

失灵保护的实现方案

庄博, 黄梅

(北京交通大学电气工程学院, 北京 100044)

摘要: 介绍了有关规程和反措对失灵保护的要求, 分析了线路失灵保护和变压器失灵保护的起动逻辑。结合现场运行分析了微机失灵保护允许的几种起动方式的优缺点。针对微机保护特点提出了符合规程和反措要求的断路器失灵保护实现方案, 并着重分析了旁路代主变高压侧断路器运行时失灵保护的实现方案, 提出了设计建议方案和 CT 选用建议。

关键词: 失灵保护; 起动; 旁路

中图分类号: TM77 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2005)13-0082-05

0 引言

失灵保护广泛配置于 220 kV 以上系统的保护之中, 是作用于断路器跳闸的近后备保护^[1]。对于变电站中主接线为双母线带旁路接线的 220 kV 系统, 当线路或主变等保护动作发出跳闸令后, 由于某种原因(如跳闸线圈断线或压力低闭锁操作等)造成断路器拒动时, 失灵保护起动回路会起动变电站内的失灵保护系统, 经判别后, 迅速切断 220 kV 母线, 并把与故障断路器接于同一段母线的所有其它断路器跳开, 以达到切除故障的目的。

电网中较为常见的 220 kV 双母线带旁路接线方式下的失灵保护, 母线保护和失灵保护是常常采用一体化配置。因为断路器失灵保护和母线保护所涉及的 CT 交流电流回路、PT 交流电压回路、跳闸出口回路以及隔离开关位置是基本一致的。在微机保护大量应用的情况下, 本文结合规程特别是反措, 以及自己的认识和工作中的实践体会, 探讨失灵保护的实现方案。

1 概述

1.1 失灵原理

《继电保护和安全自动装置技术规程》(GB14285-93)^[2]第 2.8.7.1 条规定:

为提高动作可靠性, 必须同时具备下列条件, 断路器失灵保护方可起动:

a 故障线路或设备的保护能瞬时复归的出口继电器动作后不返回。

b 断路器未断开的判别元件, 可采用能够快速复归的相电流元件。相电流判别元件的定值, 应在保证线路末端故障有足够灵敏度的前提下, 尽量按

大于负荷电流整定。

这条规定准确的表述了失灵保护的组成, 体现了失灵保护的实质精神。是我们用各种具体装置实现失灵保护功能的依据。

1.2 规程及反措对变压器失灵保护要求

《继电保护和安全自动装置技术规程》(GB14285-93)^[2]第 2.8.7.2 条规定: “一般不考虑由变压器保护起动断路器失灵保护。如变压器保护起动断路器失灵保护, 也必须设有相电流元件, 并不允许由瓦斯保护动作起动失灵保护。”

“一般不考虑变压器起动失灵保护”的规定, 主要是针对电磁型的变压器保护, 因为在电磁型的变压器保护中瓦斯等其它非电气量保护与电气量保护出口跳闸回路用的是同一出口继电器, 变压器的失灵保护比较难以实现。当前微机型主变失灵保护的普及, 为实现主变失灵保护提供了技术保证。

根据国家电力公司《防止电力生产重大事故的二十五项重点要求》第 14.1.4 条规定“要加强高频、母差、断路器失灵等快速保护的建设和新建 500 kV 和重要 220 kV 厂、所的 220 kV 母线应做到双套母差、断路器失灵保护; 已建 500 kV 和重要 220 kV 厂、所的 220 kV 母线可逐步做到双套母差、断路器失灵保护。第 23.5 条规定“开关设备的失灵保护均必须投入运行, 并要做好相关工作, 确保保护正确地动作。根据反措要求, 无论是线路还是主变的失灵保护均应投入运行。”

对于主变失灵各个地区针对国家电力公司的二十五项反措, 又制定了适用于各地区的反措要求, 以江苏地区为例^[3], 提出“为解决变压器断路器失灵保护因跳闸回路复合电压闭锁元件灵敏度不够的问题, 可采取以下措施:

1) 以“相电流、零序或负序电流动作”、“断路器三相位置不一致保护动作”(对具有三相联动功能的断路器不使用该判据)和“变压器保护动作”三个条件组成的“与逻辑”,经由独立的时间元件去解除断路器失灵保护跳闸回路的复合电压闭锁,并启动断路器失灵保护,同时发出“断路器失灵保护启动”的信号。

2) 变压器瓦斯等其他非电气量保护与电气量保护出口跳闸回路必须分开。非电量保护和不能快速返回的电气量保护不接入断路器失灵保护启动回路。

3) 断路器失灵保护的相电流判别元件动作时间和返回时间均不应大于 20 ms。”

2 失灵启动逻辑

2.1 线路失灵启动逻辑

如图 1 虚线框内所示为线路失灵启动部分,其中,TRA、TRB、TRC 分别是线路 A、B、C 相保护动作接点, $I_A > I_{st}$ 、 $I_B > I_{st}$ 、 $I_C > I_{st}$ 分别是 A、B、C 相过流接点。现在微机型保护装置普遍采用按相启动,每一相的启动条件都是保护动作和线路过流组成与门,并经零序或突变量元件闭锁。

2.2 主变失灵启动逻辑

如图 2 所示,失灵电流启动为一个过流判别元件,可经零序电流闭锁,或经负序电流闭锁,还可整定选择是否经变压器保护动作接点、断路器不一致接点和断路器合闸位置接点闭锁。这符合了国家电力公司的二十五项反措中对失灵保护的要求之精神,也符合江苏地区反措的具体要求^[3]。

