

母线保护与变压器保护的接口问题

余荣云¹, 彭世宽², 陈凌², 屠黎明²

(1. 江苏省电力公司, 江苏 南京 210024; 2. 北京四方继保自动化股份有限公司, 北京 100085)

摘要: 根据国家电网公司《十八项反措》要求, 220kV及以上电压等级变压器断路器失灵时, 除应跳开失灵断路器相邻的全部断路器外, 还应跳开变压器连接其他侧电源的断路器。但未制定详细具体的实施方案, 自该文献颁布后, 各网、省公司和电力设计院对该问题的理解存在较大差异, 出现了多种母线保护与变压器保护的接口方案, 给继电保护设计和管理、运行、维护单位带来诸多不便。提出了母线故障不同断路器失灵时的处理方法, 并结合工程的实际情况, 对变压器高压侧断路器失灵时连跳其他电源侧断路器的实现方案进行了对比分析, 并提出了最优的实现方案。

关键词: 母线保护; 变压器保护; 接口问题

Interface problem between bus-bar protection and transformer protection

YU Rong-yun¹, PENG Shi-kuan², CHEN Ling², TU Li-ming²

(1. Jiangsu Electric Power Company, Nanjing 210024, China; 2. Beijing Sifang Automation Co.,LTD, Beijing 100085,China)

Abstract: According to the *eighteen anti-accident measurement* requirement by State Grid Corporation of China, when 220 kV and above voltage transformer circuit breaker failure, not only all adjacent breakers but also the breakers of the other power sides of the transformer should be tripped. But no detail and specific implementation has been developed. Since the promulgation of the document, there has been various understanding of the issue between different net or province electric power corporations and design institutes. There have been different interfaces between bus-bar protection and transformer protection, which cause much inconvenience for protection design, management, operation, and maintenance. This paper presents the different handling ways when bus fault and circuit breaker failure. In conjunction with the actual situation of different projects, various schemes are compared, and the best scheme is put forward.

Key words: bus-bar protection; transformer protection; interface problem

中图分类号: TM77 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2008)13-0052-05

0 引言

根据文献[1]第4.8.3条的要求:“220kV及以上电压等级变压器的断路器失灵时, 除应跳开失灵断路器相邻的全部断路器外, 还应跳开本变压器连接其他侧电源的断路器”。

对此条的理解: 当变压器任意一侧断路器失灵时, 均应跳开变压器电源侧断路器。对于220kV变压器而言, 当中压侧断路器失灵时, 靠变压器高压侧的后备保护动作跳开高压侧断路器即可, 当低压侧断路器失灵时由高/中压侧的后备保护动作跳开高/中压侧断路器或者由低压侧后备保护最后一段时限跳开高中压侧断路器即可。对于500kV变压器而言, 当中压侧断路器失灵时, 应跳开变压器500kV断路器和220kV侧所在母线上所有断路器, 当低压侧断

路器失灵时, 由低压侧后备保护最后一段时限跳开高中压侧断路器即可, 当500kV侧断路器失灵时, 失灵保护动作后应跳开220kV侧断路器。本文主要分析了500kV变压器220kV侧断路器失灵跳闸逻辑, 以及220kV变压器高压侧断路器失灵跳闸逻辑。

本文重点阐述了母线故障变压器断路器失灵时, 母线保护与变压器保护的接口回路, 不涉及变压器保护动作起动的断路器失灵保护跳变压器所在母线所有元件问题。

1 双母接线母线保护与变压器保护的接口

1.1 双母接线母线故障断路器失灵时的处理方法

当在母线上发生故障, 母差保护动作断路器失灵时, 不同类型的断路器采用不同方式切除故障。对于母联断路器, 一般采用由母联CT(母联死区

故障)或由母联断路器的失灵保护(母联失灵时)来启动相邻段母差动作,跳相邻母线段上的断路器;对于线路断路器,则直接通过远传命令(光纤保护)、对闭锁式保护采用停信方式或对允许式保护采用发信方式跳开线路对侧断路器来切除故障(对于断路器和 CT 之间的死区故障,母差保护动作后对不带分支的并装有纵联保护的线路,应采取使线路对端纵联保护快速跳闸);对于变压器断路器以往主要是靠变压器带方向的阻抗保护动作跳三侧来切除故障,但是后备保护整定时间较长,可能会烧毁变压器^[2]。因此,十八项反措要求变压器断路器失灵时,除应跳开失灵断路器相邻的全部断路器外,还应跳开本变压器连接其他侧电源的断路器。

