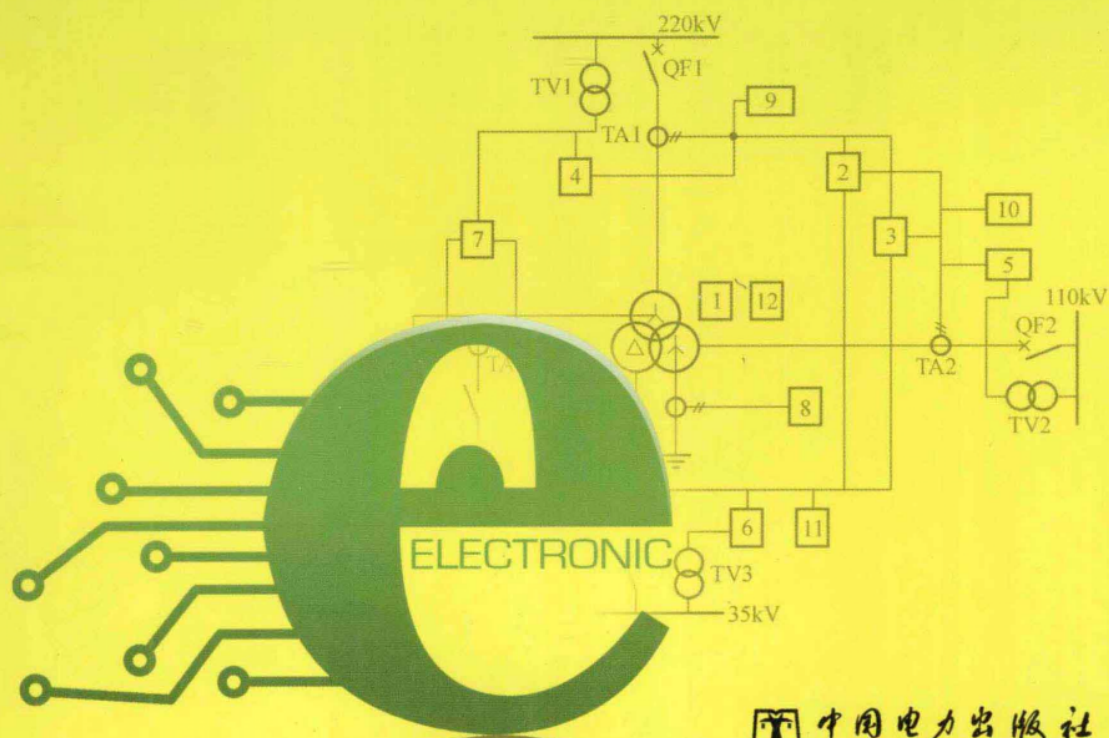


电气二次回路 识图400例

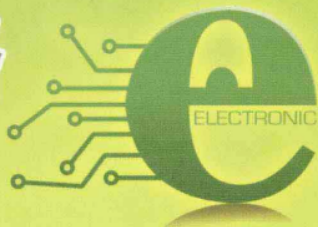
程逢科 李公静 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

联系电话 010-63412390
电子信箱 yundong-zhang@sgcc.com.cn

电气二次回路 识图400例



本书以实例的形式介绍电气二次回路和接线的识图，分析了电气二次系统中电流电压回路、逻辑回路、继电保护和自动装置回路、发变电设备和电动机二次回路、机床设备控制电路以及电气二次回路的安装、试验与运行等方面的应用问题。本书内容丰富，涵盖了电气二次回路的各个主要方面，重点分析一般教科书较少涉及的实用接线等技术问题。

本书深入浅出，通俗易懂，适合从事继电保护和二次回路工作的人员使用，可作为青年员工及生产技能人员职业技术等级鉴定的参考用书，也可供从事电气二次相关工作的人员参考。

ISBN 978-7-5123-4057-2



9 787512 340572 >

定价：49.80 元

上架建议：电力工程/供用电

电气二次回路 识图400例

程逢科 李公静 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书以实例的形式介绍电气二次回路和接线的识图,分析了电气二次系统中电流电压回路、逻辑回路、继电保护和自动装置回路、发变电设备和电动机二次回路、机床设备控制电路以及电气二次回路的安装、试验与运行等方面的应用问题。本书内容丰富,涵盖了电气二次回路的各个主要方面,重点分析一般教科书较少涉及的实用接线等技术问题。

本书深入浅出,通俗易懂,适合从事继电保护和二次回路工作的人员使用,可作为青年员工及生产技能人员职业技术等级鉴定的参考用书,也可供从事电气二次相关工作的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电气二次回路识图 400 例 / 程逢科, 李公静编著. —北京:
中国电力出版社, 2013.8

ISBN 978-7-5123-4057-2

I. ①电… II. ①程… ②李… III. ①二次系统—电路图—识别 IV. ①TM645.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 029518 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 8 月第一版 2013 年 8 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 24.75 印张 488 千字

印数 0001—3000 册 定价 49.80 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言



电气工程可分为一次和二次两个部分。电气二次部分对电力系统的运行进行控制、测量和保护。与电气工程的其他技术书相比，目前介绍电气二次方面的书还是比较少的，而现有的电气二次方面的书又以介绍典型的理论知识的专业书、教科书为多，例如继电保护技术等，这些书主要供从事电力工程继电保护和二次回路工作的人员使用。而实际上除专业二次回路工作人员外，在电力行业内外还有许多从事与电气二次回路类似工作的人员，很需要掌握电气二次回路方面的实用知识，特别是具体“回路”与接线方面的实用技术，许多从事电气技术管理的人员也需要一定深度的电气二次方面知识。本书就是从实用的角度出发，为既能满足专业人员的需要，也能满足其他类似的电气二次方面工作人员的需要编写的。

为了能使非继电保护专业的电气人员容易掌握和较快应用电气二次回路知识，本书遵循“深入浅出、通俗易懂、简明通用”的原则分析二次回路的各种技术问题，例如将电气图中的继电器触点分为静触点和动触点，以及用降落伞形象描述各种不同延时触点的图形画法，以帮助读者较快熟记。本书着重分析电气二次系统的“回路”及接线以及在生产工程应用中的各种问题，不进行大量的理论分析。所以它不是传统意义上的理论技术书，也不是简单的电路图的汇集。

电气二次回路历来存在广义和狭义的区别，狭义的二次回路主要指电力工程中的控制回路（包括信号部分）；广义的则包括电力工程的控制、保护及自动装置、电气测量仪表以及二次系统的电源等全部电气二次部分。本书对电气设备控制回路作了较详细的介绍和分析，对于其他二次部分，如继电保护和自动装置等则主要介绍分析其回路和接线，这是与一般介绍原理的继电保护教科书等完全不同的。

如果再推广一些，许多机械设备，如机床（包括数控机床）和自动成型机的控制电路，实质上属于电气二次回路的范畴。本书在介绍这些电路时，主要是通过实例介绍和分析其电路的具体接线和特点，以及这部分电路的识图和维护方法，这是其他专门介绍数控机床和 PLC 控制设备的书很少涉及的内容，但却是从从事机床电气维修工作的人员必须掌握的知识。至于数控系统和 PLC 编程及微机相关知识，则不在本书的范围之内。

近年来，随着电子技术特别是可编程控制器（PLC）和微机装置的大量应用，电气二次回路在绘图识图、电路构成、电路原理等方面都有许多新的内容。本书对这些有特点的回路也作了介绍。因为从接触中了解到，不论电力设备的微机测控装置回路，

还是机床等机械设备的自动控制回路，对于许多新从事电气二次回路维修工作的人员来说，主要需要学习如何把各部分图纸上的多个分散回路综合分析，这是微机设备二次回路有别于传统二次回路的一个特点。为此本书分析了几种采用微机测控装置的断路器控制回路，也分析了数控机床和 PLC 控制的自动成型机电路，详细地分析了微机数控设备构成的具体接线和电路分析步骤。

在使用上，虽然微机电路更有发展前景，但传统元件在多种场合仍然大量应用，特别是传统元件构成的电路能清楚地分析电路的来龙去脉，使读者对电气二次回路有感性认识和直观的了解，并能较快掌握电气二次回路的原理。即使是微机装置，除中间核心部分外，开头的输入部分和最后的执行部分实际还是由传统的电气二次回路构成的，只是形式不同而已。所以本书对传统元件与微机装置都作了介绍以相互补充。

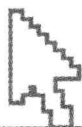
电气二次回路的内容十分广泛，绝不是一本或几本书可以全部包括的。如果按微机的分析方法，电气二次回路还可以划分为“硬件”和“软件”两部分，“硬件”可以认为包括具体的回路和接线；管理工作，例如短路电流计算、保护定值计算等则属于“软件”。本书虽然包括了广义电气二次回路的各个方面，但并不是二次回路的全部内容。这是因为本书宗旨是对电气二次回路的“硬件”即回路进行分析，使从事具体维护工作的读者通过阅读本书而掌握更多的二次回路技术。

为了用有限的篇幅更好地说明问题，本书中有的电路图是几个实际接线图的组合，所以不能将其视为教科书或设备接线图。本书由程逢科和李公静编著。

“文章千古事，得失寸心知”，编者仍然本着对读者负责的精神全身心地认真写作，但是受作者的技术水平等因素所限，定会存在一些不足之处，恳请读者批评指正。

编著者

目 录



前言

第一章 基本知识	1
第一节 概述	1
1-1 什么是电气系统的一次部分和二次部分?	1
1-2 什么是回路?什么是电气二次回路?	1
1-3 电气二次回路和电气二次系统有什么区别?	2
1-4 怎样理解广义的和狭义的电气二次回路?	2
1-5 怎样理解电力工程电气二次回路和其他电气二次回路?	2
1-6 电力工程的典型电气二次回路有什么特点?	3
1-7 非电力工程的电气控制回路有什么特点?	3
1-8 怎样区分直流系统的一次回路和二次回路?	4
1-9 怎样理解电气二次回路的“硬件”与“软件”?	4
1-10 简述电力工程电气二次回路中部分技术术语的含义。	4
1-11 怎样理解“回路”一词在二次回路中的含义?	6
1-12 电气二次回路及相关技术术语有哪些名称上的变化?	7
1-13 怎样按电路形态划分电气二次回路?	8
1-14 电气二次回路的不同电源系统分别有什么特点?	9
1-15 怎样通过分析传统电路较快掌握电气二次回路?	9
第二节 电气二次元件	10
1-16 怎样选择不同颜色的信号灯和按钮?	10
1-17 什么是继电器的继电特性?	10
1-18 什么是继电器保护用继电器和控制继电器?有什么特点?	11
1-19 测量继电器和逻辑继电器有什么异同?	11
1-20 机电型二次元件的特点有哪些?	12
1-21 怎样按工作条件使用电气二次元件?	12
1-22 怎样根据技术指标应用二次元件的触点?	12
1-23 简要分析转换开关的构成特点。	14
1-24 怎样识别 LW-2 型万能转换开关的类型?	16

1-25	保护用继电器的型号有哪些?	17
1-26	低压电器类二次元件的型号有哪些?	18
第三节 电气二次图		19
1-27	什么是相量? 怎样应用相量图?	19
1-28	怎样应用对称分量法分析电路?	20
1-29	电气图中触点的图形符号有什么特点?	21
1-30	怎样区分继电器的四种延时触点?	22
1-31	如何掌握延时触点的图形符号?	23
1-32	控制开关的触点图和触点表在电气图中如何表示?	23
1-33	集中式原理图分为几种? 各有什么特点?	24
1-34	如何正确使用电气图的文字符号?	26
1-35	电气二次回路标号时应注意哪些问题?	29
1-36	绘制分开表示原理图应注意哪些问题?	31
1-37	机床电路接线图有什么特点?	31
1-38	微机装置回路接线图是怎样连接的?	33
1-39	完整的微机装置二次回路由哪几部分构成?	34
1-40	微机装置的回路接线图的特点是什么?	35
第四节 电气一次系统		37
1-41	分析电气二次回路时怎样理解“一次系统”的含义?	37
1-42	电网中性点接地方式有几种? 各有什么特点?	38
1-43	中性点直接接地系统发生单相接地时电流、电压如何变化?	39
1-44	中性点不接地系统电容电流的特点有哪些?	40
1-45	中性点经消弧线圈接地的系统发生单相接地时电流如何分布?	40
1-46	怎样应用消弧线圈补偿单相接地时接地点的电容电流?	41
1-47	变压器联结组别的表示有何规定?	42
第二章 电子技术与微机在电气二次回路中的应用		43
第一节 电气二次回路常用电子电路		43
2-1	简述热敏电阻、光敏电阻和压敏电阻的特点及用途。	43
2-2	光电元件主要有哪几种?	44
2-3	简述霍尔传感器的特点及其在电气二次回路中的应用。	45
2-4	逆变器的工作原理是什么?	45
2-5	六相整流电路由哪几部分构成?	47
2-6	何为模拟信号和模拟电路? 其在电气二次回路中的应用主要有哪些?	47
2-7	交流放大器和直流放大器的基本区别是什么?	47

