

GSX5e型发电机保护模件系统原理分析及改进

伍政团 杨菊元 华能岳阳电厂 (414002)

【摘要】 分析了GSX5e型发电机保护模件系统的工作原理,介绍了华能岳阳电厂发电机-变压器组保护配置情况和特点。分析保护运行中出现的问题,提出了相应的改进措施。

【关键词】 发电机保护 原理分析 跳闸矩阵 改进措施

引言

通常一台发电机的保护由若干个单个继电器组成,如差动、定子接地、过流、过电压、负序和失磁等。而在现代发电机保护中把这些保护继电器及跳闸、报警、逻辑回路、监视和试验装置等视为一个整体,共同组成一个完整的发电机保护系统。华能岳阳电厂360MW的发电机组采用瑞士ABB(Asea Brown Boveri)公司的GSX5e发电机保护模件系统,就是一个完整的保护系统。该保护系统内所有装置和辅助元件都是集成式的标准件,整个保护模件系统布局紧凑,共有两个盘柜,保护盘内模件之间的接线标准化,使用标准的插接头连接,方便简单。出厂时盘内所有设备都已安装调试好,现场只需将有关电压、电流及跳闸和报警等信号接入其输入、输出端子。保护继电器是单个插入式元件,插入在标准的19英寸的槽内,拆装方便。

GSX5e保护模件系统主要特点是:

(1) 将发电机-变压器组的保护分成两个保护组,每个保护组都能对整个设备提供完整的保护。两组保护的工作电源相互独立,在某组保护需进行检查或者故障时,可以单独退出运行,而不影响另一组保护的运行,保护的可靠性高。

(2) 保护的跳闸方式是一个可编程的跳闸矩阵,对应两组保护,有左右两组跳闸矩阵。

每个进入跳闸矩阵的继电器信号和矩阵输出的跳闸信号都是双路传送,通路冗余设置,保证跳闸的可靠性。保护跳闸功能的投退和跳闸对象通过矩阵中双二极管插头是否插入和插入位置决定,改变双二极管插头的插入位置可以改变跳闸逻辑。

(3) 跳闸矩阵有良好的监视功能。所有的保护跳闸输入信号、跳闸输出信号、跳闸回路等都有报警监视,任何异常都能及时发现。

(4) 保护盘内配置了试验装置,保护在运行中可以通过试验装置分别对每组保护的功能进行检测,既可及时发现问题,又可使运行中的设备不失去保护,提高了保护的可利用性。

由于设计和安装调试等方面的原因,有关保护在运行中也出现了一些问题,影响了发电设备的安全运行。本文分析GSX5e发电机保护模件系统的工作原理,介绍华能岳阳电厂发电机-变压器组继电保护的配置情况,分析保护存在的问题,提出相应的改进措施。

1 GSX5e保护模件系统的原理分析

图1是GSX5e发电机保护模件系统框图,保护模件系统由保护继电器、直流电源装置、输出放大器、PCB13接口模件、输入/输出逻辑、跳闸矩阵逻辑、试验装置等部分组成。保护模件系统将发电机-变压器组的保护继电器分左右两个屏布置,每个保护屏有其独立的控制电源和有关功能装置。每一组保护可以单独地投退和试验检查,不影响另一组保护的运行。下面结合保护模件系统的功能控制图2分析各功能装置的功能和原理控制。

