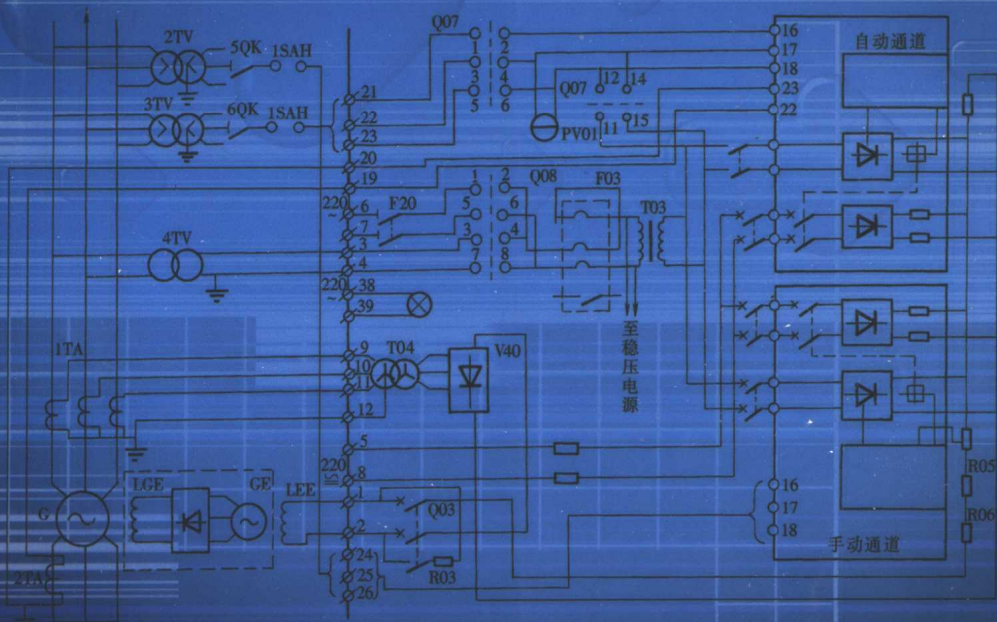


发电厂和变电站 电气二次回路技术

广东省电力试验研究所 袁乃志 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

发电厂和变电站 电气二次回路技术

广东省电力试验研究所 袁乃志 编



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书讲述发电厂和变电站电气二次回路的工作原理及二次设备的操作方法,讲清二次回路的来龙去脉。主要内容有:断路器控制和信号回路、中央信号系统、同期系统、发电机二次回路、电力变压器二次回路、电压互感器回路、隔离开关二次回路、直流系统等,最后介绍了二次回路设备的选择方法及二次回路设备符号。

本书内容结合实际,文字通俗易懂,便于自学,可供发电厂和变电站电气运行人员、安装、修试人员使用,也可作为有关电气设计人员以及大中专院校电力系统继电保护自动化专业师生参考书。

图书在版编目(CIP)数据

发电厂和变电站电气二次回路技术/袁乃志编. —北京:中国电力出版社, 2004

ISBN 7-5083-1895-1

I. 发... II. 袁... III. ①发电厂-二次系统②变电所-二次系统 IV. TM645.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 122223 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2004 年 4 月第一版 2004 年 4 月北京第一次印刷
850 毫米 × 1168 毫米 32 开本 6.625 印张 172 千字
印数 0001—3000 册 定价 13.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

前 言

本书是以国内发电厂和变电站电气二次回路为题材而编写的。内容结合实际，注重阐述未列入专业教科书的实用技术，可供有关电气专业人员参考。

在编写过程中，曾参考有关文献及有关设备制造厂家的技术资料。

本书采用新的国家标准符号。考虑到在发电厂和变电站目前尚有使用旧符号的技术资料和图纸，为了方便读者，在附录中列入了新、旧电气二次设备符合对照表，以供参考。

由于编者水平有限，书中缺点和错误在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2003年10月

目 录

1998.11.15 11:42

前言

第一章 概述	1
第二章 断路器控制和信号回路	6
第一节 远方控制断路器的概念	7
第二节 断路器控制回路	9
第三节 分相操作断路器控制回路	24
第三章 中央信号系统	29
第一节 中央信号系统电路	30
第二节 冲击继电器	37
第三节 多功能闪光报警回路	48
第四节 小容量变电站中央信号回路	51
第四章 同期系统	53
第一节 同步发电机准同期并列原理	54
第二节 发电厂准同期回路	57
第三节 同期装置电压回路	62
第四节 同期系统设备	67
第五节 小型发电机同期系统	77
第五章 发电机二次回路	80
第一节 发电机出口断路器控制回路	80
第二节 发电厂主控制室联系信号	83
第三节 发电机励磁系统控制回路	84