2-8	什么是运算放大器?	47
2-9	什么是数字信号和数字电路? 其在电气二次回路中的应用主要有哪些?	48
2-10	什么是二极管逻辑门电路? 其电路特点是什么?	49
2-11	什么是三极管逻辑门电路? 其电路特点是什么?	49
2-12	基本门电路有几种? 或门电路的结构特点是什么?	49
2-13	与门电路的结构特点是什么?	50
2-14	怎样理解或门和与门互为正负的关系?	50
2-15	非门电路的结构特点是什么?	51
2-16	禁止门电路的结构特点是什么?	51
2-17	或非门电路的结构特点是什么?	52
2-18	与非门电路的结构特点是什么?	52
2-19	数字电路中编码器的工作原理是什么?	53
2-20	数字电路中译码器的工作原理是什么?	54
2-21	电子设备有哪些抗干扰措施?	55
第二节 可编程控制器的应用		56
2-22	什么是可编程控制器 (PLC)?	56
2-23	可编程控制器适合在哪些电气二次设备中使用?	57
2-24	选用可编程控制器时应考虑哪些技术指标?	57
2-25	什么是可编程控制器的输入接口电路?	58
2-26	什么是可编程控制器的输出接口电路?	59
2-27	怎样连接可编程控制器的输入输出接口和电源接口的外部电路?	59
2-28	PLC 的人机对话功能具体应用有哪些?	61
2-29	可编程控制器的梯形图基本编程规则有哪些?	61
2-30	可编程控制器的编程设备有哪些? 其主要特点是什么?	62
2-31	可编程控制器的基本指令有哪些?	62
2-32	可编程控制器中软元件的作用有哪些?	67
2-33	简要分析 PLC 电路和传统二次回路的异同。	67
2-34	维护有可编程控制器的二次回路需要哪些技术资料?	68
2-35	如何在不了解编程图的情况下维护 PLC 回路?	70
2-36	如何判断和处理 PLC 输出部分的故障?	70
2-37	怎样提高可编程控制器的工作可靠性和延长使用寿命?	71
2-38	如何扩大可编程控制器的应用范围?	71
2-39	新型的 PLC 装置有哪些特点?	71
第三节 微机装置的应用		72
2-40	电气二次回路包含哪些微机装置?	72

2-41	微机装置由哪几部分构成?	72
2-42	微机装置的开关量输入电路由哪几部分构成?	73
2-43	微机装置的开关量输出电路由哪几部分构成?	73
2-44	微机装置怎样实现人机对话?	74
2-45	微机装置的元件是怎样布置的?	74
2-46	一般微机装置的插件上具有哪些器件? 其主要功能是什么?	75
2-47	微机装置电流、电压连接有何要求?	76
2-48	怎样实现电流量和电压量与微机装置的连接?	76
2-49	微机装置与其他元件装置的继电保护原理有何异同?	76
2-50	微机装置的输入回路如何接线?	77

第三章 电流回路和电压回路 79

第一节 电流回路 79

一、电流互感器 79

3-1	仪表用电流互感器和保护用电流互感器的准确度要求有什么不同?	79
3-2	电流互感器二次侧的技术参数有哪些?	80
3-3	怎样根据二次回路的不同功能确定电流互感器的一次电流值?	80
3-4	怎样选择电流互感器一次绕组的参数?	81
3-5	怎样选择测量仪表回路的电流互感器?	81
3-6	怎样理解电流互感器二次负荷与10%误差的关系?	81
3-7	什么是减极性法? 怎样进行减极性法标记? 怎样查找电流互感器的极性?	82
3-8	电流互感器的二次侧开路有什么危害? 电流互感器开路如何处理?	83
3-9	怎样通过伏安特性试验确定电流互感器是否良好?	83
3-10	怎样应用有中间分头的电流互感器?	84
3-11	零序电流互感器有什么特点?	84

二、电流回路的构成与接线 85

3-12	简述采用故障电流实现断路器跳闸的电路接线原理。	85
3-13	电流互感器二次回路有哪几种切换方式?	86
3-14	什么是电流互感器的接线系数?	87
3-15	三相完全星形连接的电流二次回路的特点是什么?	87
3-16	三角形连接的电流二次回路的特点是什么?	87
3-17	两相不完全星形连接的电流回路的特点是什么?	88
3-18	两相电流差连接的电流回路的特点是什么?	89
3-19	按零序方式连接的电流回路的特点是什么?	90
3-20	电流互感器串联接线的应用及特点是什么?	90

3-21	电流互感器并联接线的应用及特点是什么？	91
3-22	怎样应用均压法连接电流互感器回路？	92
3-23	电流互感器的环流法连接方式的特点是什么？	92
3-24	三角形连接与星形连接的电流互感器在环流法接线时的 注意事项有哪些？	94
3-25	怎样进行多电流互感器的二次回路接地？	94
3-26	怎样用自耦变流器实现二次回路的电流补偿？	94
3-27	怎样应用电抗变压器组成测量二次电流的电路？	95
3-28	什么是电流变换器，其主要应用是什么？	96
3-29	负序电流滤波器的构成原理是什么？	96
3-30	怎样安排电流二次回路中负载元件的顺序？	97
3-31	在电流互感器二次回路上工作时应注意哪些事项？	98
第二节 电压回路		98
一、电压互感器		98
3-32	电容式电压互感器与电磁式电压互感器的应用有何异同？	98
3-33	电压互感器的曲折式接线方式有什么特点？	99
3-34	三相三柱式电压互感器一次侧中性点为什么不能接地？	99
3-35	怎样实现三个单相电磁式电压互感器的基本连接？	99
3-36	三相五柱式电压互感器的分类及特点是什么？	100
3-37	电压互感器的V形连接方式的特点是什么？	100
3-38	电压互感器的参数有哪些？应如何选择？	101
3-39	为什么电磁式电压互感器可能产生铁磁谐振？	102
3-40	可采取哪些措施预防电压互感器的铁磁谐振？	102
3-41	电压互感器二次回路的短路保护的配置原则是什么？	102
3-42	电压互感器一次侧的熔断器保护的配置原则是什么？	103
3-43	对电压互感器的过电压运行时间是如何规定的？	104
3-44	电压互感器投入运行后的检验项目有哪些？	104
二、电压回路构成与接线		104
3-45	怎样应用电容器取得零序电压？	104
3-46	负序电压滤波器电路的构成及特点是什么？	104
3-47	正序电压滤波器电路的构成及特点是什么？	104
3-48	零序电压磁平衡的电压回路断线闭锁装置的动作原理是什么？	106
3-49	电压互感器的开口三角绕组有几种接线方式？其特点分别是什么？	106
3-50	如何防止电压互感器二次侧向一次侧反充电？	107
3-51	如何将负载设备的电压二次回路与电压小母线连接？	108

3-52	电压二次回路的重动继电器如何接线和工作?使用时有哪些注意事项?…	109
3-53	在什么情况下2个电压二次回路会并联?怎样实现2个电压二次回路的并联? ……	111
3-54	电压互感器二次回路熔断器上为什么要并联电容器? ……	111
3-55	10kV母线的电压互感器柜的电压二次回路有什么特点? ……	111
3-56	如何维护保护用电压互感器二次回路的隔离开关辅助触点? ……	112
3-57	母线运行而电压互感器退出运行时应做好哪些措施? ……	113
3-58	计量仪表对电压二次回路的压降有何要求? ……	113
3-59	为什么电压二次回路必须有且只能有一点接地?怎样进行接地? ……	113
第三节 其他测量回路 ……		114
3-60	整流型继电器和仪表的构成及特点是什么? ……	114
3-61	电桥式直流回路绝缘测量电路的动作原理是什么? ……	115
3-62	一般的交流电压叠加交流电流的回路如何接线? ……	115
3-63	怎样构成直流叠加交流回路? ……	115
3-64	怎样构成直流叠加直流回路? ……	116
3-65	怎样应用分流器测量直流电流? ……	117
3-66	直流电流互感器的构成原理及具体应用是什么? ……	117
3-67	简述电测量变送器的作用、分类及结构。 ……	118

第四章 逻辑回路 120

第一节 逻辑回路基本知识 ……		120
4-1	逻辑回路有哪几种基本类型? ……	120
4-2	逻辑回路有何特点? ……	120
4-3	怎样解决直流继电器的操作过电压问题? ……	120
4-4	怎样确定逻辑继电器的动作值、返回值和保持值? ……	121
4-5	逻辑继电器的触点能否串联或并联使用? ……	122
4-6	中间继电器有哪些种类? ……	122
4-7	继电保护类逻辑继电器有什么特点? ……	122
4-8	低压电器类逻辑继电器有什么特点? ……	122
4-9	简述接近开关的特点及接线方式。 ……	125
4-10	简述固态继电器的构成与特点、应用参数和使用方法。 ……	126
4-11	怎样选用电压动作、电流保持的中间继电器? ……	127
4-12	怎样选用电流动作、电压保持的中间继电器? ……	128
4-13	带自保持的逻辑继电器接线时有哪些注意事项? ……	128
4-14	延时动作与返回的中间继电器的特点是什么? ……	129

4-15	简要分析双位置继电器的动作过程。	129
4-16	小型交流接触器的辅助触点在使用时有哪些注意事项?	130
4-17	逻辑回路的电源压降应保持在什么水平?	131
4-18	极化继电器的构造有什么特点?	131
4-19	为什么交流继电器、接触器不能串联使用?	131
第二节 基本逻辑回路		131
4-20	逻辑回路中应如何排列元件?	131
4-21	对电气设备的远、近控电路有何要求?	132
4-22	多个元件串联的回路在实际应用时应注意哪些事项?	133
4-23	在逻辑回路中应用串联式信号继电器时应注意哪些事项?	133
4-24	在逻辑回路中应用连接片有哪些具体要求?	134
4-25	什么是不对应电路? 其主要作用有哪些?	135
4-26	怎样应用短接线圈方式达到继电器的动作和返回?	137
4-27	怎样通过外部接线实现普通中间继电器的延时返回?	137
4-28	怎样实现继电器线圈全压启动后串电阻保持的电路?	137
4-29	怎样利用电容器充放电功能实现继电器动作?	138
4-30	可逆动作的电动机控制和电磁阀控制在逻辑回路的设计上有何不同?	139
4-31	怎样采用普通继电器构成闪光电路?	140
4-32	简要分析由闪光继电器构成的闪光电路是如何工作的。	142
4-33	什么是寄生回路? 在什么条件下寄生回路会造成逻辑回路误动作?	143
第三节 断路器的控制回路		144
4-34	断路器的控制回路应满足哪些基本要求?	144
4-35	断路器的弹簧操动机构有哪些类型?	144
4-36	由中间继电器触点启动跳闸回路时应考虑哪些问题?	145
4-37	断路器跳、合闸回路辅助触点的具体应用有哪些?	146
4-38	断路器控制回路中, 怎样连接与跳、合闸线圈串联的信号灯?	146
4-39	断路器的跳、合闸位置继电器应如何接线?	147
4-40	位置继电器使用不当会造成哪些问题?	149
4-41	简述断路器的跳闸防跳跃和合闸防跳跃回路的接线方法。	151
4-42	简述断路器的跳、合闸保持继电器的接线方法。	152
4-43	怎样在控制回路中应用合后继电器?	153
4-44	简要分析断路器信号回路的动作过程。	154
4-45	简述断路器单灯音响监视位置信号的接线方法。	155
4-46	简要分析10kV真空断路器储能电路工作过程、控制回路特点。	155
4-47	简述采用微机保护的10kV断路器控制回路接线和动作过程。	157