1.2 双母线接线的断路器失灵保护动作行为分析

双母线接线的断路器失灵保护,在以下三种情况下才可能动作:

1) 线路故障线路断路器失灵时,不再考虑变压器断路器失灵,此时失灵保护不应跳变压器其他电源侧断路器。

2) 变压器故障变压器断路器失灵时,变压器保护动作已经将其他侧断路器跳开,断路器失灵保护切除了变压器所在母线上所有电源支路,这种情况下失灵保护也不需要跳变压器其他电源侧断路器。

3) 母线故障变压器断路器失灵时,母差保护跳开了变压器所在母线上其他有源支路,变压器其他侧电源会继续向故障母线提供短路电流;而变压器后备保护动作切除故障的时间较长,可能会烧毁变压器,此时应采取跳开变压器其他侧电源断路器。

通过上述分析可得出如下结论:仅母线故障变压器断路器失灵时,才应采取跳开变压器其他电源侧断路器。当断路器失灵保护和母差保护不共用出口回路时,断路器失灵保护不应跳开其他电源侧断路器,只有母线故障母差保护动作,变压器断路器失灵时才应跳开其他电源侧断路器。若断路器失灵保护和母差保护共用出口回路,则断路器失灵保护只能同母差保护一样处理,即也需要考虑跳开其他电源侧断路器问题。

1.3 双母线接线母线故障变压器断路器失灵连跳各侧的实现方案

母差保护动作,变压器断路器失灵时,不应由母差保护完成跳变压器其他电源侧断路器的功能,母差保护只跳与母线直接相连的变压器断路器,其断路器是否失灵的逻辑判别和跳其他电源侧断路器的功能应由变压器保护自身去完成。主要有如下几

种方案:

1) 母差保护动作跳变压器断路器时,一对接点接入变压器断路器的跳闸回路,另一对接点接到变压器非电量保护的跳闸输入回路,由其完成跳各侧的功能。为了防止变压器断路器未失灵时误跳变压器各侧断路器,可经短延时出口跳闸,同时增加延时也可以防止瞬时性干扰导致误切变压器各侧断路器,延时应大于断路器跳闸时间和母差保护返回时间之和,一般取 100 ms 左右即可。

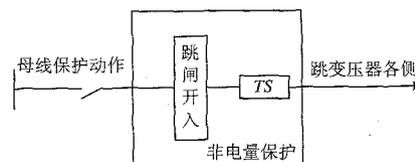


图1 由非电量保护出口跳闸

Fig.1 Trip by non-electrical protection (first scheme)

该方案二次回路接线简洁,现有母线保护和变压器保护均能满足要求,但是不能防止母差保护至非电量保护间的出口接点粘连时误跳变压器各侧。对于 500 kV 变压器来说,中压侧断路器和 CT 之间的死区故障,而高压侧断路器失灵时,则只能靠后备保护动作切除故障。但历年《继电保护与安全自动装置运行情况统计分析》表明,母线故障占系统总故障的百分比在 5% 以下,死区故障占系统总故障的百分比在 1% 以下,断路器失灵故障占系统总故障的百分比也不足 1%,变压器故障的概率也较低,上述各种故障同时发生的几率几乎为零,完全可以不考虑这种非常稀有的故障。

2) 母差保护动作跳变压器断路器时,一对接点接入变压器断路器的跳闸回路,另一对接点作为变压器保护的开入,变压器保护经电流判别确认变压器断路器失灵后延时跳各侧断路器。此方案不宜引入断路器位置接点,否则当发生在断路器和 CT 之间的死区故障时,必然造成保护拒动。