第四节	发电机转子绕组绝缘监视回路	100
第六章	电力变压器二次回路	107
第一节	强迫油循环风冷却器控制回路	107
第二节	中小容量变压器冷却器风扇控制回路	114
第三节	变压器有载调压回路	116
第四节	备用变压器自动投入回路	123
第七章	电压互感器回路	127
第一节	大接地电流系统电压互感器回路	128
第二节	小接地电流系统电压互感器回路	133
第八章	隔离开关二次回路	140
第一节	隔离开关手动操作	140
第二节	隔离开关电动操作回路	142
第三节	隔离开关操作闭锁回路	144
第四节	隔离开关位置指示器	148
第九章	直流系统	151
第一节	铅酸蓄电池工作原理	151
第二节	蓄电池技术词语	153
第三节	直流蓄电池组运行方式	155
第四节	整流装置	161
第五节	直流系统绝缘监察	168
第六节	直流系统电压监察装置	174
第七节	微机直流系统电压、绝缘监察装置	174
第八节	直流闪光母线电源装置	176
第九节	事故照明电源切换装置	178
附录	二次回路设备的选择及符号	181
附录一	二次回路设备的选择	181

附录二	继电器及二次设备文字符号	187
附录三	二次回路小母线文字符号	193
附录四	二次回路数字标号	195
附录五	二次回路文字符号之下角符号	196
附录六	二次回路设备的图形符号	197
参考文献	203

第一章

概 述

电力系统的电气设备，按其用途不同，一般分为一次设备和二次设备两大类。将电能从发电厂的发电机传送至用户用电器具直接经过的设备，以及与这些设备电气连接的附属设备，称为一次设备。一次设备主要包括：发电机、电力变压器、断路器、隔离开关、电抗器、电力母线、高压输电线路、高压电容器、高压电动机等。一次设备相互连接并构成的电力电路，称为电力系统一次接线。因为一次设备一般都是大容量、高电压的设备，为了实现运行维护人员对一次设备进行监控，就必须配置与一次设备保持电气隔离的低电压、小容量的相应设备，统称这些设备为二次设备。二次设备包括：控制和信号器具、继电保护及自动装置、电气测量表计、操作电源系统等。二次设备之间相互连接并构成的电路，称为二次回路。按照接线回路划分，二次设备包括：与电压互感器二次侧连接的设备、与电流互感器二次侧连接的设备以及与直流操作电源系统连接的设备。

发电厂和变电站的二次回路，涉及全厂（站）所有一次设备，而且所在的部位不同，功能各异，这就使二次设备是比较杂乱的设备。为了满足工作的需要，二次回路应有完整的设计图纸资料，这些图纸包括：装置原理图、装置展开图、装置安装接线图。

一、装置原理图

装置原理图的主要作用是表明设备（继电保护、自动装置、

测量仪表)的工作原理。装置原理图分为两大类：表明装置总体动作原理的装置原理图，应划出与二次装置有关的一次回路，但可省略二次回路各组成单元的内部接线，以使读者对装置的动作过程有一个完整的概念(见图 1-1)；表明某装置构造原理的装置原理图，应绘出该装置各元件的内部电路，但不必绘出有关的一次电路。