4-48	简述采用测控装置的中压断路器控制回路的组成和特点。·····	159
4-49	简述采用测控装置的中压断路器的合闸回路动作过程。·····	160
4-50	简述采用测控装置的中压断路器的跳闸回路动作过程。·····	162
4-51	简述 110kV 断路器的控制回路动作过程。·····	162
4-52	简述采用弹簧机构分相操作的 220kV 断路器控制回路动作过程。·····	163
4-53	简述电动机储能的低压断路器控制回路动作过程。·····	165
4-54	简述分析电磁线圈储能兼合闸的低压断路器控制回路动作过程。·····	167
第四节 其他控制回路和信号回路 ·····		168
4-55	高压接触器控制回路有什么特点?·····	168
4-56	对高压隔离开关的电动控制有何基本要求?·····	168
4-57	简述三相操作隔离开关电动操作回路的操作过程。·····	169
4-58	高压隔离开关是如何实现防事故闭锁功能的?·····	170
4-59	简述分相操作的高压隔离开关控制回路的构成及特点。·····	170
4-60	简述隔离开关的防误闭锁逻辑回路的动作过程。·····	173
4-61	怎样实现交流接触器的节能运行控制回路?·····	174
4-62	简述集中复归不重复式中央信号装置的接线方法、动作过程及 应用特点。·····	175
4-63	简述冲击继电器的动作原理及主要技术数据。·····	176
4-64	简述由 ZC-23 冲击继电器构成的中央信号装置的动作过程和 应用特点。·····	177
4-65	静态冲击继电器构成的中央信号装置如何接线?·····	179
4-66	简述 JC-2 冲击继电器构成的中央信号装置的工作过程。·····	179
4-67	简述集中复归重复动作式中央信号装置的动作过程。·····	180
4-68	设备检修时如何处理中央信号装置的连接线?·····	180

第五章 继电保护回路 182

第一节 基本知识 ·····		182
5-1	什么是继电保护的选择性?其与可靠性有什么联系?·····	182
5-2	什么是继电保护的灵敏性与速动性?·····	182
5-3	什么是保护的整定、整定值和灵敏系数?·····	182
5-4	什么是保护的可靠系数?其应如何选取?·····	182
5-5	什么是继电器的返回系数?·····	183
5-6	什么是瞬时动作的普通电流继电器?·····	184
5-7	什么是反时限过电流继电器?·····	184
5-8	电流速断保护的构成和特点是什么?·····	184

5-9	简要分析限时电流速断保护的特点。·····	185
5-10	什么是定时限过电流保护？它和过负荷保护有什么异同？·····	186
5-11	反时限过电流保护在应用时应注意哪些事项？·····	186
第二节 保护接线 ·····		187
5-12	欠电压闭锁的过电流保护如何接线？·····	187
5-13	复合电压闭锁的过电流保护如何接线？·····	188
5-14	负序过电流保护如何接线？·····	188
5-15	中性点直接接地系统的零序电流保护回路有什么特点？·····	189
5-16	中性点非直接接地系统的零序电流保护回路有什么特点？·····	190
5-17	零序电压保护有什么特点？·····	190
5-18	纵联差动保护中纵联的具体含义是什么？·····	190
5-19	纵联差动保护两侧的电流回路如何连接？·····	191
5-20	什么是比率制动差动保护？其动作原理是什么？·····	192
5-21	什么是横联差动保护？其动作原理是什么？·····	192
5-22	全阻抗和方向阻抗保护的构成与特点是什么？·····	193
5-23	什么情况下应装设方向电流保护？如何确定保护动作方向？·····	194
5-24	简要分析方向继电器的灵敏角和动作范围之间的关系。·····	195
5-25	什么是方向继电器的 90°接线？·····	197
5-26	什么是零序方向电流保护？其电流、电压回路如何接线？·····	198
5-27	失灵保护的作用及基本构成是什么？·····	200
5-28	什么是单断路器设备的失灵保护？有几种接线方式？·····	200
5-29	简述多断路器设备的失灵保护回路接线和动作过程。·····	202
5-30	什么是三段式保护？·····	203
第三节 设备保护 ·····		204
5-31	6~10kV 分段断路器应配置哪些保护？·····	204
5-32	简述母线不完全纵联差动保护接线方式和动作原理。·····	204
5-33	什么是固定连接的双母线完全差动保护？·····	205
5-34	母线纵联差动保护电流互感器的极性如何确定？·····	207
5-35	简要分析母联电流相位比较式差动保护的基本原理和特点。·····	207
5-36	母联电流相位比较式差动保护如何接线？·····	208
5-37	电流相位比较式母线保护的逻辑回路有什么特点？·····	209
5-38	母线的电动机欠电压保护的配置原则是什么？·····	210
5-39	电动机欠电压保护回路如何接线？·····	210
5-40	如何进行电动机欠电压保护装置的投退操作？·····	212

第一节 备用电源自动投入装置	213
6-1 什么是备用电源的暗备用和明备用接线方式？两种方式各适用于什么情况？	213
6-2 对备用电源自动投入装置有哪些基本要求？	214
6-3 备用电源自动投入装置动作的判据有哪些？	214
6-4 如何整定备用电源自动投入装置的参数？	215
6-5 简要分析备用电源自动投入装置启动回路的动作过程。	215
6-6 实现备自投装置只投入1次的方式有哪些？	218
6-7 备用电源自动投入时怎样实现保护后加速？	218
6-8 备用电源自动投入装置应如何接线？	220
6-9 微机备用电源自动投入装置应接入哪些开关量？	220
6-10 微机备用电源自动投入装置出口回路应如何接线？	223
6-11 微机备用电源自动投入装置如何完成只投入1次的逻辑功能？	223
6-12 微机备用电源自动投入装置动作逻辑是什么？	224
6-13 微机备用电源自动投入装置一般由哪几部分组成？	224
6-14 怎样采用可编程控制器实现备用电源自动投入功能？	228
6-15 采用PLC实现备用电源自动投入功能时如何接线？	228
第二节 自动重合闸装置	230
6-16 哪些情况下可应用重合闸装置？重合闸装置有哪些类型？	230
6-17 普通重合闸应符合哪些基本原则？	231
6-18 对重合闸启动后的延时合闸时间有什么要求？	231
6-19 对重合闸装置的整组复归时间有什么要求？	231
6-20 重合闸继电器在选用时应注意哪些事项？	232
6-21 简述普通重合闸回路的动作过程。	232
6-22 重合闸的启动方式有哪些？	233
6-23 简要分析重合闸装置一次重合闸逻辑回路动作过程。	234
6-24 什么情况下应闭锁重合闸装置？	234
6-25 防止非同期重合闸的方法有哪些？	234
6-26 什么是重合闸的前加速回路？简述其动作过程。	235
6-27 什么是重合闸的后加速回路？简述其动作过程。	236
6-28 重合闸装置投运时应注意哪些事项？	237
第三节 同期并列回路	237
6-29 什么是准同期并列？准同期并列时应满足什么条件？	237

6-30	什么是差频并网?对差频并网的同期装置有哪些要求?	238
6-31	什么是同频并网?其特点是什么?	238
6-32	什么是同步检查继电器?其构成原理是什么?	239
6-33	在同期回路中,同步检查继电器如何接线?	240
6-34	同步表的应用有哪些?	241
6-35	什么是同期监测装置?如何实现其与同期电压回路的连接?	241
6-36	怎样应用手动同期并列装置进行并列操作?	242
6-37	如何实现1台同期装置控制多台断路器合闸?	242
6-38	怎样把多台设备的电压引入到同一台同期装置?	244
6-39	怎样进行同频并网?	246
6-40	怎样调整频率差和电压差至合格?	246
6-41	怎样检验运行系统和待并列系统的同期回路接线正确性?	247
第四节	发电机的同期并列装置	248
6-42	简要分析滑差电压的产生和变化过程。	248
6-43	滑差电压在发电机同期并列中的作用是什么?	248
6-44	发电机并网中频率差的作用是什么?	249
6-45	简要分析恒定导前相角并列方式的特点。	249
6-46	简要分析恒定导前相角的半自动准同期并列装置的动作原理。	250
6-47	恒定导前时间并列方式有什么特点?	252
6-48	自动准同期装置的整步电压有几种?其有何作用?	252
6-49	自动准同期装置如何获取恒定导前时间?	253
6-50	自动准同期装置如何进行频率差和电压差检测?	253
6-51	同期装置的电压差和频率差调节控制有何作用?	254
6-52	怎样进行发电机的手动准同期并列操作?	254
6-53	手动准同期并列发电机应注意哪些事项?	254

第七章 发变电设备的二次回路 256

第一节	发电机的二次回路	256
7-1	发电机二次回路包含哪些部分?有什么特点?	256
7-2	如何配置发电机的电流互感器?	256
7-3	如何配置发电机的电压互感器?	258
7-4	发电机的纵联差动保护和电流速断保护的配置原则是什么?	258
7-5	发电机定子绕组过电流保护的特点是什么?	259
7-6	发电机定子绕组匝间短路保护主要有几种方式?	259
7-7	发电机定子绕组单相接地保护主要有几种方式?	260

7-8	发电机励磁系统的保护主要有几种?	261
7-9	发电机的过电压保护、负序过电流保护及逆功率保护的 应用特点是什么?	262
7-10	简述发电机的断水保护、断路器失灵保护及过负荷保护的应用特点。	262
7-11	中、小型发电机的二次回路由哪几部分构成?	263
7-12	什么是发电机继电强行励磁? 继电强行励磁装置的作用及 技术要求是什么?	265
7-13	发电机继电强行励磁回路的构成原理是什么?	266
7-14	发电机的自并励和自复励励磁系统有什么区别?	266
7-15	简要分析发电机三机励磁系统的基本工作过程。	268
7-16	发电机的自动励磁调节器的调节回路主要由哪几部分构成?	269
7-17	发电机的谐波励磁系统的原理及构成是什么?	270
7-18	什么是发电机的无功调差系数? 如何实现发电机的无功调差?	271
7-19	TWL-II型发电机无刷励磁调节器电路主要由哪几部分构成?	273
第二节 变电设备二次回路		274
7-20	变压器的电流速断保护是否能保护整个变压器?	274
7-21	为什么大型变压器差动保护和气体保护缺一不可?	274
7-22	什么是变压器的气体保护? 其动作原理是什么?	274
7-23	变压器差动保护的应用特点是什么?	275
7-24	变压器的零序过电流、过电压保护有哪几种方式?	276
7-25	配电变压器的二次回路由哪几部分构成?	277
7-26	为什么 6~35kV 电力线路只装设简单的过电流保护?	279
7-27	什么是线路的全线速动保护? 有几种方式?	279
7-28	线路光纤纵联差动保护由哪几部分构成?	281
7-29	线路的光纤闭锁方向保护有什么特点?	282
7-30	电力电容器的控制、保护有什么特点?	282
7-31	电容器组一般应配置哪些通用的保护?	283
7-32	电容器组一般应配置哪些专用的保护?	283
7-33	电力电抗器一般应配置哪些保护?	285
第八章 电动机二次回路		286
第一节 常规保护与控制回路		286
8-1	电动机的短路保护有哪些?	286
8-2	怎样整定电动机的过电流保护?	287
8-3	怎样整定电动机的负序过电流保护?	288

8-4	怎样整定电动机的单相接地保护和电动机的过热保护?	288
8-5	直流控制电源的高压电动机二次回路由哪几部分构成?	289
8-6	交流控制电源的高压电动机二次回路有什么特点?	293
8-7	F—C 装置控制的电动机二次回路的特点是什么?	294
8-8	同步电动机有几种励磁方式? 动作原理分别是什么?	296
8-9	什么是同步电动机的失步保护? 主要有几种类型?	297
8-10	为什么同步电动机要装设非同步冲击保护和失磁保护?	298
8-11	简述同步电动机的启动投励回路和励磁保护回路的动作过程。	298
8-12	简要分析继电器控制交流接触器的电动机回路的动作过程。	300
8-13	简述多台电动机组的联动回路的动作过程。	301
第二节 电子元件控制电路		303
8-14	简要分析变频器控制电动机的特点及其电路构成。	303
8-15	简述变频器主电路的构成原理。	304
8-16	变频器都有哪些保护和控制功能?	305
8-17	变频器的主要参数有哪些?	305
8-18	变频器控制器的主要功能有哪些?	305
8-19	变频器有几种控制方式? 分别有什么特点?	307
8-20	简述多功能变频器的外部接线端子功能。	308
8-21	什么是软启动器? 其主要功能有哪些?	309
8-22	简要分析软启动器的外部接线和启动过程。	310
8-23	软启动器控制器的常用操作和显示功能有哪些?	311
8-24	电动机综合保护测控装置的特点有哪些?	313