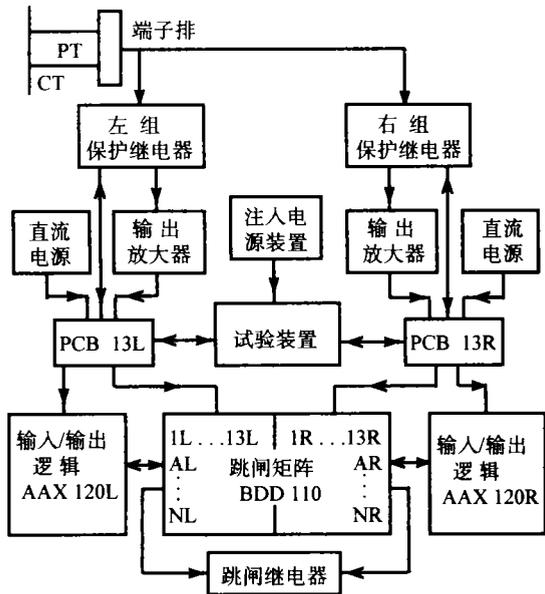


图1 GSX5e 发电机保护模件系统框图

1.1 电源装置

为了使其设备适应现场的需要，GSX5e 保护模件系统每个屏分别配置了专用直流电源装置，它可以将现场各种级别的直流电源转换成模件系统所需要的 24V 和 18V 直流电源。电源装置由直流变换器、稳压装置和电源开关组成。直流变换器既能将现场的直流电压变成所需要的 24V 直流电压，又能将现场的电压与模件系统内的电压隔离；稳压装置可把现场的直流电压变成 $18V \pm 0.5\%$ 的稳压电源；电源开关有过负荷保护，若一次侧电源故障，开关自动跳闸，使系统内设备免受损坏。左右两个屏的电源是独立的，一旦某一个屏电源故障，也可以将两个屏的电源并联使用。

1.2 输出放大器

输出放大器将保护继电器的输出信号处理后变成无电位的接点用于报警、事故记录和送至试验装置，进行保护试验检查。

1.3 PCB13 模件

PCB13 模件是信号接口模件，保护模件系统中所有保护继电器的报警、跳闸和试验信号都需经过此接口模件与输入/输出逻辑和试验装置接口。

1.4 输入/输出逻辑

输入/输出逻辑 AAX120 (I/O 逻辑) 是保护继电器的所有启动、状态、跳闸和报警信号的接口。GSX5e 保护模件系统中的保护继电器的跳闸信号及发电机组的其它跳机组的保护、联锁信号，如锅炉压力低、锅炉保护联锁信号、发电机氢温高、抗燃油压力低等都通过 I/O 逻辑进行编辑，实现联锁组合，以不同的方式输入到跳闸矩阵逻辑中。为了保证传输信号的可靠性，保护信号输入至 I/O 逻辑及 I/O 逻辑输出至跳闸矩阵逻辑的信号都是采用双路传送方式。

每组保护的跳闸矩阵有 13 个继电器通道 (跳闸信号输入通道)，通过改变 I/O 逻辑中插头的位置 (可组成 30 个不同的逻辑回路)，I/O 逻辑将保护信号从不同的继电器通道输入到跳闸矩阵逻辑中。发电机-变压器组的主保护经 I/O 逻辑直接进入跳闸矩阵，后备保护的跳闸信号经 I/O 逻辑中的延时继电器延时 (0 ~ 1s) 后从 8 ~ 13 输入通道进入跳闸矩阵，黄色报警灯 L_1 亮，表明保护信号从哪路通道输入到跳闸矩阵中。

1.5 跳闸矩阵

跳闸矩阵 BDD110 是编辑保护跳闸动作对象的逻辑回路。GSX5e 保护模件系统有两组相互独立的跳闸矩阵，分别对应左右组保护。每组跳闸矩阵有 13 个跳闸信号输入通道 (继电器通道 1 ~ 13) 和 12 个跳闸信号输出通道 (跳闸通道 A ~ N)，每个输入输出通道都采用双路传送方式，确保传送信号的可靠性。

跳闸矩阵中保护跳闸信号的输入和输出回路靠双二极管插头联接，改变双二极管插头的插接位置就可改变跳闸的输出方式，即改变了保护的跳闸逻辑。图 2 所示跳闸矩阵为保护跳闸信号的一个输入和输出通道，继电器通道 (双输入纵线) 和跳闸通道 (双输出横线) 靠双二极管插头中两个二极管才能联接。