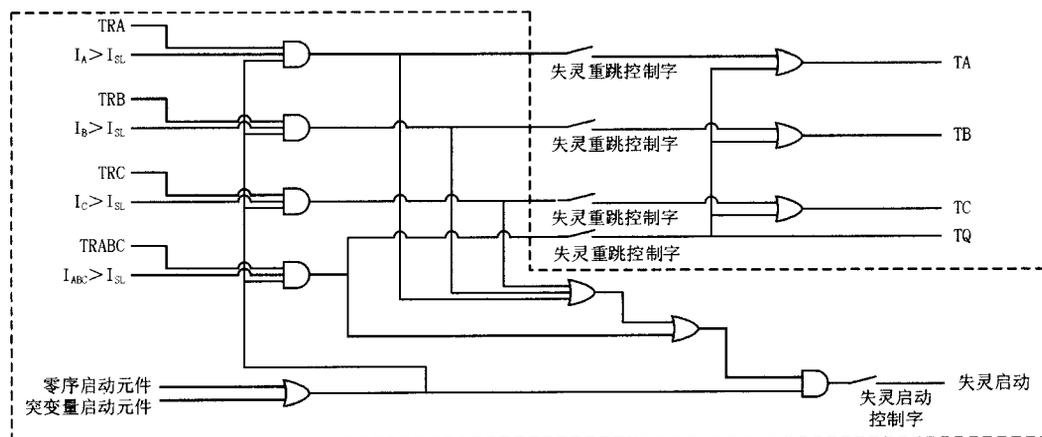


图 1 线路失灵启动逻辑图

Fig 1 Startup logical diagram of line failure protection

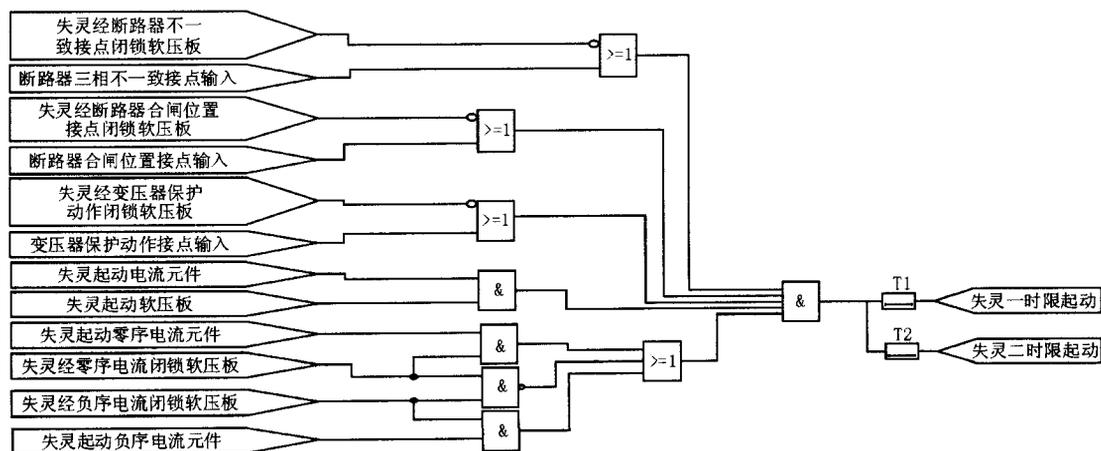


图 2 变压器失灵启动逻辑框图

Fig 2 Startup logical diagram of transformer failure protection

线路失灵启动与变压器失灵启动不同之处在于 变压器失灵启动装置除要引出一对启动断路器失灵

保护接点外,还要引出一对解除失灵复压闭锁的接点,接到失灵保护。因为对于变压器低压侧后备保护跳高压侧起动的高压侧开关失灵,由于失灵保护电压闭锁元件灵敏度的原因,可能造成这种情况下的失灵保护拒动,此时要解除复压闭锁。

3 微机失灵保护允许的几种起动方式

3.1 常规失灵起动方式 (方式 1)

如图 3 所示,母线上各元件的保护动作接点串接各自失灵起动装置过流动作接点,经该元件 I 母刀闸位置和 II 母刀闸位置分别接入母线保护装置的 I 母失灵和 II 母失灵开入;装置收到此开入后,经失灵保护电压闭锁,经较短时限跳开母联,再经较长时限切除该元件所在母线的各个连接元件。

图 3(a)是与电磁型保护配合的断路器失灵保护失灵方式 1 接点连接图,图 3(b)是与微型型保护相配合的断路器失灵保护失灵方式 1 接点连接图。

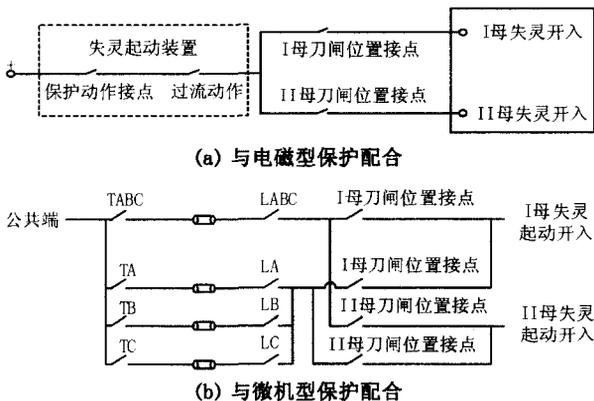


图 3 断路器失灵保护失灵方式 1 接点连接图

Fig 3 connection diagram of breaker failure protection, type

3.2 自带电流检测元件的起动方式 (方式 2)

将母线保护 CT 与失灵起动过流判据 CT 合而为一,在满足功能要求的前提下减少了硬件设备,提高了可靠性;同时,这与规程中有关失灵起动过流判据 CT 与该元件线路或主设备保护用 CT 必须分别独立配置的要求不矛盾。如图 4 所示,母线上各元件的保护动作接点以分相跳闸接点和三跳接点两种形式,分别接入跳闸元件失灵起动开入和三跳元件失灵起动开入;装置收到某元件保护动作接点开入后,经该元件失灵起动过流判据,经失灵保护电压闭锁,经“跟跳”延时再跳一次本断路器,经较短时限跳开母联,再经较长时限切除该元件所在母线的各个连接元件。

