007: 139 - 140.

[2] 南京南瑞继保电气有限公司. RCS - 974FG 型变压器非电量及辅助保护装置技术说明书 [Z]. 南京: 南瑞继保电气有限公司.

[3] 南京南瑞继保电气有限公司. RCS - 915GC 型母线保护装置技术说明书 [Z]. 南京: 南瑞继保电气有限公司.

[4] 南京南瑞继保电气有限公司. RCS - 915AS 型母线保护装置技术说明书 [Z]. 南京: 南瑞继保电气有限公司.

[5] 国家电网公司. 国家电网继电保护整定计算技术规范: Q/GDW 422 - 2010 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2010.

[6] 国家电网公司. 变压器、高压并联电抗器和母线保护及辅助装置标准化设计规范: Q/GDW 1175 - 2013 [S]. 北京: 中国电力出版社, 2013.

作者简介:

郭晓鸣(1987), 工程师、硕士研究生, 主要研究方向为电力系统稳定与控制。

(收稿日期: 2017 - 10 - 17)