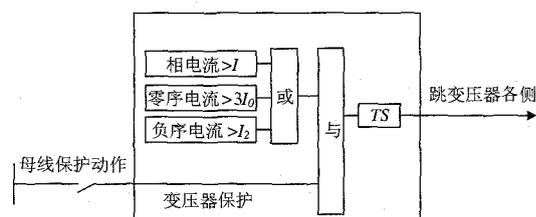


图2 由变压器保护出口跳闸

Fig.2 Trip by transformer protection (second scheme)

本方案充分利用了变压器保护资源,仅需要增加母差保护开入即可,因公用了变压器保护出口回

路，简化了二次回路接线，母差保护仅提供两对接点即可，一对跳变压器断路器，另外一对作为变压器保护的开入（母线保护和变压器保护接口采用一对一方案），母线保护对线路支路和变压器支路完全通用，不仅简化了保护逻辑也简化了二次回路，并且能保证定值整定时电流元件按照中压母线故障有灵敏度整定。

3) 母差保护动作跳变压器断路器时，一对接点接入变压器断路器的跳闸回路，另一对接点作为失灵起动装置的开入，经电流判别后瞬时输出 CKJ 接点作为非电量保护跳闸输入，由非电量保护跳各侧断路器。

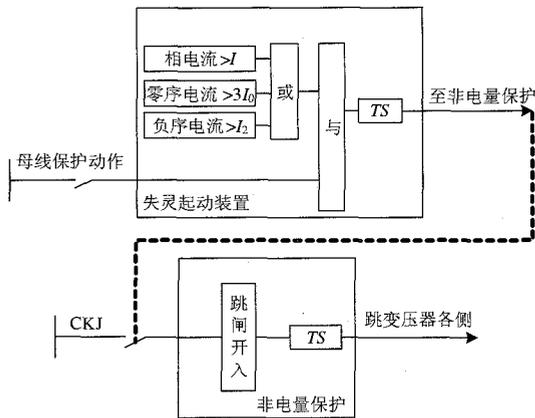


图3 由失灵起动装置和非电量保护共同完成跳闸功能
Fig.3 Trip by breaker failure starting equipment and non-electrical protection (third scheme)

该方案不仅接线回路较复杂，而且母差保护动作变压器断路器失灵和变压器保护动作启动断路器失灵保护两者电流判别整定原则不同，前者一般按母线故障有 1.2 倍灵敏度整定，后者一般按变压器低压侧相间故障有 1.2 倍灵敏度整定，若两者的电流判别均由失灵起动装置完成，则需要两套电流定值和两个功能压板（一个为母线故障变压器断路器失灵、另外一个为变压器启动断路器失灵保护），开入、开出和逻辑回路均很复杂，很容易混淆，增加了出错的可能，母差保护和失灵起动装置间仅“单向联系”是最好的，“双向联系”则很容易出概念性的问题，这点尤其要引起重视，因此不推荐采用此方案。

4) 母差保护动作跳变压器断路器时，一对接点接入变压器断路器的跳闸回路，另一对接点作为失灵起动装置的开入，经电流判别后瞬时输出 CKJ 接点作为变压器保护的跳闸输入，由变压器保护跳各侧断路器。

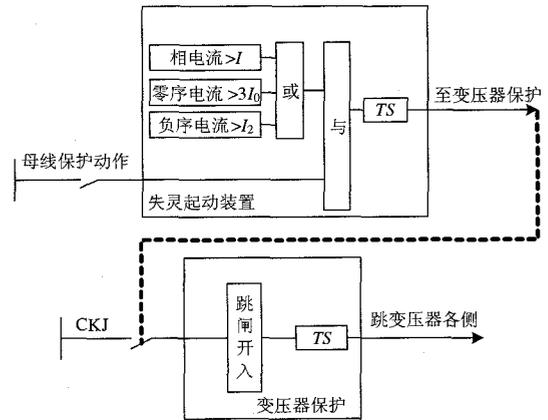


图4 由失灵起动装置和变压器保护共同完成跳闸功能
Fig.4 Trip by breaker failure starting equipment and transformer protection (fourth scheme)