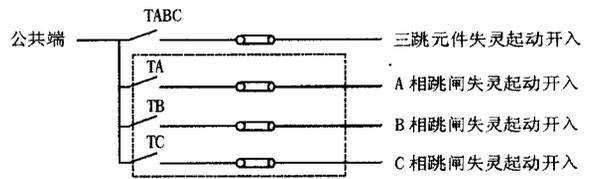


图 4 断路器失灵保护失灵方式 2 接点连接图

Fig 4 Connection diagram of breaker failure protection, type

由该连接元件的保护装置提供的保护跳闸接点起动,逻辑如图 5。输入装置的跳闸接点有两种:一种是分相跳闸接点(虚框 1 所示),分别对应元件的跳 A、跳 B、跳 C,通常与线路保护连接,当失灵保护检测到此接点动作时,若该元件的对应相电流大于失灵相电流定值(可整定是否再经零序电流或负序电流闭锁),则经过失灵保护电压闭锁起动失灵保护;另一种是三跳接点(虚框 2 所示),通常与元件保护连接,当失灵保护检测到此接点动作时,若该元件的任一相电流大于失灵相电流定值(可整定是否再经零序电流或负序电流闭锁),则经过失灵保护电压闭锁起动失灵保护。失灵保护起动后经跟跳延时再次动作于该线路断路器,经跳母联延时动作于母联,经失灵延时切除该元件所在母线的各个连接元件。

考虑到变压器低压侧故障高压侧开关失灵时,高压侧母线的电压闭锁灵敏度有可能不够,因此可选择变压器支路跳闸时失灵保护不经电压闭锁,这种情况下还应同时将另一付跳闸接点接至母线保护装置屏解除失灵复压闭锁开入。

3.3 两种失灵起动方式的比较

a 方式 2 可实现利用母差出口回路再跳一次本开关的“跟跳”功能,防止因出口回路原因引起的拒动,提高了可靠性;而方式 1 无法知道某条母线上到底哪个元件失灵。

b 对于变压器元件低压侧后备保护跳高压侧起动的高压侧开关失灵,由于失灵保护电压闭锁元件灵敏度的原因,可能造成这种情况下的失灵保护拒动。方式 2 很容易针对不同元件起动的失灵选择经或不经电压闭锁,而方式 1 无法区别对待。

c 对于改造站,一般已经安装了失灵起动过流判据的 CT 和装置,且经过实际运行检验,而且方式 2 中选相跳闸元件的失灵起动二次回路较方式 1 多两芯电缆(如图 3、图 4 所示),而在改造站中有的老电缆有时备用芯不够。所以目前很多地区实际运行中,仍习惯采用方式 1 失灵起动方式。