保护跳闸信号经跳闸矩阵双路输出后分别启动出口跳闸继电器 K_3 和 K_4 ，跳开关。为保证可靠跳闸和防止误跳闸，将跳闸继电器 K_3

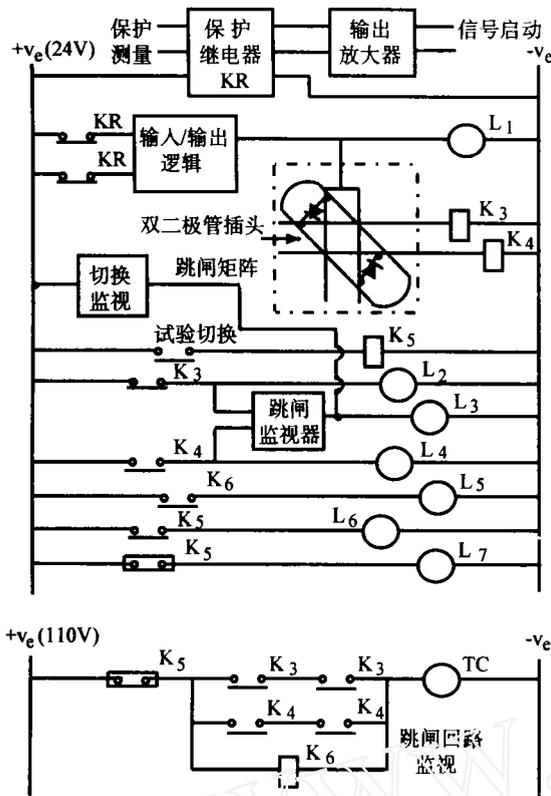


图2 GSX5e保护模块系统功能控制

和 K_4 的接点分别串联后再并联输出。跳闸继电器动作后分别启动跳闸矩阵上的红色跳闸报警灯 L_2 和 L_4 ，指示保护动作对象。跳闸继电器的报警接点又分别接入跳闸监视器，跳闸监视器是一个异或门回路，如果只有一个跳闸继电器动作，跳闸监视器自动检测故障，启动跳闸矩阵上的红色报警灯 L_3 亮和远方报警灯。

1.6 跳闸回路监视

GSX5e保护模块系统对其所有两组跳闸矩阵的12个跳闸通道的跳闸回路状态进行了监视，即对GSX5e保护盘至开关跳闸线圈的回路进行连续监视。如图2所示，在每个跳闸通道的跳闸继电器的跳闸接点输出回路两端各并联一个继电器 k_6 ，只要开关在合闸状态、跳闸回路无断线和110KV直流电源正常，监视继电器 K_6 就一直处于动作状态，跳闸矩阵上的绿色报警灯 L_5 亮。当报警灯 L_5 熄灭，表明跳闸回路故障。监视继电器线圈电流只有5~10mA，不会影响开关的正常动作。

1.7 保护试验检测

GSX5e保护模块系统具有独特的保护试验检测功能，保护屏上设置了专用的手动试验装置GSZ120，用于检测各保护继电器及有关保护功能和回路的正确性。GSZ120型试验装置实际上是一个选择试验继电器的逻辑矩阵，也是由双二极管插头插入位置选择被试验的继电器。注入变压器装置GSZ151a按试验装置GSZ120逻辑选择的路径对被试验的继电器注入试验信号。

在跳闸矩阵模块上有一个“左组试验/运行/右组试验”选择开关，为了防止保护误退出运行，此开关用钥匙控制，保护正常运行时，开关选择在中间的“运行”位置，退出开关的钥匙，钥匙在试验位置抽不出来。若对某组保护进行试验检查，插入开关钥匙将开关选择在对应的“左组试验”或“右组试验”位置，如图2所示，选择开关的常开接点闭合，启动被试验组保护所有试验切换继电器 K_5 。继电器 K_5 是双稳态继电器，其线圈对所加电压无极性要求，分别对左、右组保护试验时，对继电器所加电压的极性是相反的，但继电器都能动作。每组保护的所有继电器的试验切换继电器 K_5 是并联后再串接试验切换开关的常开接点。继电器 k_5 动作后，其串接在每个继电器跳闸回路的常闭接点断开，闭锁试验组保护所有继电器的跳闸出口，被试验组保护退出运行，绿色的运行指示灯 L_7 熄灭，红色的试验灯 L_6 亮。若某个保护继电器的跳闸出口回路没有闭锁，切换监视装置立即检测到并启动报警灯 L_3 亮。只有被试验的保护组所有的继电器跳闸出口闭锁后才能试验检查。