该方案与方案三基本相同，不同之处仅在于最终跳闸由变压器保护完成而已。

5) 母差保护动作跳变压器断路器时，一对接点接入变压器断路器的跳闸回路，另一对接点启动大功率继电器 ZJ，由中间继电器 ZJ 完成跳变压器各侧功能。

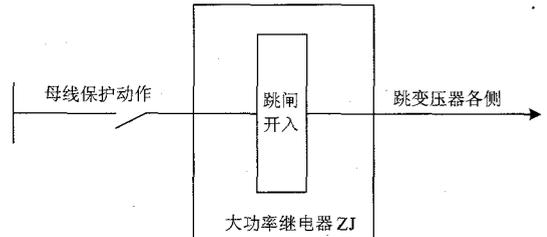


图5 由大功率继电器完成跳闸功能（方案五）
Fig.5 Trip by high-power relay (fifth scheme)

此方案二次接线回路复杂，增加了误碰继电器 ZJ 导致出口跳闸的几率，不利于运行和维护，可靠性差。

6) 母差保护动作跳变压器断路器时，一对接点接入变压器断路器的跳闸回路，另一对接点作为母

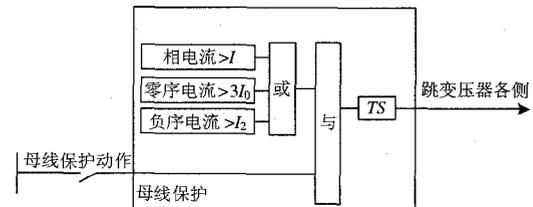


图6 由母线保护完成跳闸功能（方案六）
Fig.6 Trip by bus-bar protection (sixth scheme)

线保护的开入(母线保护含断路器失灵保护),由母线保护内含的断路器失灵保护跳变压器其他侧断路器。

此方案不可取,理由如下:

A. 文献[3]第 2.18 条:“尽可能减少继电保护及自动重合闸的各类连锁跳闸回路”。此条主要是为了防止在检修时进行传动试验误跳关联断路器。母线故障时母差保护应只跳与母线直接相连的断路器,而不应管其力所能及的事情。当母线故障断路器失灵时,对于线路支路均是采用远跳方案由对侧保护跳闸切除故障,而对于变压器支路来说,也应该只给变压器保护一个开入,其断路器是否失灵的判别和跳变压器其他电源侧的逻辑,均由变压器保护实现最为合理,这样不仅简化了二次回路,而且保护装置之间的界限也很清晰,便于运行、管理和维护。

B. 因失灵保护和母差保护共用出口回路,母线保护一般均双重化,失灵保护按双重化设计,实际运行时往往只投入一套失灵保护,因此两套母线保护之间需要相互起动,增加了接线的复杂性;否则该连跳逻辑应独立于失灵保护,即不受失灵保护投退的影响,此时母线保护动作后不需要相互起动。

C. 母差保护动作起动断路器失灵保护,宜设单独开入(与变压器保护起动失灵开入分开),否则对于瓷柱式断路器或者敞开式断路器(仅在变压器侧布置一组 CT),因对于电厂的升压变而言,起动失灵时往往需要判别断路器合闸位置,当发生断路器和 CT 之间的死区故障时,母差保护动作后,失灵保护将拒动作。

D. 断路器失灵保护需要单独设置跳其他电源侧断路器的电流定值,这样对于母线保护来说变压器支路和线路支路就不能通用了,不仅增加了母线保护程序的复杂性,也增加了二次回路的复杂性,不利于标准化设计。

综上所述,方案二是所有方案中最好的,推荐采用此方案作为母差动作变压器断路器失灵连跳变压器其他电源侧的标准方案。

1.4 双母线接线母线保护与发变组保护的接口问题

当发变组具备快速切负荷(FCB)功能时,若发电机经三卷变接入两个电压等级系统,母差动作变压器断路器失灵时,不再考虑机端断路器失灵,此时只需跳开机端断路器和变压器另一侧断路器即可;若发电机经两卷变接入系统,母差动作变压器断路器失灵时,母差动作应该起动机组全停。