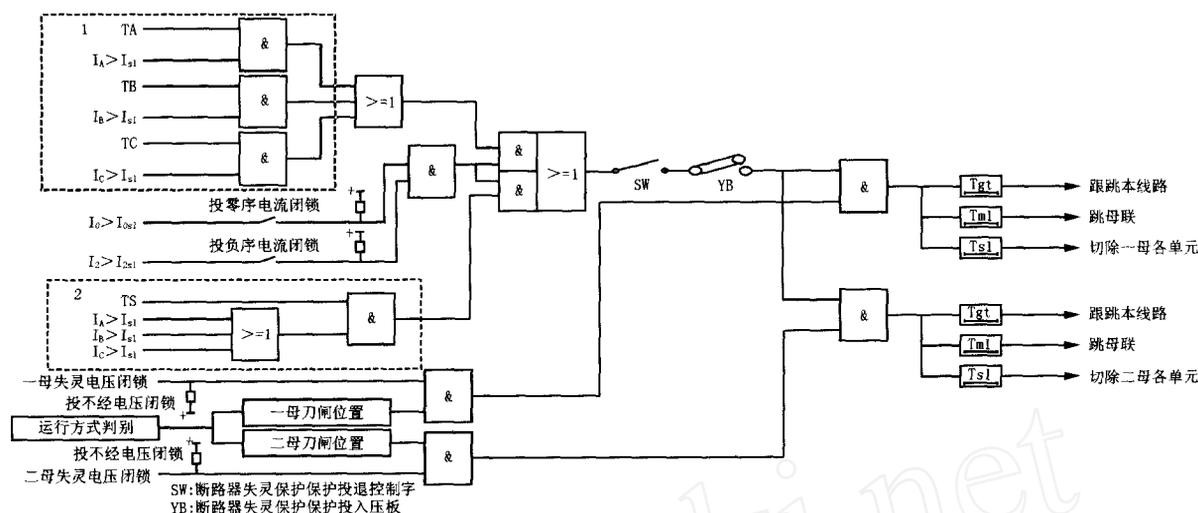


图 5 断路器失灵保护失灵方式 2 逻辑框图

Fig 5 Logical diagram of breaker failure protection, type

4 旁路代路时的失灵保护

4.1 旁路代线路断路器运行

旁路保护与线路保护主要配置一致,旁路代线路断路器运行时使用旁路的失灵保护。

4.2 旁路代变压器高压侧断路器运行

4.2.1 失灵保护的选用

旁路保护与线路保护主要配置一致,与变压器保护完全不同。对于变压器元件低压侧后备保护跳高压侧起动的高压侧开关失灵,由于失灵保护电压闭锁元件灵敏度的原因,可能造成这种情况下的失灵保护拒动。此时要解除复压闭锁,如果使用旁路保护屏的起动失灵,则无法完成此功能,因为高压侧旁路保护无法对这种情况进行正确判断。江苏省电力公司规定以“相电流、零序或负序电流动作”、“断路器三相位置不一致保护动作”(对具有三相联动功能的断路器不使用该判据)和“变压器保护动作”三个条件组成的“与逻辑”,去解除断路器失灵保护跳闸回路的复合电压闭锁,并起动断路器失灵保护^[3]。如按江苏省电力公司的要求,在旁路代变压器高压侧断路器运行时,因为此时使用旁路的操作箱,此时要将旁路操作箱的三相不一致接点引入变压器保护装置屏的失灵保护单元。

从上可以看出,由旁路失灵起动装置实现变压器失灵起动的要求非常困难,实际旁路代变压器高压侧断路器运行时一般使用变压器失灵保护。

另外,我们目前常用的微机型母线失灵保护各单元的投退是与各单元隔离开关位置一一对应的。

只有本单元隔离开关 1G、2G 至少有一个处于投入位置时,本单元的失灵保护功能才投入。当旁路代变压器高压侧断路器运行时,变压器的 1G、2G 位置是断开的,故变压器的失灵起动单元也退出,这时的处理方法是从变压器保护引出来的失灵起动回路引到旁路单元中去,由于变压器与母差保护厂家都没有考虑到这个问题,现场我们往往是在变压器保护的失灵起动回路中增加一对切换片来实现的。以南自 PST1206A 装置为例,现场接线如图 6 所示。

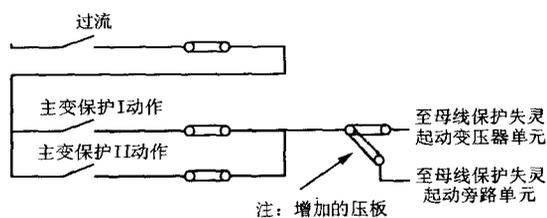


图 6 现场接线

Fig 6 Wirings on site

4.2.2 失灵保护 CT 选用问题

如果选择变压器总开关侧独立 CT,则当旁路代变压器总开关时,需要将旁路开关 CT 绕组切换到变压器保护装置屏的起动失灵单元;如果选用套管 CT,则存在动作死区。在断路器独立 CT 与变压器套管 CT 间的区域内发生短路故障,如图 7 中 K1 点,保护动作跳开 110 kV、35 kV 侧开关而 220 kV 侧开关失灵拒动时,失灵保护起动电流元件因无故障电流通过将无法起动,引起失灵保护拒动。而从开关处独立 CT 与变压器套管 CT 间在电气一次布置上仍有一段较长距离,在这段区域内发生故障的