被试验的保护组退出运行后，利用试验装置GSZ120或保护继电器上的试验按钮可以很方便地检测各继电器、跳闸矩阵和I/O逻辑、辅助跳闸继电器等有关回路和功能正确性，及时地发现问题，使保护可靠运行。在对一组保护进行检查时，另一组保护正常运行，不受影响。

2 发电机-变压器组保护配置及特点

2.1 保护配置

华能岳阳电厂的发电机-变压器为单元接线方式,采用 ABB 公司的 GSX5e 保护模件系统。根据每个保护的特点,将发电机-变压器组(发电机、主变和高厂变)的保护合理地分左右两个保护屏配置,两组保护相互独立,每组保护均能保护发电机-变压器组所有设备。发电机-变压器组重复配置了两套保护,一组保护故障或试验检查退出运行时,另一组保护继续运行,一次设备不会出现无保护运行现象。保护配置情况如表 1 所示。

表 1 发电机-变压器组保护配置

序号	左组保护	右组保护
1	发电机差动保护	发电机变压器组差动保护
2	主变压器差动保护	发电机定子 95% 接地保护
3	高厂变差动保护	发电机逆功率保护
4	发电机失磁保护	发电机低压过流保护
5	发电机负序保护	高厂变过流保护
6	发电机定子过负荷保护	发电机低频保护
7	发电机定子 100% 接地保护	发电机低功率保护
8	发电机低功率保护	主变高压侧零序差动保护
9		主变高压侧零序过流保护
10		主变高压侧灵敏接地保护

此外,发电机还配置了过电压保护、过激磁保护和转子接地保护。主变和高厂变均配置了瓦斯保护、绕组和油温高保护;主变高压侧还配置了过流保护,出口开关配置了开关失灵保护,用于启动 220kV 母线差动保护;高厂变低压侧安装了零序差动和零序过流保护。但上述保护均未进入 GSX5e 保护模件系统,分别安装在不同的保护屏上。

2.2 保护特点

2.2.1 根据保护切除故障的性质,发电机-变压器组的保护分为一级跳闸保护和二级跳闸保护。对于那些一旦设备发生故障,就必须立即动作将故障切除的保护定为一二级跳闸保护。一级跳闸保护动作,同时跳开汽机(关主汽门)和发电机出口高压开关、高厂变低压侧开

关、灭磁。一级跳闸时,由于突然甩负荷,汽缸内的气体可能造成发电机超速运行。

对于那些虽然紧急,但不会造成设备立即损坏的故障则采用二级跳闸。二级跳闸保护动作首先跳开汽机(关主汽门),延时跳发电机出口开关、高厂变低压侧开关和灭磁。二级跳闸因为延时跳发电机出口开关,不会造成发电机超速运行(延时足以使汽缸内的汽体能量消耗到不可能造成发电机超速)。

上述发电机-变压器组保护中,发电机过负荷保护、低频保护、失磁保护、过激磁保护、逆功率保护为二级跳闸保护,其它保护为一级跳闸保护。

2.2.2 发电机低功率保护只是二级跳闸保护的联锁装置,不直接跳开关。二级保护的跳闸出口回路中串接发电机低功率继电器的常闭接点,二级保护动作,瞬时跳汽机(关主汽门),当汽缸中储存的汽体能量下降到不致使发电机超速时,发电机的低功率继电器动作,其常闭接点闭合,使保护出口,跳发电机高压出口开关、高厂变低压侧开关和跳 AVR 灭磁。可见发电机低功率保护只是防止发电机故障时超速运行而设置的保护联锁装置,不直接跳开关。