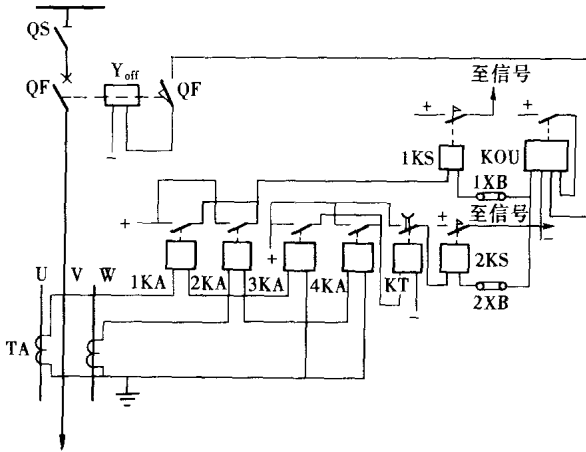


图 1-1 35kV 输电线路电流保护原理图

图 1-1 所示为小接地电流系统 35kV 输电线路电流保护原理图。从图 1-1 中可明显看出，该装置的动作原理如下：

(1) 一次电路的中相无电流互感器及相应的电流继电器，故此保护是输电线路相间短路故障的主保护，不反映单相接地故障。

(2) 电流继电器 1KA、2KA 和信号继电器 1KS 构成电流速断保护。当短路故障发生在接近输电线路始端(电流速断保护范围之内)时，1KA、2KA 动作，正电源经 1KS 起动出口中间继电器 KOU 并跳开断路器 QF；电流继电器 3KA、4KA，时间继电器 KT 及信号继电器 2KS 构成定时限过电流保护，当短路故障发生在电流速断保护范围之外时，电流继电器 3KA、4KA 动作并起动时

间继电器 KT，到达时间整定值时，正电源经 2KS 线圈使 KOU 启动并跳开断路器 QF。

上述原理图主要供设计和运行单位整定计算使用。由于原理图上所标各设备之间的联系是总体连接，没有标明设备引出端子编号及回路编号，直流部分不标出引自哪一组熔断器，信号回路只标出“至信号”，它是不完整的二次回路图，不能满足现场施工和运行维护工作的需要。

二、装置展开图

依据原理图将二次每一独立电源划分单元按照电气连接关系绘制的二次回路图，称展开图。将每套装置的交流电流回路、交流电压回路和直流回路分别绘制，这就会使同一单体设备（如某一继电器）的线圈触点等部件分别画在互不连接的不同回路中。为此，在展开图中属于同一单体设备的元（部）件，采用同一文字符号标示。例如，某电流继电器的线圈画在交流电流回路中，其标示符号是 1KA；该继电器的触点画在直流回路中，其标示符号仍然是 1KA。

图 1-2 所示为根据图 1-1 绘制的 35kV 输电线路电流保护展开图。从图纸右侧对应的文字说明栏可知，上部是交流电流回路，它是整套保护的监测回路。当任一电流继电器动作时，都会引起一套动作过程。例如，过电流继电器 3KA 动作，从直流回路图中看到相同符号（3KA）动合触点闭合，接通时间继电器 KT 的线圈电源，经整定时间后，KT 触点接通，正电源经信号继电器 2KSJ 线圈及连接片 2XB 引至出口中间继电器 KOU 的线圈回路。KOU 动作后，其动合触点接通，将正电源引至跳闸回路 133，断路器 QF 跳闸线圈动作使断路器跳闸。在信号回路，KOU 动作的同时 2KS 动作并自锁，其动合触点接通 903 光字牌回路并发出预告信号。只有在按下信号复归按钮 SBR 使 2KS 的另一线圈接通电源，才能使 2KS 及预告信号复归。