当发变组不具备快速切负荷(FCB)功能时,若发电机经三卷变接入两个电压等级系统,母差动

作变压器断路器失灵时,需作用于机组全停和变压器另一侧断路器跳闸;若发电机经两卷变接入系统,母差动作即使变压器断路器未失灵时,母差动作也应该直接起动机组全停。

2 3/2 接线的母线保护与变压器保护的接口

因为 3/2 接线的母线保护和断路器失灵保护装置分开,而双母线接线的母线保护与断路器失灵保护往往合一,两者略有不同;为了便于叙述,同串中的断路器编号为:变边断路器为 5011、中间断路器为 5012、线边断路器为 5013。

2.1 3/2 接线的母线保护与变压器保护的接口问题

母线故障母差保护动作 5011 断路器失灵时,5011 断路器失灵保护动作后,应跳开 5012 断路器和变压器中压侧断路器。同理,当 5012 断路器失灵时也应跳 5011 断路器和变压器中压侧断路器,此时可以将 5011 和 5012 失灵连跳变压器的接点并联接入非电量保护中,由非电量保护完成跳变压器各侧功能。

因为失灵判别逻辑已经分别由 5011 和 5012 断路器保护完成,变压器保护执行的仅是开入直跳变压器各侧断路器功能而已,而非电量保护抗干扰性能要优于电气量的变压器保护,因此失灵直跳不应接入变压器电气量保护回路中,而应接入非电量保护跳闸回路中。

2.2 3/2 接线的母线保护与发变组保护的接口问题

1) 边断路器失灵保护与发变组保护的接口问题

A. 母线故障,母差保护整组动作时间一般在 15ms 左右,若 5011 断路器失灵,对于发变组来说,发电机正序和负序反时限的最短动作时间也在 1s 左右(而变压器后备保护的最短动作时间在 1.5s 以上),靠发变组后备保护来切除故障是不允许的,此时母差保护动作会起动 5011 的断路器失灵保护,5011 的断路器失灵保护动作后,应作用于立即停机,并跳开 5012 断路器。

B. 当发变组保护内部故障,5011 断路器失灵时,因发变组保护已作用于停机,失灵保护动作后可以不用停机。

C. 当发生在 5011 断路器和 CT 之间的死区故障,对于发变组保护来说属于区外故障,此时由断路器死区保护作用于停机。

D. 对于发变组而言,一般会配置电气量的非全相保护,当发电机出口无断路器时,非全相保护动作后应起动失灵保护,跳开相邻的断路器,当发电机出口有断路器时,非全相保护动作后可不起动失

灵。

综上所述, 5011 断路器失灵保护动作后应立即停机, 母差保护动作后应经 5011 断路器失灵保护动作后停机, 不应直接停机。

2) 中断路器失灵保护与发变组保护的接口问题

A. 当发变组保护内部故障, 5012 断路器失灵时, 失灵保护动作后不应作用于停机。

B. 当在同串中的线路上发生故障时, 5012 断路器失灵时, 失灵保护将 5011 和线路对侧断路器跳开(通过远跳实现), 只有发电机继续向故障点提供短路电流, 失灵保护动作后应立即停机。

综上所述, 5012 的断路器失灵保护动作后应立即停机。

3) 断路器失灵连跳发变组的电流定值整定问题

若失灵连跳发变组需要发变组保护判电流时, 定值整定原则如下:

A. 边断路器失灵保护: 按照第 1 条的分析, 应保证母线故障有 1.2~1.5 倍灵敏度整定即可。

B. 中断路器失灵保护: 按照第 2 条的分析, 应保证线路末端故障有 1.2~1.5 倍灵敏度整定即可。

根据上述两条, 3/2 接线的边断路器和中间断路器失灵保护动作后应立即停机, 可以直接用失灵保护的出口接点作为发变组保护的跳闸开入。考虑到紧急停机、励磁系统故障等非电量保护也可能通过发变组保护停机, 为了简化二次回路接线, 失灵保护动作于停机时一般不再判电流, 而是采用双接点开入直跳方式。

3 旁路带路时失灵连跳变压器其他电源侧的特殊问题

随着变电站无油化进程的加快, SF6 断路器的大量采用, 断路器检修周期越来越长, 旁路母线不仅占地面积较大, 而且运行、维护很不便, 因此新建工程均无旁路母线接线方式。

对于改扩建工程, 当有旁路母线时, 因旁路断路器主要用于旁代线路运行, 而旁带变压器几率很少, 即使旁代变压器运行, 时间也较短, 母线故障旁路断路器失灵的几率也很低。旁代变压器时, 母差动作变压器断路器失灵连跳其他电源侧的逻辑和回路均很复杂, 增加了保护误动的几率, 而其正确动作的几率几乎为零。

文献[1]第 2.5.1 条“应根据电网结构、一次设备的接线方式, 以及运行、检修和管理的实际效果, 遵循“强化主保护, 简化后备保护和二次回路”的原

则进行保护配置、选型与整定”, 该条作为继电保护基本配置原则的第一条, 简化二次回路也是首次提及, 足见简化二次回路的必要性。因此, 考虑旁代变压器时母差动作旁路断路器失灵连跳变压器其他电源侧是毫无意义的。

4 母线故障变压器断路器失灵电流元件整定的特殊问题

失灵电流判别应该按 3/2 接线和双母线接线两种情况考虑:

1) 500 kV 或 330 kV 变压器, 高压侧并列运行(3/2 接线), 当中压侧母线上发生故障, 母差保护动作变压器断路器失灵时, 从变压器中压侧往中压母线看过去阻抗为零, 而变压器高中压侧短路阻抗 $U_k\%$ 一般为 12% 左右, 因 500 kV 侧系统容量大, 故障电流很大, 定值较大。

2) 220kV 变压器, 高中压侧均为双母线接线, 高压侧并列运行, 中压侧并列运行。当高压母线故障, 母差动作变压器断路器失灵时, 变压器高压侧感受到的电流为无故障母线的变压器与本变压器的串联阻抗, 其电抗值为 $X_{T1} + X_{T2}$, 约为 $2X_{T1}$, 故障电流较小(以全站两台变压器考虑)。

3) 220 kV 变压器, 高压侧并列运行, 中压侧分裂运行。当高压侧母差动作变压器断路器失灵时, 因中压侧母联或分段备投动作时间一般在 2 s 左右, 只有备投动作后才会出现故障电流, 此种情况可以不予考虑; 当中压同一母线上有两台变压器运行, 且两台变压器高压侧不在同一母线运行时, 当高压侧母差动作变压器断路器失灵时, 与第二种情况完全相同。

4) 220 kV 变压器, 高压侧分裂运行, 中压侧并列运行的情况, 此运行方式存在电磁环网, 对系统稳定不利, 不允许此运行方式, 故可不考虑此运行方式。

5 结语

自文献[1]颁布后, 母线保护与变压器保护的接口问题, 一直困扰着广大的继电保护设计者和管理、运行、维护单位。本文通过对电网联络变、电厂升压变和旁路带变压器时, 母线故障变压器断路器失灵连跳其他电源侧的实现方案进行了详细全面的分析, 在满足保护配置要求的前提下, 本着简化二次回路、便于运行、检修和管理的原则, 提出了切实可行的方案, 希望对广大继电保护工作者有所帮助。

(下转第 69 页 continued on page 69)

从“程序启动”到“创建运行方式对象”主要实现变电站及其一次设备、运行方式对象的创建。根据判别出的运行方式形成合适的策略,给出提示或给对象发出遥控信号,实现电压无功综合控制。