考虑到汽轮发电机的超速能力和汽机阀门关闭不严的实际情况,发电机低功率保护的定值整定是发电机功率下降到额定功率的 0.51% 时,保护启动,延时 0.5s 出口。

2.2.3 发电机过电压保护只在发电机升压过程中起作用,防止发电机升压过高。过电压保护的跳闸出口串接发电机出口高压开关的常闭辅助接点,在发电机未并网的升压过程中出现过电压,发电机过电压保护动作,跳 AVR 灭磁;若开关已并网,即使过电压保护动作,也不会跳任何开关,当然也难以出现过电压现象。

2.2.4 发电机转子接地保护反应发电机一点接地情况,只报警,不跳闸。为了测量发电机转子绕组匝间短路,在发电机前端的定子铁芯槽上安装了两个探测线圈,其输出接至发电机外部的接线盒上,用示波器从外部端子上测量

探测线圈的电压波形。如果发电机转子绕组发生匝间短路,转子周围的磁场将发生微小的变化,所测量的电压波形也将发生变化。但不能连续监测转子磁场的电压波形,只能定期进行测量。

2.2.5 主变和高厂变的瓦斯保护、绕组和油温高保护的跳闸不进入GSX5e保护模件系统,但有关跳闸的报警信号接入GSX5e保护模件系统,任何保护的报警或跳闸,GSX5e保护盘上都有报警显示。

3 保护存在的问题和改进措施

GSX5e发电机保护模件系统在原理设计和设备质量方面有其特点,但对于某些保护由于设计和安装等方面的原因,在运行中出现了一些问题,影响了设备的运行。对暴露的问题进行了分析,提出了改进措施。

3.1 保护存在的问题

3.1.1 发电机低频保护

发电机低频保护的整定值为 47Hz ,动作范围为 $0.6U_N \sim 0.9U_N$ (U_N 为发电机额定电压)。在发电机开机过程中,若发电机从刚开始冲转就投入AVR升压,当发电机冲转到 2550rpm (85% 额定转速)时,AVR工作正常,发电机电压上升到 $0.9U_N$,发电机低频保护动作,使机组跳闸,只有退出低频保护才能开机。

3.1.2 发电机100%定子接地保护

发电机100%定子接地故障保护的型号是GIX104,利用注入电压式原理实现,是一种新颖的保护装置。保护装置在保护区间内有相同的灵敏度,无保护死区。保护装置能实时监测发电机的绝缘状况,显示一次设备漏电阻的百分数(一次设备绝缘下降水平)。但保护在运行中暴露了两个问题。

a. 保护回路接线错误导致保护烧坏。由于厂家将100%定子接地保护注入变压器与发电机接地变二次侧电阻的连线接错,使保护装置在运行中承受过电压,1991年8月#1机100%定子接地保护在试运行期间被烧坏。

b. 保护装置受注入电源谐波分量的影响误报警。1994年#2发电机100%定子接地保护曾多次出现漏电阻报警显示,有时高达30% (55% 跳闸),机组被迫降负荷运行。停机检查,一、二次设备都未发现问题,保护装置也正常。投运后经过较长时间的监视检查,发现是保护装置注入电源含有谐波分量造成保护误报警。当100%定子接地保护的注入电源含有谐波分量时,保护装置就有漏电阻报警显示,注入电源波形畸变越大,显示的漏电阻值就越大。

3.1.3 主变零序差动保护

#1主变压器高压侧零序差动保护由于安装时将CT极性接反,曾在220kV线路上发生接地故障时,保护误动作,跳#1发电机组。

3.1.4 发电机逆功率保护

发电机PPX105b型逆功率保护用于防止系统向发电机反送有功功率而使发电机过热。逆功率保护在两种情况下起作用:一是汽机主汽门已关闭,发电机出口开关未断开,系统向发电机反送有功功率,逆功率保护动作;二是汽机故障,而其主汽门却未关闭,发电机有功在零功率角附近振荡,会出现短时的逆功率现象,逆功率保护动作。逆功率保护的整定值为 $0.5\%P_N$ (P_N 为发电机额定有功功率),延时动作跳发电机出口高压开关。