第九章 机床等设备的控制电路

第一节 砖瓦自动成型机电路		316
9-1	液压传动系统中电控阀的作用是什么? 其图形符号是什么?	316
9-2	简要分析全自动砖瓦成型机的基本构成和工作过程。	317
9-3	怎样读液压系统图?	319
9-4	三菱 FX _{1N} 型 60 点可编程控制器有哪些主要性能?	320
9-5	砖瓦成型机的电气系统由哪几部分构成?	321
9-6	全自动成型机 PLC 的输入输出部分应如何接线?	322
9-7	如何读懂砖瓦成型机的 PLC 梯形图?	323
9-8	简要分析自动成型机启动工作的梯形图。	328
9-9	简要分析自动成型机上料和滑台前进过程的梯形图。	328
9-10	简要分析自动成型机压制成型过程的 PLC 梯形图。	329

9-11	简要分析自动成型机连续自动工作和手动操作的梯形编程图。·····	329
第二节 数控切割机电路 ·····		330
9-12	什么是数控切割机？简述其工作过程。·····	330
9-13	什么是旋转式编码器？其主要构成及工作原理是什么？·····	331
9-14	数控切割机的电气部分由哪几部分构成？其主要作用分别是什么？·····	331
9-15	什么是开环、半闭环和闭环伺服系统？·····	332
9-16	简述数控切割机伺服驱动电路工作过程。·····	333
9-17	松下 MBDDT2210 型伺服驱动器的主要参数有哪些？ 各连接插件有什么功能？·····	334
9-18	伺服驱动器与外部控制回路如何连接？·····	335
9-19	简述数控切割机电源回路的组成及其防干扰保护措施。·····	338
9-20	切割机数控装置与逻辑回路应如何连接？·····	338
9-21	数控装置与伺服驱动器如何连接？·····	341
9-22	怎样通过按键设置伺服驱动器参数？·····	342
第三节 数控车床电路 ·····		343
9-23	数控车床的电源回路有哪几部分？·····	343
9-24	数控车床主轴驱动有几种类型？·····	344
9-25	双轴交流伺服驱动器如何控制伺服电动机？·····	345
9-26	数控车床的进给轴伺服驱动回路如何接线？·····	346
9-27	怎样通过双轴交流伺服器的操作键调整参数？·····	349
9-28	怎样实现车床的伺服驱动器与数控装置的连接？·····	349
9-29	数控车床的电动刀架电路如何工作？·····	350
9-30	数控车床的逻辑电路有什么特点？·····	351
9-31	数控车床有哪些其他电气回路？·····	351
9-32	数控车床的连接电缆是怎样使用的？·····	352

第十章 电气二次回路的安装调试与运行维护 354

第一节 电气二次回路的安装 ·····		354
10-1	布置二次回路元件时有哪些基本要求？·····	354
10-2	如何配置熔断器？·····	356
10-3	怎样选择电气二次回路电源电压？·····	356
10-4	怎样选择二次回路导线截面积？·····	356
10-5	二次接线端子排在使用时应注意哪些问题？·····	357
10-6	敷设二次回路连接电缆时应注意哪些问题？·····	357
10-7	如何进行电气二次设备的屏、箱、盘、柜的接地？·····	358
10-8	二次回路接线时应注意哪些问题？·····	358

10-9	连接片安装时应注意哪些问题？	359
10-10	安装变压器气体继电器时应注意哪些问题？	359
10-11	为什么并联使用电气元件时必须直接在元件上连接？	360
10-12	二次回路竣工验收时应按哪些规范进行？	360
第二节 电气二次回路的试验		361
10-13	电气二次回路的绝缘试验包括哪些内容？	361
10-14	对二次回路试验电源有什么要求？	361
10-15	怎样读取试验数据？	362
10-16	怎样区分需要调试和不需要调试就可投运的电气二次元件？	362
10-17	为什么要测量跳、合闸元件上的电压降？简述测量方法。	362
10-18	电流继电器动作电流值试验时接线方式有几种？	362
10-19	如何进行交流电压元件动作值试验？	363
10-20	如何进行直流电压元件试验？	364
10-21	如何进行直流电流元件试验？	364
10-22	如何进行带自保持的继电器动作试验？	365
10-23	如何测试继电器的延时特性？	366
10-24	方向继电器试验时如何接线？	367
10-25	如何进行二次回路的传动试验？	368
10-26	如何做好在运行设备上试验的安全措施？	368
10-27	怎样测量三相电压的相序？	368
10-28	怎样使用相位表测量电流二次回路和电压二次回路？	369
10-29	通电流测量电动机差动保护的相量时应如何接线？	370
10-30	怎样进行纵联差动保护带负荷试验？	371
10-31	怎样应用六角图分析纵联差动保护电流回路接线的正确性？	371
10-32	如何通过发电机（发变组）的启动试验检验其二次回路？	372
第三节 电气二次回路运行		372
10-33	电气二次回路在运行时应具有哪些资料？	372
10-34	如何进行逻辑回路熔断器的投退操作？	373
10-35	运行中的电气二次回路检查包括哪些内容？	373
10-36	直流系统正极接地和负极接地分别有什么影响？	374
10-37	电压互感器低压侧熔断器熔断时有哪些现象？	374
10-38	运行中检查保护应采取哪些措施？	374
10-39	使用二次回路中的连接片应注意什么？	374
10-40	查找二次回路直流接地时应遵循哪些规则？	375
10-41	对二次回路的操作电源有什么要求？	375



基本知识

第一节 概述

1-1 什么是电气系统的一次部分和二次部分？

答：电力工程的电气部分（电力工程还包括土建、构架等部分）可划分为一次部分和二次部分。

（1）电气一次部分也称为电气一次系统、电气一次回路或主回路，是电气系统中输送电能的回路。它包括发电机、变压器及所有用电设备（如电动机）等，还包括把这些设备连接在一起的线路、断路器、隔离开关、熔断器、避雷器、刀开关和电力电容器、电抗器等。

（2）电气二次部分也称为电气二次系统，是指对电气一次系统进行测量、控制和保护的电路，如断路器、接触器的控制电路，控制晶闸管触发导通或截止的电路，连接电流互感器二次绕组和电压互感器二次绕组的保护元件和测量仪表的电路，备用电源自动投入装置（备自投）的电路和同期并列装置的电路，以及上述二次回路的电源设备等。电气二次部分不直接用于输送电能。

（3）只有符合“二次式”原则的控制、保护、测量回路和调节系统才属于电气二次系统的范围。直接连接在主回路中的控制、保护、测量和调节元件及回路都不属于电气二次系统，例如，连接在主回路中的熔断器、控制开关、短路保护元件、热继电器、电流表、调压器等。

1-2 什么是回路？什么是电气二次回路？

答：回路可理解为一个通道或路径。电气回路就是电流流通的路径，电流在流通的过程中完成必要的任务后回到初点形成的闭合路径即为电气回路。电气二次回路的构成形式是：把电源通过导线与负载连接成闭合的电流流通的回路，有时还需要在通路中加入控制器件，该形式适用于交、直流二次回路、逻辑回路、测量回路。直流回

路电流从正电源流出，经过负载元件回到负电源侧。交流回路电流从电压高的一端流出，经过负载元件后流回到该电源的另一端。例如，电流互感器或电压互感器的每个二次绕组都可看作一个电源，该电源的两个端头之间有电位差，两个端头与外部电路通过负载元件连接成闭合的回路，就有电流通过。

对于回路接地的，要分清是工作接地还是保护接地，若是工作接地，则应把大地作为连接导线构成电流通路。

1-3 电气二次回路和电气二次系统有什么区别？

答：在实际应用中，电气二次回路有时不仅指有形的连接电路，也用来代指整个电气二次系统，此时电气二次回路包括电气二次部分的所有工作内容，所以也把电气二次系统统称为电气二次回路。但严格地讲，电气二次系统和电气二次回路还是有区别的，电气二次系统范围比电气二次回路更广，例如，为电气控制和保护等二次回路提供电源的直流蓄电池及其他交、直流电源系统，不停电电源等都属于电气二次系统的设备范畴，但不属于典型的电气二次回路。

1-4 怎样理解广义的和狭义的电气二次回路？

答：在电力工程中，相对于电气一次回路，电气二次回路包含的内容比较广泛，而且在不同的应用场合，包含的范围、所指的内容及界限的划分不完全相同，根据实际情况，可以认为电气二次回路有广义和狭义之分。

(1) 广义的电气二次回路。广义的电力工程电气二次回路是指包括电力工程的电气控制与信号回路、继电保护装置和回路、电力系统电气自动装置及回路、电气测量仪表及其回路在内的全部电气二次部分。

(2) 狭义的电气二次回路。狭义的电气二次回路主要是指电力工程中电气设备（如断路器、接触器）的控制回路和与控制回路相关联的回路（如信号回路）及设备。这是因为虽然继电保护和自动装置、测量表计等都属于电气二次系统的设备回路，但由于二次系统的设备和回路越来越复杂，出于工作的需要，在电力工程中，往往又划分为控制回路、继电保护回路、自动装置回路、测量仪表回路等，其中只把以控制功能为主的控制回路称为二次回路。

1-5 怎样理解电力工程电气二次回路和其他电气二次回路？

答：在实际应用中，起控制功能的电路可分为电力工程二次回路和其他电气二次回路两大类。

(1) 电力工程二次回路。电力工程电气二次回路是指电力工程中应用的电气二次回路。电力工程包括电力系统的发电厂、变电站，工矿企业、民用及其他按电力工程的标准施工的电气设备和系统等，其应采用电力工程电气二次回路的设计标准和施工

标准,如电气图采用统一的图形符号和文字符号、回路标号等。这类电气二次回路的划分比较清楚,所以也称为典型的电气二次回路。

(2) 其他电气二次回路。电气二次回路的定义是除一次电气回路外的其他电路,因此,所有采用电气回路的控制系统都可以认为是电气二次回路。有些电路虽然最终控制的不是电气设备,但如果电路采用的是电气二次回路的构成方式,并且电路控制的执行元件是电气元件(如电磁阀、电磁铁),也可认为属于电气二次回路的范围。例如,建筑电气工程中的电气设备(如电梯)、机床设备、液压传动设备的控制电路,部分热控系统的自动控制电路等。它们与电力工程的电气二次回路不完全相同,在其专业中可能不称为二次回路,但与电气二次回路有许多相似之处,相对于电力工程的电气二次回路而言,也可以称为非典型的电气二次回路。它们都可以用分析电气二次回路的方法进行分析。

1-6 电力工程的典型电气二次回路有什么特点?

答:电力工程的典型电气二次回路一般都具有以下特点:

(1) 电气二次回路与电气主回路之间无电气接线上的联接。二次回路中的交流回路通过电流互感器、电压互感器与一次系统隔离。二次回路采用蓄电池或其他与主回路隔离的电源。

(2) 电气控制回路与电气主回路之间是相对独立的系统,一次系统的运行方式不影响控制回路的工作。因此,控制回路采用专用的能保证在一次系统发生故障时继续可靠工作的电源设备,一般多采用直流蓄电池或其他能保证二次回路独立性的电源。

(3) 电气二次回路的电压等级都不高,直流或交流控制回路的电压一般不超过220V。

(4) 电气二次回路的测量元件(互感器、测量继电器和仪表)能正确反映一次系统的运行状况,为一次系统服务。所以说电气二次回路是与电气一次系统即无联接又有紧密联系的回路。

1-7 非电力工程的电气控制回路有什么特点?