展开图是装置完整的电路图，回路不同电位的各连接点均标有回路编号，以供现场工作人员参考。

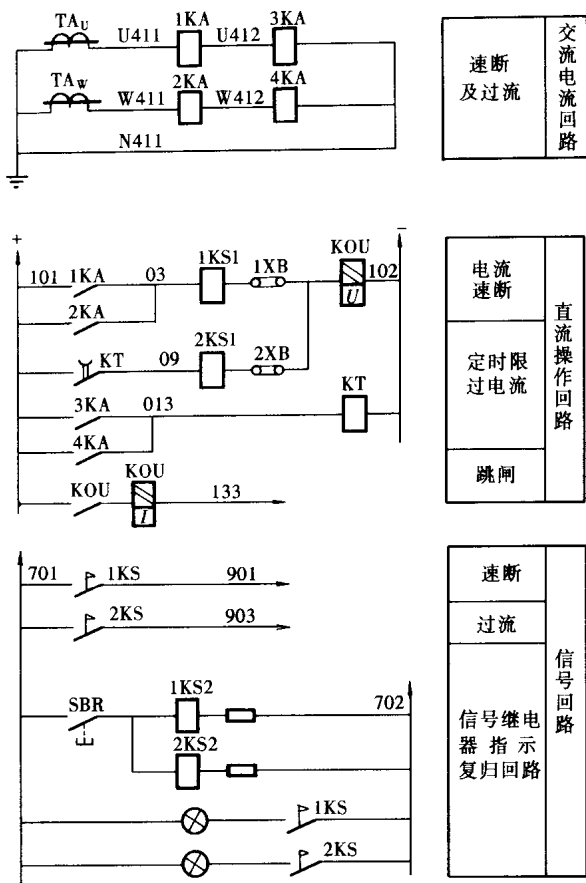


图 1-2 35kV 输电线路电流保护展开图

三、装置安装图

装置的安装图是以展开图为依据绘制的施工用图纸，主要是供制造、施工及运行维护人员使用。安装图包括：屏面布置图、屏背面接线图、端子排图、电缆联系图及电缆清册等。

屏、台、盘的屏面布置图用以表明装置内各设备的安装位置，屏上各单体设备的排列位置应考虑到施工和运行操作的方便，各设备的外形尺寸以及设备之间的距离按比例绘制并注明实

际尺寸。

屏背面接线图是根据屏面布置图和展开图而绘制的安装接线图。其设备排列只表示屏内各设备的相对位置，不必按设备实际尺寸绘制。屏背面接线图的主要作用是表明屏上端子排与屏内各设备出线端子之间以及屏上各设备之间的连接方法。

在屏的端子排上，属于同一安装单位的端子，应集中连续排列在一起。端子排上各端子有双重标号，一是回路编号，一是所接导线另一端的设备端子编号。端子排的外侧，标明同一条电缆的接线以及各电缆的去向、电缆编号。屏内设备之间连接导线采用反向标示法，即同一根导线的甲端标出乙端所接设备的端子标号，乙端则标出甲端所接设备的端子标号。

电缆联系图主要用于施工阶段二次电缆的敷设，一般以同一电气连接系统为单位绘制，应标出各条电缆设计编号、型号及起止位置。

将一个发电厂（或变电站）各安装单位的二次电缆汇集成册，以表格形式标明各条电缆所属的安装单位、型号、起止位置、长度、备用芯数、利用芯数及敷设方式等，称电缆清册。电缆清册主要供设计概算及运行维护使用。

第三章

断路器控制和 信号回路

断路器是电力系统应用较多的设备。发电机、变压器、高压输电线路、电抗器、电容器等设备的投运或停运是由相连断路器的合闸或分闸来实现的。运行中一次设备发生故障时，继电保护装置动作，跳开（分闸）离故障设备最近的断路器，使故障设备脱离运行电源。断路器是电力系统操作频繁的设备。

高压断路器的分闸操作（切断电路）和合闸操作（接通电路）都是由操动机构驱动的。操动机构与断路器的主触头保持电气隔离、机械联动。当操动机构的运动传递到断路器设备之后，可实现分闸或合闸动作。操动机构是独立的装置，它与相应的高压断路器配置为成套设备。操动机构的动作是通过二次控制回路的电气命令来实现的，这套控制回路称为断路器的控制回路。为了满足系统运行的需要，断路器的控制回路应满足下列要求。

(1) 能进行远方手动合闸、分闸，能由继电保护、自动装置实现跳、合闸，在跳、合闸动作完成后，能自动切断跳、合闸脉冲电流。

(2) 正常运行时，能指示断路器的分、合闸位置状态；事故跳闸时，应有明显的信号显示，并伴有音响信号。

(3) 能监视操作电源是否正常，能监视下次操作时回路是否正常。

(4) 有防止断路器连续重复合、跳的“跳跃”闭锁装置。

- (5) 具有分相操动机构的断路器，应有三相机构不一致的信号。
- (6) 对于空气断路器，应有操作压缩空气的气压闭锁；弹簧操动机构应有弹簧未拉紧的闭锁；液压操动机构应有操作液压降低闭锁。

第一节 远方控制断路器的概念

图 2-1 所示是具有电磁式操动机构的断路器控制回路原理示意图，其中虚线框内的合、跳闸线圈 Y_{on} 、 Y_{off} 和辅助触点，安装在断路器操动机构箱内；合闸接触器 KMC 和合闸熔丝安装在断路器旁的端子箱内。虚线框外的跳、合闸按钮 $SB1$ 、 $SB2$ 、断路器位置指示灯 HG 、 HR 、控制小母线 $+WC$ 、 $-WC$ 安装在控制室内的控制屏上。两地之间用控制电缆连接。