汽机微调节器中有一个发电机功率检测器,实时检测发电机的有功功率,以便控制发电机的出力。功率检测器的输出信号为 $4 \sim 20\text{mA}$,发电机无输出时对应 4mA ;但当发电机停运后,若功率检测器因检修或其它方面的原因,失去控制电源,复电后其输出信号为 0mA ,而且,如果开机时不复归功率检测器,它将保持 0mA 的输出,使微调节器不能自动控制,发电机并网后,汽机主汽门不能自动调节其开度,造成发电机功率振荡,出现逆功率现象,使逆功率保护动作,跳机组。

3.1.5 保护跳闸矩阵

保护跳闸矩阵采用双二极管插头作为跳闸信号的输入和输出通道的联接元件,改变二极

管插头的位置,即可改变跳闸的输出逻辑,比较方便。传统的跳闸连片有一端是固定的,不易出错;而双二极管不能固定在跳闸矩阵上,只能按照跳闸矩阵的逻辑图投退,易于投退错误。

3.2 改进措施

3.2.1 为防止发电机低频保护在发电机开机过程中误动作,在低频保护的启动回路中串接发电机出口开关的常开辅助接点,发电机未并网,此辅助接点不闭合,发电机低频保护不可能启动,保证发电机正常开机。发电机并网后,出口开关辅助接点闭合,只要发电机频率正常,低频保护也不会误动作,当然在频率低时也不会拒动。

3.2.2 将 100% 定子接地保护注入变压器与发电机接地变二次侧电阻连线按照设计要求改正,更换新的保护装置,保护恢复正常运行。此外,对 #2 发电机的 100% 定子接地保护的有关接线进行检查,发现其接线正确。

发电机 100% 定子接地保护装置正常运行注入一个 220V 的交流电压,一次回路产生一个注入电流加到保护装置上,采用注入电压与注入电流变频积分的原理实现漏电阻报警显示(注入电源的频率为 12.5Hz)。由于保护装置没有对注入电源的滤波功能,当注入电源电压波形有谐波分量时,就会出现漏电阻报警显示。因此,采取了更换注入电源的措施,更换后的注入电源基本上无谐波分量,保护装置工作正常,无漏电阻报警。

3.2.3 对两台主变的零序差动保护的 CT 极性进行检查,极性都接反了,更换后,曾出现数次区外接地故障,保护矩均未误动作。

3.2.4 加强运行管理,规定每次开机前必须复归汽机微调节器的功率检测器,以防止发电机逆功率保护在发电机并网时误动作。

3.2.5 加强发电机保护运行管理,规定保护的投退要有审批手续,投退保护由两人负责,按照跳闸矩阵图的逻辑进行,做好记录,一人

操作,一人复查。

4 结语

4.1 GSX5e 发电机保护模件系统在原理设计方面有其特点,值得借鉴。将发电机-变压器组保护分为两组,双套保护相互独立,在运行中可以分别对每组保护试验检查,既可使一次设备不失去保护,又可及时检查保护的正确性,提高了保护的可用率和可靠性。保护的跳闸输出采用矩阵逻辑,用双二极管插头选择跳闸出口逻辑,方便灵活。保护具有完善的报警监视功能,及时检测保护功能的正确性。保护配置专用的试验装置,可对保护及回路的正确性进行检查,简单方便。整套保护模件系统布局合理,结构紧凑。保护继电器可靠,运行中无元件损坏情况。

4.2 华能岳阳电厂发电机-变压器组的保护配置有其特点,根据设备故障的性质,将保护分为两种跳闸方式,既可保证将故障及时切除,又可避免发电机超速运行。采用定期监测发电机转子磁场的电压波形,可以适时发现发电机转子绕组的匝间短路故障。

4.3 某些保护由于设计和安装调试的原因,在运行中发生了故障,影响了设备的运行。对出现的问题都采取了相应的改进措施,改进后保护运行正常。

4.4 发电机 100% 定子接地保护受注入电源谐波分量的干扰,误报警,影响设备运行。厂家需要对保护装置进行改进,增加保护的滤波功能,用户在使用此保护装置时也要采取滤波措施,使注入电压无谐波分量。

4.5 对于新安装的保护,要按照继电保护的有关规定,认真进行调试检查,尤其是差动保护应进行一、二次注入试验,防止 CT 极性接反。

参考文献

- 1 瑞士 ABB 公司 .Solid-state generator protection modular system GSX5e.1989.