答:非电力工程常见的电气控制回路有机床控制电路、液压传动设备的电气控制电路、建筑电气控制电路等,其特点是:

(1) 许多控制回路与主电路之间不是完全独立的,即控制回路要受主电路运行状况的影响。例如,一般的由接触器控制的电动机,虽然有的控制电路经控制变压器与主电路在电气上隔离开,但主电路的电源失电时控制回路也无法工作。对于直接与主电路连接的控制回路,则更属于非典型的二次回路了。

(2) 许多电路的控制部分和其他部分并没有明确界限。如采用伺服驱动器的电机

控制电路、控制部分电路和执行部分电路必须整体分析，而无法像典型电气二次回路那样完全分离开来。

(3) 发电厂的热控系统也采用许多电气自动控制电路，它们不是典型的电气二次回路，又与前述的非电力工程的电气控制回路有较大区别，但其对安全性的要求与电力工程的电气二次回路是一样的。许多热控回路的最终执行部分都是由继电器控制电磁元件的电气回路，所以可认为热控回路是部分应用电气二次回路的系统。

1-8 怎样区分直流系统的一次回路和二次回路？

答：直流系统的一次回路和二次回路的划分不像交流系统那样清楚，但也存在一次回路和二次回路的区别。直流主电路由直流发电机、直流电动机、蓄电池组及其开关等组成。因为直流电路中主电路电压一般不高，所以直流系统的控制、保护、测量电路一般情况下不需要由高压转换成低电压，因此许多直流二次回路与主电路是连接在一起的。基本可以这样划分直流一次、二次回路，即直接串联在直流主电路中的仪表和保护元件不属于二次回路；独立构成回路的保护、控制和监测电路可属于直流二次回路，例如，直流电源绝缘监测回路、发电机的转子一点和两点接地保护回路。直流回路也有采用直流电流互感器的，虽然它与交流电流互感器原理完全不同，但也可看作二次回路。类似的还有通过分流器连接的直流电流表的回路。直流电路中另一个重要的部分即励磁系统属于电气二次回路，特别是励磁系统的调节电路是电气二次回路的重要组成部分。

1-9 怎样理解电气二次回路的“硬件”与“软件”？

答：电气二次回路可以看作由“硬件”和“软件”两部分组成。由各种有形的元件组成的电路和装置可以认为是电气二次回路的“硬件”；“软件”则属于无形的部分，例如，短路电流的计算、继电保护和自动装置的整定、继电保护和自动装置的运行规定、控制回路逻辑设计、保护与二次回路的调试工作等，这些都是电气二次回路工作中的重要组成部分，如果不完成上述工作，也就是说没有这些“软件”，电气二次回路是不能正常工作的。

1-10 简述电力工程电气二次回路中部分技术术语的含义。

答：电力工程电气二次回路中主要技术术语的含义如下。

(1) 交流回路。

1) 指电流互感器二次绕组与其负载元件（电流继电器及其他继电器的电流线圈、测量仪表电流线圈等）连接组成的回路。

2) 指电压互感器二次绕组与其负载元件（电压继电器及其他继电器的电压线圈、测量仪表电压线圈等）连接组成的回路。

即专指用于测量主回路电参数的交流回路，除此外的其他应用交流电的回路一般不称为交流二次回路。例如，采用交流电源的控制回路可以认为是电气二次回路，但一般不称其为交流回路。

(2) 直流回路与逻辑回路。在典型电气二次回路中，由于逻辑回路的电源常采用直流电源，所以习惯上常把二次回路中的逻辑回路（包括控制回路和保护与自动装置的逻辑回路）称为直流回路。但逻辑回路绝不等于就是直流回路，因为某些典型的二次回路，其控制和保护的逻辑回路也采用交流电源。

(3) 保护回路。即继电保护回路，由以下两部分电路构成：

1) 经电流互感器和电压互感器变换后连接至保护继电器或保护元件，以测量电气参数的交流二次回路。

2) 为实现保护目的（如跳开断路器或发保护动作信号）而构成的直流或交流的逻辑回路。

(4) 动合触点和动断触点。

1) 动合触点是指电气元件在动作线圈不带电时处于断开状态、线圈带电吸合时闭合接通的触点；对于机械动作的触点，是指触点（开关、按钮）或设备（断路器）在没有外力的作用下处于断开、施加外力后闭合的触点。动合触点过去称为常开触点。

2) 动断触点是指电气元件在动作线圈不带电时处于闭合状态、线圈带电吸合时断开的触点；对于机械动作的触点，是指触点（开关、按钮）或设备（断路器）在没有外力的作用下处于闭合、施加外力后断开的触点。动断触点过去称为常闭触点。

非电量继电器没有线圈，是靠机械力推动动作的，也符合以上原则。

(5) 有源触点和无源触点。电气二次回路中不常用此提法，但在相关知识中有时会遇到，含义如下：

1) 无源触点就是常说的“空触点”、“独立触点”，即触点本身不带电，可以接入其他任何回路中使用。例如，母线保护出口中间继电器的跳闸触点是接在各设备的断路器跳闸回路中的，触点上施加的电源是断路器控制回路的电源，与母线保护装置本身的逻辑回路无电的联系，所以可认为母线保护输出的是空触点。

2) 有源触点指触点本身已带电，应用时将带电的触点连接到其他回路，要特别注意电位对新接入回路的影响问题。

3) 以电力工程电气二次回路的中央信号装置为例，各台设备由控制开关触点和断路器触点组成的不对应信号（可整体看成1对触点）都要接入信号装置，才能发出事故信号。实际应用中有两种接法：一种接法是该触点的两端都接入公共的中央信号装置，此时触点上所施加的电压是中央信号装置直流回路电源电压，触点可视为无源触点；另一种接法是将触点一端连接到公共的信号装置，另一端连接在本设备的控制电源回路，则触点可视为有源触点。

(6) 系统。在电气二次回路的工作中，系统有以下含义：

1) 系统可指整个电网, 如电力系统。

2) 可用于划分大的范围, 如一次系统、二次系统。

3) 在二次回路中, 系统可指一部分装置及与其连接的部分, 如直流电源系统、交流电源系统、控制系统、调节系统、励磁系统等。

(7) 测控装置。包括微机保护和有控制功能的成套装置。装置内有断路器的控制回路的绝大部分元件并且已经按控制要求连接好, 从而使断路器外部的控制回路大大简化, 基本上是连接执行元件(断路器的跳、合闸线圈等)后, 就可以操作断路器。微机测控装置的名称是在微机设备的类型增多以后才划分出来的, 在此以前, 所有具有保护和控制功能的微机装置习惯上都叫做微机保护装置。

(8) 开入回路。在微机装置中, 开入是指开关量输入, 而所谓开关量是指只有通、断两种状态的触点。在微机装置中, 就是指输入装置的各种继电器、断路器触点。实际应用中, 微机装置的开入回路经常指包括模拟量和开关量的全部输入电路。

(9) 启动与动作。

1) 对于速动元件, 启动就是动作, 两者含义相同, 因为继电器在动作后, 其触点瞬时动作。

2) 对于延时元件, 如时间继电器, 启动表示继电器线圈带电吸合, 动作表示继电器触点反转。

6 综上, 继电器线圈带电称为启动, 继电器触点反转称为动作。对于速动继电器则不区分启动与动作, 通常称为动作。

(10) 静态继电器。理论上的静态继电器是指所有无机械可动部分的继电器, 是相对于由机电元件构成的有机械动作部分的继电器而言的。实际上, 静态继电器多指由微机和其他元件如集成电路、晶体管电路构成的继电器。非电力工程专业所说的静态继电器主要指控制用的干簧继电器。

(11) 元件保护和系统保护。在继电保护中, 元件保护常指发电机、变压器、电抗器、电力电容器、电动机等设备的保护。系统保护也称电网保护, 常指与电网运行方式密切的保护, 如高压输电线保护、电力变压器零序保护等。

1-11 怎样理解“回路”一词在二次回路中的含义?

答: 在二次回路中, “回路”一词在不同的场合有不同的含义:

(1) 指全部电气系统的电路, 如一次回路、二次回路。

(2) 指按大范围划分的几个基本部分, 如交流回路、直流回路、控制回路、仪表回路、信号回路、保护回路、开入回路等。用这种表示方法时, “回路”一词与一次回路、二次回路的含义相同, 并不表示具体的电流流通过径, 只是表示一个划分的范围。

(3) 指电气二次系统中形成独立闭合路径的电路, 如某一个交流电流回路、交流

电压回路或直流电源绝缘监测回路等，都是单独形成从电源经负载再回到电源的闭合回路。

(4) 划分几个性质相同的单位。例如处于一组熔断器下的逻辑控制元件为一个回路，有几组熔断器就有几个回路。如果 1 台变压器有 4 组熔断器，则有 4 个回路：高压断路器控制回路、低压断路器控制回路及变压器保护装置逻辑回路、信号回路。

(5) 指一个完整的电路中完成某一功能的电路，如跳闸回路、合闸回路、防跳跃回路等。

(6) 指一个完整电路中完成某一功能的电路中的一条支路，如跳闸回路可分为手动操作跳闸回路、保护跳闸回路等；合闸回路可分为重合闸回路、远方合闸回路、就地合闸回路等。

1-12 电气二次回路及相关技术术语有哪些名称上的变化？

答：电气二次回路及相关技术术语新旧对照见表 1-1。

表 1-1 电气二次回路及相关技术术语

现使用术语	曾使用术语
欠电压	低电压
电压比（用于变压器、电压互感器）	变比
电流比（用于电流互感器）	变比
阻抗电压	短路电压
相位差	角差、相角差
气体继电器	瓦斯继电器
一次绕组、二次绕组	原边、副边
隔离开关	高压刀闸
断路器（高压断路器）	开关
低压断路器（自动空气开关）	自动开关、空气开关
熔断器	保险器
熔体（熔丝、熔片）	保险丝
动合触点	常开接点
动断触点	常闭接点
晶闸管	可控硅元件
Y (y) 联结（用于变压器、互感器）	Y形接线
D (d) 联结（用于变压器、互感器）	△形接线
连接片	压板

1-13 怎样按电路形态划分电气二次回路？

答：同其他电路一样，电气二次回路也有不同的划分方法：按用途可分为操作控制回路、继电保护回路、自动装置回路、信号回路、测量仪表回路、调节回路等；按电路形态可分为测量电路、逻辑电路、变换电路、叠加电路、桥式检流电路、充放电电路、电子电路、调节电路等。各种不同用途的二次回路都是由以上几种基本电路组合而成的。

(1) 电参数测量电路。指未经叠加的测量各种独立形态的电气量数值的纯电流或纯电压电路。如用于保护和测量表计的电流二次回路、电压二次回路，其回路中的电参数量（如电流、电压）都是单一性质的，即使在测量功率、阻抗等的电气元件中，电流回路和电压回路也都是各自独立的回路。再如测量频率的电路，实际是电压回路。直流电路中也有测量参数的电路。

(2) 逻辑电路。指所有按逻辑动作关系构成的电路，包括交流逻辑回路和直流逻辑回路。逻辑回路的特点是：由触点的接通和断开来控制元件（继电器或其他电磁铁线圈、指示灯等）的动作和释放，即回路中必然有通断控制点，而测量回路是没有通断控制点的。

(3) 变换电路。指将一种形态的电气量变换为另一种形态的电气量的电路，这类电路主要有：

1) 各种整流电路、逆变电路。是指把直流电变为交流电或者把交流电变为直流电的电路。

2) 采用电抗变压器或电流变换器将电流互感器的二次电流变换成低电压的电路。采用电压变换器将电压互感器的二次电压变换成低电压的电路。

3) 直流电流互感器的电路。

4) 电流互感器和电压互感器的一次、二次之间也可认为属于变换电路。

(4) 叠加电路和叠加电路是把两种电气量叠加在一起的电路，包括交流电压与交流电流叠加、交流电压与电压叠加、交流电流与电流叠加等。

(5) 充放电电路。充放电电路是利用电容器的充放电特性实现的，具体电路有多种。如利用电容器的充放电启动中间继电器，实现继电器延时，消除反电动势等，多用于逻辑回路。

(6) 桥式检流电路。检流电路是不同于其他电路形态的电路，如图 1-1 所示，它实际是电容和电阻构成的电桥电路，测量电容器的电容量使用的电容电桥就是采用这个原理，因为电桥中使用的灵敏度很高的指示表计称为检流计，所以桥

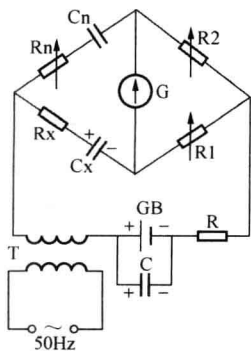


图 1-1 桥式检流电路（电容电桥）

式检流电路也称为检流电路。

(7) 微机和其他电子电路。包括电气二次回路中应用的晶体管电路、集成元件电路、微机装置、可编程控制器 (PLC) 及数控设备电路、伺服驱动器电路等。微机和其他电子电路知识属于另一个技术范畴, 本书只介绍其与电气二次回路相关的外部接线和应用。

(8) 调节电路。是一种连续变化的电路, 如励磁调节回路。

1-14 电气二次回路的不同电源系统分别有什么特点?