图 2-1 中断路器处在分闸位置断路器辅助触点 1-2 断开，3-4

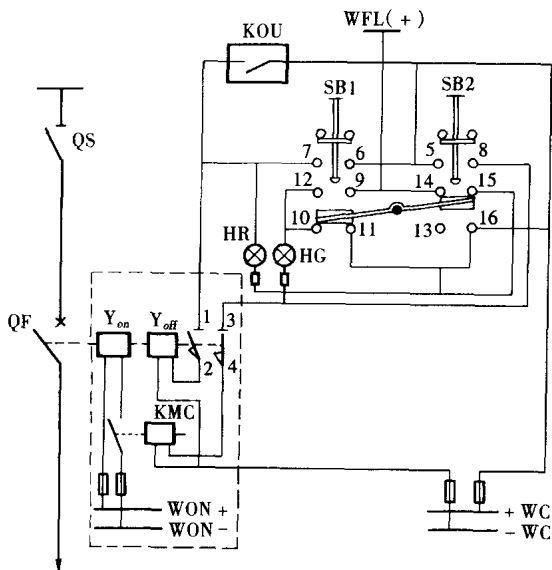


图 2-1 具有电磁式操动机构的断路器控制回路原理示意图

闭合，控制负电源经 KMC 线圈及断路器辅助触点 3-4 施于 HG 的下端，控制正电源经 SB1 触点 10-11 施于 HG 上端，绿色灯 HG 亮，指示为断路器在分闸位置，并表明合闸回路完好。

欲进行合闸，只需按下 SB2（按下并保持约 1s 再松开），即合闸操作完毕。当按下 SB2 时其触点 5-8 接通，正电源经此触点 5-8、断路器辅助触点 3-4 施于 KMC 线圈右端使 KMC 通电。KMC 通电后吸引衔铁，闭合其串接在合闸线圈回路中带灭弧装置的触头，接通断路器之合闸线圈 Y_{on} 的电路，使断路器合闸。断路器合闸后，断路器辅助触点 3-4 断开并切断 KMC 线圈电流，触点 1-2 闭合。在按下 SB2 的同时，两端带触点的杠杆顺时针转动约 15° 并保持在转动后位置，触点 10-11 断开，触点 13-16 接通，HG 熄灭。控制正电源经触点 13-16 施于红色信号灯 HR 下端，而 HR 上端经触点 1-2 及 Y_{off} 线圈后接于控制负电源，HR 亮。指示为断路器在合闸位置且跳闸回路完好。

断路器合闸运行期间，若经此断路器受电的设备发生故障，其继电保护动作，继电保护装置的出口触点 KOU 接通，则控制正电源经 KOU 触点、断路器辅助触点 1-2 使 Y_{off} 电路接通，断路器跳闸。此为事故跳闸。此时，闪光电源经触点 9-12 施于 HG 上端，而控制负电源经 KMC 线圈、QF 触点 3-4 施于 HG 下端，HG 闪光，以引起值班人员注意。值班人员发现后，按一下 SB1 再松开，HG 停止闪光、变为稳亮。因为按下 SB1 时，杠杆逆时针转动约 15° ，并保持在此位置，触点 9-12 断开切断了闪光电源触点 10-11 接通，使 HG 上端又与控制正电源接通，而 HG 下端经 QF 辅助触点 3-4 及 KMC 线圈与控制负电源接通。以上操作过程说明：如果按钮的操动命令与断路器实际位置一致，则对应的位置指示灯稳亮；如果按钮的操动命令与断路器的实际位置不一致，则相应的指示灯闪光。

用按钮操作断路器跳、合闸时，每次按下的时间应略大于操动机构的动作时间，以保证由断路器的辅助触点 1-2 或 3-4 切断跳（合）闸脉冲电流。

电磁式操动机构的合闸时间较长（约 0.8s），而跳闸时间较

短（约 0.1s）。断路器辅助触点 3-4 是特殊构造的触点，在合闸过程中触点 3-4 不断开，而在合闸结束瞬间突然断开，以切断 KMC 线圈回路的脉冲电流。

在图 2-1 中，合闸线圈 Y_{on} 的电路，经接触器 KMC 的触点控制。这是因为电磁式操动机构的合闸电流较大，220V 操作电源时约为 60~240A，必须由接触器的触头灭弧切断电流。而电磁式操动机构的跳闸电流不大（220V 操作电源时约为 2.5A），由断路器辅助触点 1-2 即可切断跳闸电流。回路中的指示灯 HG、HR 均串有附加电阻，一是为了减少回路电流；再者，一旦灯泡短路，也不致引起断路器操动机构动作。