新型 ZCH - 检 CT 无频的重合方式探讨及应用

王冰 湖北秭归宜西供电局观音阁变电站 (443621)

前言

在电力系统中,架空线路是最易发生短路故障的元件,据有关资料统计分析,发生瞬时性故障次数约占故障总次数的70%左右,ZCH的装设,是提高供电可靠性的重要保证,但在部分供电网络中,普通重合闸,双侧电源检无压、同期自动重合闸,不能适应其要求,或成功机率极小,且不能防止非同期重合,投资较大,致使根本不装设。

笔者认为,介于上述原因,采用检CT二次电流有无频率来实现自动重合,有待试研。

1 CT原理及向量图

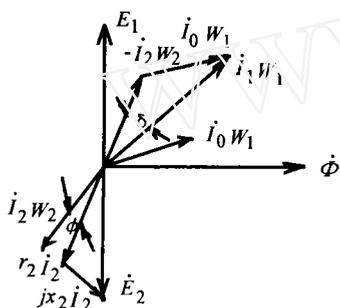


图1 CT向量图

CT正常工作时,初级中通过被测电流 i_1 , 频率为50Hz,建立初级磁势 W_1 ,同时在次级线圈中有电流 i_2 通过,频率仍为50Hz,建立起次级磁势 $i_2 W_2$,起着去磁作用。理想中, i_2 与 i_1 矢量相差 180° ,在实际中,由图1可知, i_0 的存在使得 $(-i_2)$ 矢量与 i_1 矢量之间相角差 δ , 频

率基本不变,能反映供电线路运行情况。

2 供电线路故障分析及自动重合方式说明

2.1 (如图2所示),在供电网络中,N侧不能单独运行,因网络局限,解列时瓦解。

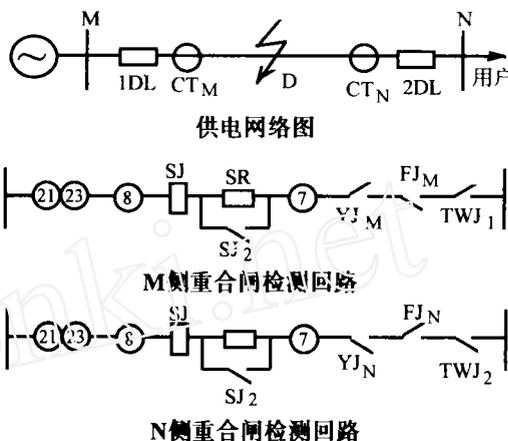


图2 FJ一串联于CT二次侧反映有无电流频率的继电器

2.2 当N侧为负载时

2.2.1 D点发生瞬时性短路故障,两侧开关均跳闸,在M侧,母线带压,线路无压(即无电流频率), YJ_M 、 FJ_M 闭合,开关重合,在N侧,线路即带压(即有频),母线无压 YJ_N 、 YJ_N 闭合,开关重合。

2.2.2 D点发生永久性故障,两侧开关均跳,在M侧, YJ_M 、 FJ_M 闭合,开关重合,此时,后加速保护迅速动作将其开关跳开,不再重合,小接地电流系统单相接地除外。

2.2.3 当误碰保护致1DL跳闸时,保护会不重

PRINCIPLE ANALYSIS & IMPROVEMENT OF GENERATOR PROIECTION MODULAR SYSTEM GSX5e

Wu Zhengtuan, Yang Juyuan (HIPDC Huaneng Yueyang Power Plant, 414002, Yueyang, China)

Abstract The principle of generator protection modular system GSX5e is analyzed. Protections and its characteristics of generator - transformer unit in Huaneng Yueyang Power Plant are presented. The existed problems of protections are described, and the improvement measures are proposed.

Keywords Generator protection Principle analysis Trip matrix Improvement measures