答: 电气二次回路的电源实际是指电气二次回路中的逻辑回路需要的工作电源。变电站的典型电气二次回路的逻辑回路都需要电源才能工作, 如断路器控制回路、保护装置的逻辑回路等。电气二次回路的电源有不同的类型, 但有一点是共同的, 即都必须能在电气一次系统故障时可靠工作以保证切除故障。为了达到这个目的, 电气二次回路的电源主要采用以下几种方式:

(1) 蓄电池电源。蓄电池不受一次系统运行方式影响的电源, 发电厂和重要变电站都采用蓄电池作为二次回路电源。

(2) 整流电源加电容器的方式。在不采用蓄电池时, 可采用整流装置作为二次回路的电源。由于整流装置的交流电源来自电气一次回路, 为了保证一次系统故障、电压降低时二次回路能正常工作, 就必须采取其他措施, 如在整流电源装置处加装电容器组, 平时由整流电源向电容器充电, 使电容器随时处于充满电的状态。正常运行时, 二次回路的操作都由整流装置供电。当一次系统发生故障致使整流装置不能正常供二次回路工作时, 二次回路中的重要部分 (即保护装置作用于断路器跳闸的回路) 由电容器放电来供电使其工作, 以保证能可靠切除故障。为了尽量减少电容器的数量, 一般电容器只供电给保护跳闸回路, 其他不必要的回路如合闸回路、信号回路等不用电容器供电。此种方式用于一般变电站。

(3) 整流电源加故障电流跳闸方式。采用整流装置作电气二次回路的电源, 如果不采用电容器, 也可采用由故障电流跳闸的方式。即: 正常的操作采用整流装置的直流电源; 事故时, 由于故障回路 (如线路上有故障) 的电流互感器的电流大大增加, 将电流互感器的二次电流直接供给故障线路的断路器跳闸线圈, 使断路器跳开以切除故障, 这样也能保证需要, 具体做法是将电流互感器的二次侧与跳闸线圈直接连接或经转换后连接构成闭合回路。

1-15 怎样通过分析传统电路较快掌握电气二次回路?

答: 目前采用传统元件和采用微机的电气二次回路都在大量使用, 两者在回路连接和构成原理上有许多相同或相似之处。由于习惯的原因, 也由于传统元件构成的回路能直观地在电路图上和具体设备上进行分析, 所以传统元件构成的电路更易理解记

忆。电子元件构成的二次回路包括集成电路、微机装置和可编程控制器等，其只通过电路接线不容易进行回路分析，且微机装置只是整个回路的中间部分，微机装置的头尾即整个回路的开始部分和后面执行部分还都是由传统元件构成的电路。所以，分析电路采用先传统后微机的方法和传统与微机结合的方法最有利于掌握电气二次回路的知识。

第二节 电气二次元件

1-16 怎样选择不同颜色的信号灯和按钮？

答：(1) 不同用途的信号灯应采用不同的颜色，见表 1-2。

表 1-2 信号灯用途与颜色

信号灯用途	信号灯颜色
事故跳闸、危险	红色
异常报警指示	黄色
开关闭合状态、运行	红色、白色
开关断开状态、停运	绿色
电动机启动过程	蓝色
储能完毕指示	白色、绿色

(2) 按钮应根据不同用途采用不同颜色，见表 1-3。

表 1-3 按钮用途和颜色

按钮用途	按钮颜色
正常分闸及停止按钮	黑色，允许用红色
事故紧急操作按钮	红色
正常停止与事故紧急操作合用按钮	红色
合闸按钮、开机按钮、启动按钮	白色，允许用灰色
储能按钮	白色
复归按钮	黑色

1-17 什么是继电器的继电特性？

答：有明确的动作状态和返回状态、无中间状态的特性称为继电特性，具有继电特性的元件就是继电器。注意，这里的动作状态和返回状态是对元件的触点状态而言的，因为继电器的线圈带动机构移动后使触点状态迅速改变。有些继电器（如时间继

电器)机构的动作状态和返回状态与触点的动作状态和返回状态不同,但其继电特性仍然很明显,即其触点只有闭合状态和断开状态而无其他中间状态。

1-18 什么是继电保护用继电器和控制继电器?有什么特点?

答:电气二次回路中使用的继电器按使用的设备不同基本可以分为两大类,即继电保护用继电器和其他用途继电器。继电保护用继电器既有测量继电器,也有逻辑回路使用的继电器,其中以直流中间继电器和时间继电器为多。其他用途继电器实际上是指除上述用途以外的各种电气控制电路使用的继电器,其不专用于电气二次回路,而主要用于机电设备的控制电路中,所以一般称为控制继电器,控制继电器以交流中间继电器和时间继电器为多。

继电保护用继电器构造精细、准确度高、可靠性高,不适用于机电设备控制电路;控制继电器一般也不能在继电保护回路中使用。

1-19 测量继电器和逻辑继电器有什么异同?

答:电气二次回路中的继电器按功能基本分为两大类:一类是测量继电器,用于测量各种电气量的数值;另一类是逻辑继电器,用于组成逻辑电路以完成各个逻辑程序。

(1) 测量继电器和逻辑继电器的相同点。两者都具有继电特性,并且都由两部分组成:一是继电器的动作来自于电流、电压等电气量(少数非电量的继电器除外)的驱动;二是继电器动作后都作用于触点的闭合或断开,所以触点都只有动作、不动作两种状态。

(2) 测量继电器和逻辑继电器的不同点。

1) 作用于逻辑继电器动作的电气量是处于有无两种状态的,即线圈中或者通入使继电器动作的电流,或者无电流。所以可以认为逻辑继电器在应用时是受控的,即由回路中的控制元件(如开关、触点)控制其动作与释放。

2) 测量继电器线圈中的电流(电压型继电器线圈中也是通过电流的)可以是使继电器动作的值,也可以为零,还可以是介于两者之间的任意数值,但在电流未达到动作值时继电器不动作。非电量的温度、压力、气体(瓦斯)继电器与电气量测量继电器原理相同,在这些继电器的测量机构中通入的温度、压力、气体的数值可以是介于动作值与零之间的任意值,并不一定只能是动作值和零值两种状态,但只有达到动作值触点才能动作。所以可以认为测量继电器一般都是不受控制的,因此测量继电器的线圈基本都是与电源(如互感器的二次绕组)直接连接的,在线圈与电源之间是没有控制元件(如触点)的。

3) 由于逻辑继电器是受控制的,所以逻辑继电器线圈中的电流值基本上是一个在回路设计时已确定的固定值,可按此值选用继电器。

而测量继电器由于是不受控制而与电源直接连接的,所以线圈中的电流大小取决

于电源的运行状态，因此其变化范围较大，有时能达到动作值的很多倍，所以其制造与选用原则也和逻辑继电器不同。

1-20 机电型二次元件的特点有哪些？

答：电气二次回路最早使用的是机电元件，目前其仍然是使用数量最多的电气元件，有测量继电器、逻辑继电器、控制开关、按钮以及各类电气测量仪表。机电元件构成的测量继电器以电磁型、感应型和整流型为主，电磁型继电器是利用线圈通电产生吸力的电磁原理制造的，如电磁型电流继电器、电压继电器、中间继电器、同步鉴定继电器等。感应型继电器是利用电磁感应原理制造的，如感应型过电流继电器、感应型方向（功率）继电器、平衡继电器等。机电元件继电器的特点是直观、动作与否状态明显。但机电式测量继电器的机械部分既要能带动触点系统转动，又要能精确测量电气量数值，所以其结构复杂，对调试的技术要求高，大多数情况下，不但要调试电气参数，还需要调整继电器的机械部分。

1-21 怎样按工作条件使用电气二次元件？

答：电气二次元件必须在符合使用条件的环境中使用，否则不但会损坏元件本身，还会造成事故。电气二次元件按使用条件可分为普通环境使用和特殊环境使用两种。

(1) 普通环境使用的电气元件一般应符合以下条件：

- 1) 安装地点不超过海拔 2000m。
- 2) 周围空气温度不高于 40℃，不低于 -5℃，24h 内平均值不超过 35℃。
- 3) 大气的相对湿度在周围最高温度为 40℃ 时不超过 50%，在较低温度下可以有较高的相对湿度，最湿月的月平均最大相对湿度为不超过 90%，同时该月的平均最低温度不超过 25℃。
- 4) 安装类别为 III 类。污秽等级为 3 级。

(2) 在特殊环境下应使用特殊环境使用的电气元件以保证安全。这些产品有特殊产品的标志，每个标志都规定了技术指标，标注字母的具体含义如下：

- 1) T——湿热、干热两用；
- 2) TH——湿热带用；
- 3) TA——干热带用；
- 4) G——高原用；
- 5) H——船用；
- 6) Fi——化工防腐用。

1-22 怎样根据技术指标应用二次元件的触点？

答：在选择测量继电器和逻辑继电器时，涉及线圈额定参数、触点数量、触点的

动合动断、触点容量等技术指标,其中,触点的技术指标如下:

(1) 触点的有感负载和无感负载。继电器触点如果带的是直流负载,就存在负载是有感负载还是无感负载问题。无感负载有回路的指示灯、电阻元件等。而线圈负载是有感负载,在触点断开时,线圈会产生反电动势,触点断开时弧光大。所以继电器触点的技术指标中,触点容量的直流有感负载小于直流无感负载。有的继电器只标明有感负载的断开数值,无感负载下同样能用。对有感负载的电感大小,继电保护用继电器有具体规定,即直流有感回路是指时间常数 T 不大于 5×10^{-3} s 的具有电感负载的直流回路,也就是说,在不大于此条件时继电器可以断开规定的电流值。

(2) 触点的电压。继电器触点的电压与线圈电压不同,线圈电压是指线圈两端可加的额定电压,而触点的电压是指触点所接入回路的电压。这个指标有两个含义:一是说明该触点的绝缘水平允许使用的电压范围;二是说明在不同的电压回路中触点允许流过的电流值不相同。任何情况下触点接入回路的电压都不能超过触点规定的最高电压。

(3) 触点的接通容量。由于继电器触点的直流负载大部分是有感负载,所以在直流回路中,触点的接通容量基本都大于断开容量。继电器触点的接通容量表示方式不完全相同,保护用继电器根据使用条件不同(是否长期通电),触点接通容量有的标明长期接通电流或闭合电流,有的标明允许的接通容量(直流 W 或交流 VA)。

(4) 触点的断开容量。断开容量按有感直流、无感直流、交流三种不同负载、不同电压时允许断开的电流标注。有的继电器只用 1 个触点容量的数值(W 或 VA)表示其接通和断开的容量。部分保护用继电器触点技术数据见表 1-4。

表 1-4 部分保护用继电器触点技术数据

类型	型号 (系列)	接通电流 (A)	断开容量		
			无感直流	有感直流	交流
中间继电器	DZS-145	5 (长期)	220V 时 1A	220 时 0.4A	220V 时 5A
			110V 时 5A	110V 时 4A	110V 时 10A
	YZJ1	5 (长期)	220V 时 1A	220V 时 0.5A	220V 时 5A
			110V 时 5A	110V 时 2A	110V 时 10A
时间继电器	DS-30	长期 5A	<220V, <3A 的直流有感为 50W		
	DS-20	长期 5A	<220V, <1A 的有感负荷电路中为 50W		
电流继电器	DL-10		<220V, 2A 的直流有感为 50W 交流 250VA		
	GL-10		动合触点在 220V 时接通直流或交流 5A, 在 220V 时断开交流 2A; 当被控电路由变流器供电, 且其电流为 3.5A, 阻抗不大于 4.5Ω 时, 则在电流不大于 150A 时强力桥式触点能将电路分流接通和分流断开		
功率继电器	LG-11		<220V, <1A 的直流有感回路为 20W		