第二节 断路器控制回路

本节讲述三极联动式断路器的控制回路。三极联动式断路器，即三相共用同一跳、合闸线圈及连动机构，各相主触头的分、合闸由同一机械拉杆带动。

一、具有事故音响信号及“防跳跃”功能的断路器控制回路

在实用中，断路器的控制均采用专用的控制开关，而不是前述的跳、合闸按钮。图 2-2 即为用 LW2 型控制开关代替跳、合闸按钮的电磁操动机构的断路器控制回路图。此图与图 2-1 比较，图 2-2 中增加了“防跳跃”回路和事故音响回路。

断路器在跳闸位置时，其动断辅助触点 3-4 闭合，正电源经 1FU→SAC 触点 11-10→HG 及其附加电阻→QF 触点 3-4→KMC 线圈→2FU 至负电源，绿灯 HG 回路接通并稳亮。它不仅指示断路器正处于跳闸位置，还监视并证实操作电源、熔断器、辅助触点等合闸回路中各元件完好。欲远方控制合闸，先将控制开关 SAC 手柄自水平位置顺时针转动 90°至“预备合闸”位置，绿灯 HG 回路由 WFL (+)→SAC 触点 9-10→HG→QF 触点 3-4→KMC 线圈→2FU 至负电源，HG 闪光。经检查确认操作对象无误后，将 SAC 手柄再向顺时针方向转动约 45°至“合闸”位置，接触器

KMC 线圈由正电源 + WC → SAC 触点 5-8 → 触点 KJL2 → QF 辅助触点 3-4 → KMC 线圈 → - WC 导通, KMC 动作, 其触点 KMC1、KMC2 接通, 使断路器合闸线圈 Y_{on} 通电并合闸。断路器合闸后, QF 触点 3-4 断开, 切断合闸脉冲电流; QF 辅助触点 1-2 闭合, 为跳闸做好准备。此时, 由于 SAC 触点 14-15 断开, SAC 触点 13-16 接通, 使 HR 左端接至正电源, 红灯 HR 亮, 指示断路器合闸操作已完毕。放开 SAC 手柄, 手柄自动反时针转动 45° , 复归至“合闸后”(垂直)位置。此时 HR 仍由上述回路通电稳亮, 显示断路器处于合闸位置。

远方控制跳闸时, 将手柄逆时针方向旋转 90° 至“预备跳闸”位置, 红灯闪亮, 检查确认无误后, 将手柄再向逆时针方向旋转 45° 至“跳闸”位置, 跳闸线圈 Y_{off} 回路接通, 断路器跳闸。断路器辅助触点切断跳闸脉冲电流, 并接通 HG 回路, 绿灯 HG 稳亮, 显示断路器已跳闸完毕。放开手后, 手柄自动向顺时针方向旋转 45° , 复归至“跳闸后”(水平)位置。

正常运行情况下, SAC 手柄置“合闸后”位置, 断路器在合闸状态。SAC 触点 1-3、SAC 触点 19-17、SAC 触点 9-10 接通, 如果由断路器受电的设备发生故障, 继电保护动作跳闸或断路器误脱扣跳闸, QF 触点 3-4、QF 触点 5-6 接通, 信号负电源施于事故小母线 WFA, 中央信号发出喇叭音响; 同时该断路器的绿色信号灯 HG 闪光, 以提示值班人员处理。

当断路器合闸于有故障的设备时, 继电保护装置将动作跳闸。此时若操作人员仍将控制开关 SAC 保持在“合闸”位置, 或因 SAC 开关内部损坏导致 SAC 触点 5-8 不能断开, 断路器将再合闸。因一次设备有故障, 继电保护又动作跳闸, 从而发生重复跳、合现象。这种现象称断路器“跳跃”, 将会造成其遮断能力下降, 甚至引起断路器爆炸事故。所以必须采取措施防止“跳跃”。对于没有机械“防跳跃”功能的操动机构, 均应在控制回路中增加电气“防跳跃”设施。

图 2-2 所示的控制回路具有电气“防跳跃”功能。其中 KJL