可能性不能完全排除。

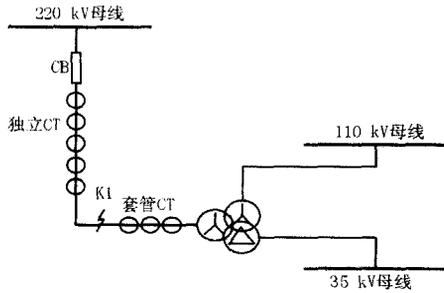


图 7 变压器 220 kV 侧 CT 配置图

Fig 7 CT configuration on 220 kV side of transformer

现场中 220 kV 旁路的 CT 数量有限,一般最多为 5 个,而旁路 CT 要为自己本身的保护、故障录波、遥测、计量提供绕组,这样下来就不剩绕组或所剩绕组已经不多。在旁路代变压器高压侧断路器运行时,还要至少提供一个绕组供变压器差动使用(通常变压器为双重化保护,在旁代时至少有一套保护的高压侧差动回路需要切换到旁路 CT 运行,以避免出现快速动作死区)。即使还剩下一组绕组可供变压器保护屏中失灵起动装置使用,还有一个实际的问题需要处理,就是这个绕组需要在两台变压器失灵保护之间来回切换,切换回路是比较复杂的,运行人员操作起来非常繁琐,在运行中 CT 绕组上操作,并且还是在失灵回路上,无论对人身、设备还是系统都是不安全的。至于上文中提到选用套管 CT 存在动作死区,我们可以仔细分析一下,这段导线发生故障的几率是比较小的,因为这段导线在变电站里面,变电站里面安全工作做的很好,不大可能发生树木倒在导线上或其它象线路那样遭到人为破坏引起短路等问题,在这种小概率情况下再加上恰好保护动作跳开 110 kV、35 kV 侧开关而 220 kV 侧开关失灵拒动,这种概率是很小的。可以说,这种情况发生的概率肯定小于上文所说在两台变压器保护之间来回切换旁路 CT 引起事故的概率,所以笔者建议,选用套管 CT 的方案,避免在两台变压器失灵保护之间来回切换旁路 CT。

5 结论

本文结合规程、反措和工作实践,分析了失灵保

护实现的有关问题,提出以下建议:

在变压器低压侧故障高压侧开关失灵时,高压侧母线的电压闭锁灵敏度有可能不够,此时要解除母线保护装置屏失灵复压闭锁,最好是选用变压器保护屏失灵装置。

母差保护厂家没有考虑到旁路代变压器高压侧断路器运行时变压器高压侧的 1G、2G 处于断开位置从而导致母线保护装置中变压器的失灵起动单元要退出,进而导致失灵保护不能正确动作,一种好的解决办法是在变压器保护的失灵起动回路中增加一对切换片来实现。

对变压器保护屏失灵装置,建议使用套管 CT,简单而且安全。

参考文献:

- [1] 贺家李,宋从矩. 电力系统继电保护原理 [M]. 北京:水利电力出版社,1994.
HE Jia-li, SONG Cong-ju Principle of Relay Protection in Power System [M]. Beijing: Hydraulic and Electric Power Press, 1994.
- [2] GB14285-93, 继电保护和安全自动装置技术规程 [S].
GB14285-93, Technical Guide for Relay Protection and Security Automatic Equipment [S].
- [3] 江苏省电力公司. 贯彻国家电力公司 <防止电力生产重大事故的二十五项重点要求> 中有关继电保护及安全自动装置的反事故技术措施 [Z]. 2001.
Jiangsu Electric Power Company Implementing Countermeasures about Relay Protection and Security Automatic Equipment Related to <Twenty-five Key Demands on Preventing Severe Accidents in the Process of Electric Power Operation> Published by State Power Company [Z]. 2001.