(5) 非保护用的继电器大都为中间继电器、时间继电器，其触点的技术指标是按低压电器产品的使用类别表示的。所谓低压电器的使用类别，是指把低压电器按负载的类型分类，并用不同代号表示，继电器触点类型的代号：用于交流回路的多为 AC-15，定义为“控制容量（闭合状态下）大于 72VA 的电磁铁负载”；用于直流回路的多为 DC-13，定义为“控制直流电磁铁负载”。每个继电器触点都有在 AC-15 和 DC-13 两种负载时的不同电压下的允许电流值，交流接触器的辅助触点表示方法与此相同。现用表 1-5 举例说明某些低压电器类继电器触点的技术数据。

表 1-5 某些低压电器类继电器触点技术数据

额定发热电流	6A							
	额定工作电压下的额定电流 (A)						额定控制功率	
	36V	48V	110V	127V	220V	380V	交流	直流
AC-15	2.8			0.75	0.45	0.26	100VA	
DC-13			0.27		0.14			30W

(6) 选择和应用其他电气二次控制元件如控制转换开关、限位行程开关等时，对触点的要求与继电器一样。

1-23 简要分析转换开关的构成特点。

答：转换开关是二次回路中使用最多的主令电器，其触点多、功能多。常用的转换开关有 LW2、LW5、LW6 等型号。现以 LW2 为例介绍转换开关的构成特点。

(1) LW2 开关由多层触点组成，每层触点盒上有 4 个接线端头，内部有 1 个铜接触片即触点片。LW2 型开关共有 14 种触点（触点片）型式编号，即表 1-6 中的 1~50 型，其中 1 型和 2 型、4 型和 5 型、6 型和 6a 型触点片的构造形状都一样，只是在开关上的安装位置不同。各种触点片可以任意组合在 1 个多层的开关上，一般最多可组合 8 层，以最靠近操作面板的为第 1 层。

(2) 每个接线端头都有编号，由于每层有 4 个接线端头，所以第 1 层触头盒的 4 个接线端的编号就是 1、2、3、4，第 2 层就是 5、6、7、8，依此类推，第 8 层接线端头编号为 29、30、31、32。如果是带指示灯的开关，则 1、2、3、4 编号为指示灯，其他依次后推。编号从左上方开始按顺时针排列（背视）。

(3) 触点片除形状不同外，行程也不同，其中触点片中间为四方形孔和八角形孔的 9 种触头片（即 1、1a、2、4、5、6、6a、7、8 型）始终跟随操作连杆动作，10、20、30、40、50 型 5 种触点片操作时跟随操作连杆动作外，复位时停留在已操作位置，不随操作连杆复归。以 LW2-Z-1a、4、6a、40、20/F8 型开关的 20 型触点为例，该触点片安排在第 5 层，其触点盒的 4 个接线端头的编号是 17、18、19、20。在“断闸”位置时，触点 18、20 接通，操作到“预备合闸”位置时，触点片把 17、18 接通，操

作到“合闸”位置时 17、19 接通，当操作把手复归到“合闸后”位置时，触点片不随着复归，所以触点 17、19 仍然接通。如果要操作断路器跳闸，先把操作把手操作到“预备跳闸”位置，此时触点片把 17、18 接通，操作到“跳闸”位置时 18、20 接通，当操作把手复归到“跳闸后”位置时，触点片不随着复归，所以仍然是触点 18、20 接通。

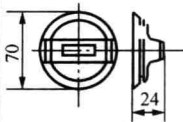
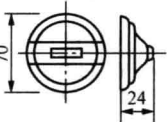
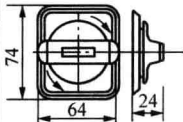
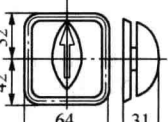
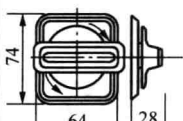
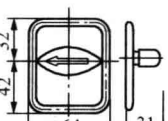

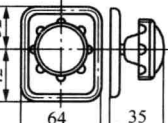
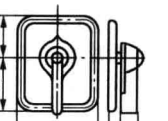
表 1-6 LW2 万能转换开关触点形式（开关手柄位于水平位置）

用途	图上的符号	触点型式（原始背视位置）		图上的符号	用途
一般用于 LW ₂ -YZ、LW ₂ 开关中（作为操作及信号触点）		 1型	 7型		一般用于 LW ₂ -YZ、LW ₂ -Z 型开关中（作电流切换用）
一般用于 LW ₂ -W 型开关中（操作触点）		 1a型	 8型		一般用于 LW ₂ 型开关中（作电流切换用）
一般用于 LW ₂ -YZ、LW ₂ -Z 型开关中（操作触点）		 2型	 10型		带 45°角自由行程的触点（LW ₂ -Z、LW ₂ -YZ 及 LW ₂ -W 型开关）
一般用于 LW ₂ -YZ、LW ₂ -Z 型开关中（操作触点）		 4型	 20型		带 90°角自由行程的触点（LW ₂ -Z 及 LW ₂ -YZ 型开关）
一般用于 LW ₂ 型开关中（操作触点）		 5型	 30型		带 135°角自由行程的触点（LW ₂ -Z、LW ₂ -YZ 及型开关）
一般用于 LW ₂ -YZ、LW ₂ -Z 及其他型式开关内（信号触点）		 6型	 40型		带 45°角自由行程的触点（LW ₂ -Z、LW ₂ -YZ 及 LW ₂ -W 型开关）
		 6a型	 50型		

1-24 怎样识别 LW-2 型万能转换开关的类型？

答：LW2 型开关有定位、不定位、自复归三种类型，面板有方形（F 型）和圆形（O 型）两种，有多种手柄形式。型号中仅有 LW2 时表示定位，LW2-Z 表示定位带自复归。开关常用的是方形面板，在触点片型号的后面加字母 F 表示。操作把手的形状在面板符号后面用数字表示，如 8 表示长方形把手，4 表示长椭圆把手，见表 1-7。型号最后是限位、定位角度。如断路器操作开关常用的是 LW2-Z-1a、4、6a、40、20/F8 型，表示定位带自复归，有 5 层触点盒，从第 1 层到第 5 层触点片的形式分别是 1a、4、6a、40、20，方形（F）面板，长方形操作把手（8 型）。LW2-2、2、2、2/F4-8X 型，表示有定位、4 层触点盒、触点片为 2 型、方形面板、长椭圆形（4 型）操作把手，后面的数字“8”表示 45°定位，“X”表示有限位。此类开关常作为逻辑回路的切换开关和切换二次电压的开关。LW2 万能转换开关的触点片分断能力见表 1-8。

表 1-7 LW2 万能转换开关操作把手型式

手柄型式	面板外形	开关型式	正视及侧视图	手柄型式	面板外形	开关型式	正视及侧视图
2	0	LW ₂ -Y2		2	0	LW ₂ -Y	
2	F			4	F	LW ₂	
8	F			7	F	LW ₂ -H	
9	0	LW ₂ -Z		5	F	LW ₂ -W	
				6			

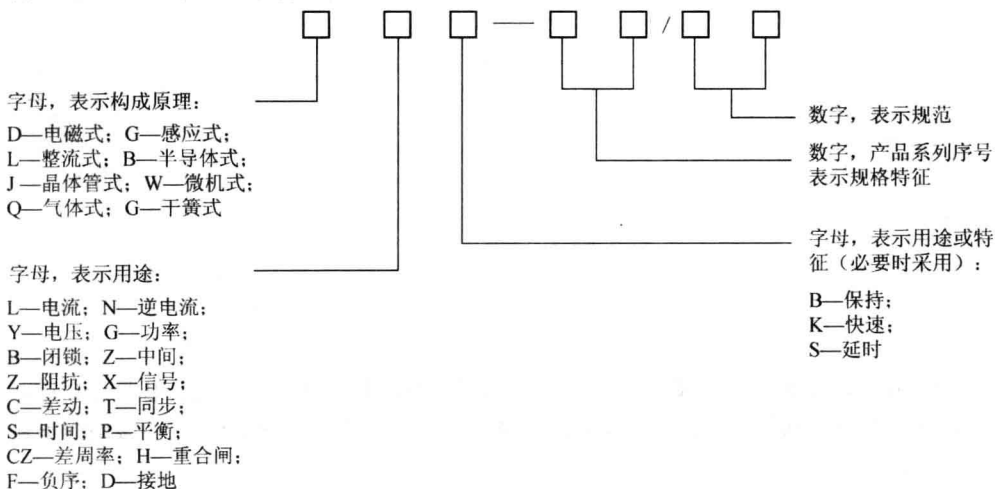
注 未列出 1 型和 3 型把手。

表 1-8 LW2 万能转换开关的触点片分断能力

电流电压类型		直流 (A)		交流 (A)	
		110V	220V	127V	220V
负载性质	纯电阻	10	4	45	40
	电感	7	2	23	15

1-25 保护用继电器的型号有哪些?

答: 保护用继电器主要是指用在电力工程继电保护和二次回路的测量继电器、逻辑继电器, 型号的表示含义如下:



举例: LL-11/20—整流型电流继电器, 最大可整定 20A, 有 1 对动合触点; DH-2A、DH-3、DH-I、DCH-1 分别表示性能有所区别的各种电磁型重合闸继电器; GG-11 和 LG-11 分别表示相间保护用感应型功率继电器和整流型功率继电器; GG-12 和 LG-12 分别表示接地保护用感应型功率继电器和整流型功率继电器。

LCD-4 表示差动继电器, DZ-17、DZ-51 表示普通中间继电器, DZS-145 表示带延时返回的中间继电器, DZB-138 表示带自保持线圈的中间继电器, DZK-200 表示快速动作的中间继电器, DS-30 表示电磁型时间继电器, DX-11 表示电磁型信号继电器等。

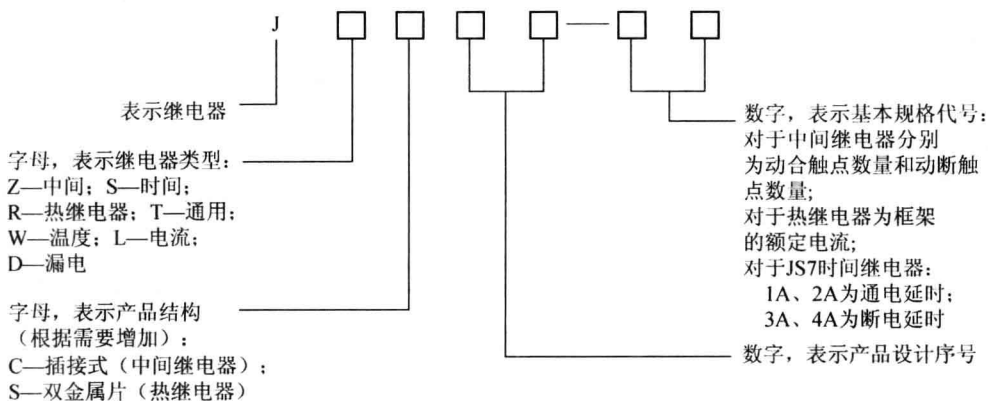
需要说明的是, 由于产品种类繁多, 所以上述表示方法并不能代表全部, 具体到各种产品还是有许多变化的。例如横线后的数字 (产品系列序号), 各种继电器表示的意义是不一样的: 对于部分电流电压继电器, 用于表示触点形式; 对于反时限电流继电器, 表示延时特性; 对于功率继电器、差动继电器, 表示用途; 对于重合闸继电器, 用于表示性能。再如字母 F 在第二字母位置表示负序, 如 LFL-5、LFL-40A 都是负序电流继电器, 但 DY-2、DY-4 也是负序电压继电器, 型号中就没有字母 F。还有部分专用继电器, 第一字母是表示用途的, 例如 BCH-1、BCH-4 为差动继电器, 其

第一字母 B 表示保护。BZ-21、22 为断相闭锁继电器，字母 B 表示闭锁。其他如 ZBZ-1 为发电机转子接地继电器，CJ-1、ZC-23 为冲击继电器，其构成也是有规律的，例如字母 Z 表示转子，字母 C 表示冲击等。