4 结束语

基于后台监控系统的电压无功综合控制具有信息共享且全面、适应性强、功能完善、实时性好等特点。在已实现常规自动化功能的变电站中,在后台机上实现电压无功自动调节,将有广阔的应用前景。本文采用基于后台监控系统的VQC,在分析比较了多种控制策略之后,得出了一种基于预测算法的改进九区图控制策略。在系统的实现过程中,采用了面向对象的设计方法,实现了多变电站,多运行方式的综合电压控制功能。目前已在多个变电站投入使用,取得了很好的效果,提高了变电站自动化的水平。

参考文献

- [1] 戴宪滨,卢伟. 变电站电压无功控制策略的探讨[J]. 沈阳工程学院学报, 2006, 2(2): 144-146.
DAI Xian-bin, LU Wei. Discussion on the Control Strategy for Voltage and Reactive Power in a Substation[J]. Journal of Shenyang Institute of Engineering, 2006, 2(2): 144-146.
- [2] 严浩军. 变电站电压无功综合自动控制问题探讨[J]. 电网技术, 2000, 24(7): 41-44.
YAN Hao-jun. Discussion on the Control Problem for Voltage and Reactive Power in a Substation[J]. Power System Technology, 2000, 24(7): 41-44.
- [3] 全庆贻,严钢峰. 变电站电压无功综合控制的研究[J].

继电器, 2001, 29(10): 30-33.

TONG Qing-yi, YAN Gang-feng. Voltage and Reactive Power Control Based on Real-time Database[J]. Relay, 2001, 29(10): 30-33.

- [4] 王磊,黄纯,郭上华,等. 基于模糊控制理论的变电站电压无功综合控制装置的设计[J]. 继电器, 2003, 31(8): 40-42.
WANG Lei, HUANG Chun, GUO Shang-hua, et al. The Design of Voltage & Reactive Power Comprehensive Control Device of Substation Based on Fuzzy Control Theory[J]. Relay, 2003, 31(8): 40-42.
- [5] 杨争林,孙雅明. 基于ANN的变电站电压和无功综合自动控制[J]. 电力系统自动化, 1999, 23(13): 10-13.
YANG Zheng-lin, SUN Ya-ming. Integrate Control of Voltage and Reactive Power Based on ANN[J]. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23(13): 10-13.
- [6] 方勇康,王柯,林训先,等. 基于对象的电压无功控制装置的实现[J]. 广东电力, 2005, 18(9): 47-50.
FANG Yong-kang, WANG Ke, LIN Xun-xian, et al. Realization of Object-oriented Voltage and Reactive Power Controller[J]. Guangdong Electric Power, 2005, 18(9): 47-50.

收稿日期: 2007-10-24; 修回日期: 2007-12-07

作者简介:

黄宏清(1969-),男,工程师,长期从事电力系统自动化与继电保护原理的研究和产品开发;

储毅(1981-),男,硕士生,研究方向为电力系统自动化、计算机测控、嵌入式系统的设计等。E-mail:cyi81@sina.com

(上接第56页 continued from page 56)

参考文献

- [1] 国家电力调度通信中心,《国家电网公司十八项电网重大反事故措施》(试行)继电保护专业重点实施要求[Z].2005.
- [2] 王向平. 变压器保护与双母线接线的母差保护设计接口[A]. 第二十八届电网调度运行会议收录论文全集[C].2003.
- [3] DL/T 559-94 《220kV~500kV 电网继电保护装置运

行整定规程》[S]. 中华人民共和国电力工业部.

收稿日期: 2007-12-11; 修回日期: 2008-04-16

作者简介:

余荣云(1955-),男,工程师,主要从事电力系统继电保护管理工作;

彭世宽(1976-),男,本科,工程师,主要从事继电保护标准化设计工作;E-mail: pengsk@sfc-auto.com

陈凌(1976-),女,本科,工程师,主要从事继电保护标准化设计工作。