收稿日期: 2004-10-20; 修回日期: 2004-11-30

作者简介:

庄博 (1976 -), 男, 硕士研究生, 从事电力系统控制、继电保护、电力系统建模与仿真研究; E-mail: zhuangbo2003@163.com

黄梅 (1959 -), 女, 教授, 硕士生导师, 从事电力系统控制、继电保护、电力系统建模与仿真等方面的教学和研究工作。

Implementation schemes of failure protection

ZHUANG Bo, HUANG Mei

(School of Electrical Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

发电机中性点接地方式探讨

刘其常¹, 胡少强¹, 刘蔚²

(1. 华南理工大学电力学院, 广东 广州 510640; 2. 江西吉安电厂, 江西 吉安 343009)

摘要: 介绍了发电机中性点接地方式的发展情况, 对当前广泛应用的中性点经消弧线圈接地和经接地变压器 - 电阻组合接地方式进行比较, 可以发现发电机经消弧线圈接地比接地变压器 - 电阻的组合有更多的优越性, 并用 Matlab 进行了仿真验证。

关键词: 发电机中性点; 接地变压器; 消弧线圈; Matlab 仿真

中图分类号: TM31; TM77 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897 (2005) 13-0087-05

0 引言

随着电力系统的发展, 电力系统容量越来越大, 作为电力系统原动力的发电机组的单机容量也越来越大。大容量发电机的出现, 使发电机定子线圈接地故障的保护问题越来越引起人们的严重关注, 因为大容量的电机电容电流不断增大, 而发生定子接地故障时, 故障点的接地电流受发电机电容电流和中性点的运行方式的影响。

1 发电机中性点接地方式的发展

上世纪 70 年代初期, 捷克动力研究院组织了发电机单相接地故障电流允许值的科学实验, 接地故障电流允许值的标准是这样规定的: 在一定的故障电流和持续时间下, 五次试验中若有一次出现铁芯两层叠片烧结在一起, 该接地故障电流就是不允许的。试验值为 0.2 ~ 40 A, 持续时间为 0.3 ~ 1200 s, 结果表明: 按上述规定的标准, 临界电流是 2A^[2]。考虑安全系数 1.3 ~ 2.0, 接地故障电流的允许值规定为 1.0 ~ 1.5 A。

国内有关科研单位, 对此问题也进行了相当的研究, 把不产生电弧的最大接地电流定义为安全电流, 并按不同电压等级推荐了发电机定子接地安全电流, 其值如下:

6.3 kV 及以下	4 A
10.5 kV	3 A
13.8 ~ 15.7 kV	2 A
18 kV 及以上	1 A

在上述安全电流下, 定子接地保护动作后只发信号, 而不跳闸, 对于容量大于 150 MW 的水轮发电机组应及时联系调度停机处理, 不再继续运行。

根据上述规定来讨论以下几种发电机中性点接地方式: 中性点直接接地; 中性点经低阻抗接地; 中性点不接地; 中性点经高阻抗接地; 中性点经消弧线圈接地。

1.1 发电机中性点直接接地

当发生单相接地故障时, 电弧接地过电压最低。同时, 接地继电保护最简单。但是, 现在大型机组的电压等级和单机容量均大幅度提高, 由于接地故障电流大, 即使继电保护迅速切机, 也会对发电机造成损害。

1.2 发电机经低阻抗接地方式

发电机经低阻抗接地运行方式可以部分限制单相接地电流, 但其阻值的选取是为了提供继电保护装置足够大的电流, 故障点接地电流幅值至少是 100 A, 在这个接地电流下继电保护能快速切机, 但是铁芯的严重烧毁仍然不可避免。

1.3 中性点不接地运行方式

Abstract: The paper introduces some relevant contents about failure protection in regulations and countermeasures, analyzes the startup logic of line failure protection and transformer failure protection. According to some startup modes permitted by microprocessor failure protection, it details the advantages and disadvantages in actual operation. Considering the features of microprocessor protection, it brings forward feasible schemes which are in accordance with regulations and countermeasures. It gives emphasis to analyze the scheme of failure protection when higher voltage breaker in transformer is replaced by bypass breaker and presents the proposal of design scheme and CT selection.

Key words: failure protection; startup; bypass breaker