1-26 低压电器类二次元件的型号有哪些？

答：除保护专用的继电器外，电气二次回路中应用的其他继电器和主令电器等都属于低压电器产品，型号是按低压电器产品统一编制的。

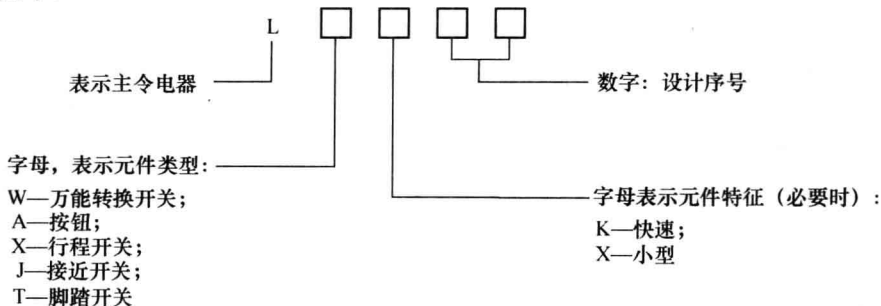
(1) 继电器型号含义如下：



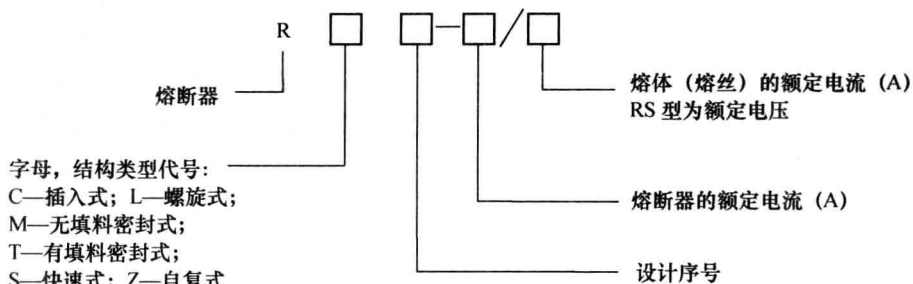
例如 JZC1、JZC2、JZC3、JZC4 为中间继电器，JZC1-62 表示该继电器有 6 对动合触点和 2 对动断触点，JZC1-44 表示有 4 对动合触点和 4 对动断触点（该型继电器共有 8 对触点）。

JS7、JS11 都是时间继电器，JT-1 是通用继电器（实际也是中间继电器）。JR16、JR36、JR20 都是热继电器。JRS2-25/F 表示热元件为双金属片结构，框架额定电流为 25A，F 表示分立式安装，如果此位置字母是 Z，则表示该继电器为组合式安装。此外还有许多小型的中间继电器、时间继电器没有按统一标准编制型号。

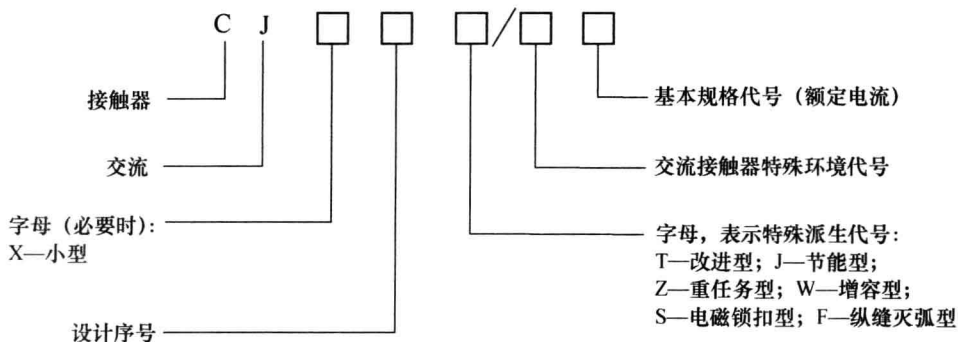
(2) 主令电器的型号。主令电器包括控制转换开关、按钮、行程开关等，其型号含义如下：



(3) 熔断器的型号含义如下:



(4) 交流接触器的型号含义如下:



例如 CJ20、CJX1、CJX2、CJX3、CJX8、CJT1、CJ19、CJ41、CJ12 等都是常用的交流接触器。交流接触器主触点用于控制交流负荷, 所以用于交流回路的真空接触器也是交流接触器, 但在真空接触器型号中, 第二字母 K 表示真空, 例如 CKJ15、CKJ8 都是真空接触器。

第三节 电气二次图

1-27 什么是相量? 怎样应用相量图?

答: 相量是既有大小又有方向的量。相量可以相加减。用相量表示正弦交流电的图称为相量图。相量图用于分析交流电路, 其可表示正弦交流电三相之间的大小和相位关系, 但要注意同一频率的正弦交流电才可在同一相量图上相加减。在相量图中以逆时针旋转为前进的方向。相量加减运算举例如下:

(1) 相量相加。当电流 i_1 与电流 i_2 在相量图上相加时, 在电流 i_1 线段的顶端 (箭头部位) 画与电流 i_2 同方向的平行线, 相量的 0 点与新画线段的顶端之间的线段就是电流 i_1 与电流 i_2 相加后的电流 i_1+i_2 。相量相加可以在两个相量中的任何一个相量的顶端 (箭头端) 画另一个相量的平行线, 结果相同, 如图 1-2 (a) 所示。

(2) 相量相减。2 个相量相减可认为是 1 个相量与另 1 个相量的反方向相加，但与相量相加不同。如电压 \dot{U}_1 减电压 \dot{U}_2 ，则如图 1-2 (b) 所示，在 \dot{U}_1 顶端（箭头端）作 \dot{U}_2 的反方向平行线，所得结果才是新的电压相量 $\dot{U}_1 - \dot{U}_2$ 。如果按图 1-2 (c) 所示的画法，从 \dot{U}_2 顶端（箭头端）作 \dot{U}_1 的反方向平行线，则表示 \dot{U}_2 减 \dot{U}_1 ，所得结果与电压 \dot{U}_1 减电压 \dot{U}_2 是不一样的。这和数学中的减法运算一样，被减数和减数在算式中的位置是不能更换的。

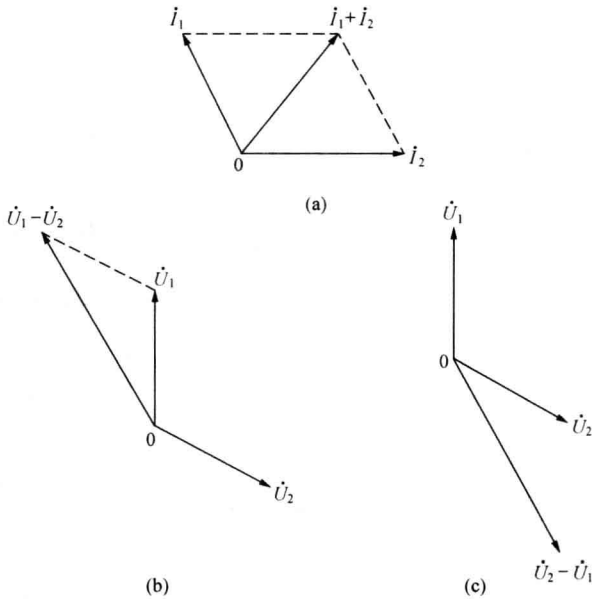


图 1-2 相量图

(a) 相量相加；(b) 相量 \dot{U}_1 减 \dot{U}_2 ；(c) 相量 \dot{U}_2 减 \dot{U}_1

1-28 怎样应用对称分量法分析电路？

答：对称分量法是把 1 个不对称的三相电压或三相电流看作由 3 组不同的对称三相电压或三相电流分量组成的。这 3 个对称的分量分别称为正序分量、负序分量、零序分量。

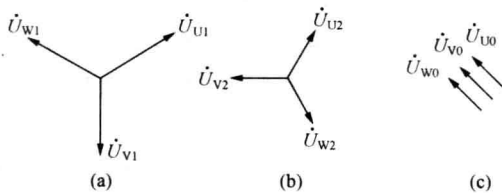


图 1-3 相量分解图

(a) 正序分量；(b) 负序分量；(c) 零序分量

(1) 正序分量。正序分量三相大小相等，相位关系和正常的三相交流电一样，即三相对称、角度相差 120° ，相序也与系统正常时相同，相量为逆时针旋转，如图 1-3 (a) 所示。

(2) 负序分量。负序分量三相的大小相等，三相之间对称、角度相差 120° ，与系统正常运行时的相序相反，相量为顺时针旋转，如图 1-3 (b) 所示。

(3) 零序分量。零序分量三相的大小和方向都相同，如图 1-3 (c) 所示。

(4) 合成相量。由正序分量、负序分量、零序分量 3 个对称量合成的量就是 1 个不对称三相电路的实际相量图。

1-29 电气图中触点的图形符号有什么特点？

答：电气图中触点的图形符号主要有以下特点：

(1) GB/T 4728 中的图形符号采用 IEC 60617 database 《电气简图用图形符号数据库标准》中的内容。

(2) 电气图的标准中，触点是按二次回路中的元件垂直排列绘制的。如果是水平方向排列的元件，则应将触点逆时针转动 90° ，如图 1-4 所示。

(3) 垂直排列触点的上方是闭合和断开点。水平排列触点的左方是闭合和断开点。

(4) 触点在图上的状态是按元件（继电器）不动作时的状态绘制的。对于动作为“有、无”的继电器就是线圈无电状态；对于断路器是表示断路器在断闸状态；对于行程开关的触点，是指开关在未碰触时的原始状态。

(5) 不动作状态时打开的触点（即动合触点）。垂直绘制时，其动触点片（图 1-4 中的斜线）应位于垂直线段的左侧；水平绘制时，其动触点片应位于水平线段的下方。不动作状态时闭合的触点（即动断触点），垂直绘制时，其动触点片应位于垂直线段的右侧；水平绘制时，其动触点片应位于水平线段的上方。

(6) 触点按上述规则绘制时，垂直绘制的触点在动作时（动合触点闭合或动断触点断开），触点片都是从左方向右方动作，返回时是从右方向左方动作。水平绘制的触点动作时，其触点片由下向上动作，返回时相反。

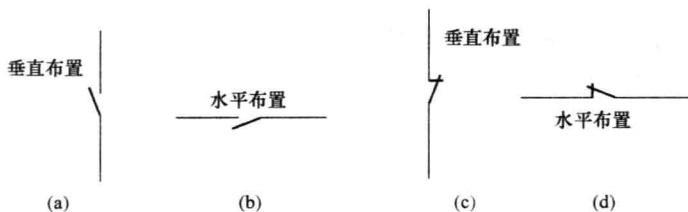


图 1-4 触点图形符号

(a) 动合触点（垂直绘制）；(b) 动合触点（水平绘制）；

(c) 动断触点（垂直绘制）；(d) 动断触点（水平绘制）

(7) 特殊触点如按钮、延时触点、热继电器触点、行程开关触点、非电量触点等，应加上表示元件特征的符号。在垂直绘制的图上，符号都在触点左侧，在水平绘制的图上，符号在触点的下方，如图 1-5 (a)。表示行程开关触点的小三角形也在触点的

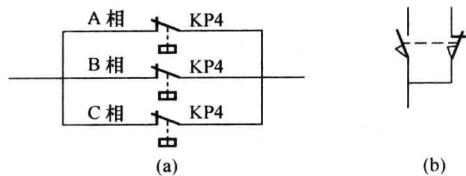


图 1-5 特殊触点图形符号

- (a) 非电量触点（水平绘制的图中，表示特殊触点的标记都位于触点的下方）；
 (b) 行程开关触点（垂直绘制的图中，行程开关触点的小三角形都在触点的左侧）

左侧或下方，如图 1-5 (b)。但应注意信号继电器的触点与上述不同。

(8) 接触器、断路器触点、隔离开关触点、负荷开关主触点都有专门的标记，标记符号位于静触点上，如图 1-6 所示。

(9) 触点与回路的正确连接。

以图 1-7 (a) 所示的水平绘制的普通动合触点为例，该图为正确的连接方式。触点的左端可看作是触点的固定部分即静触点，此端与电源连接，正常时带电；触

点的右端可看作是触点的可动部分即动触点，此端不动作时建议不要与电源连接，正常时可不带电，这样接线可符合安全要求。而图 1-7 (b) 所示的触点不符合要求。

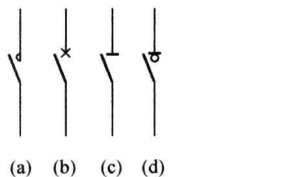


图 1-6 触点图形符号

- (a) 接触器主触点；(b) 断路器主触点；
 (c) 隔离开关主触点；(d) 负荷开关主触点

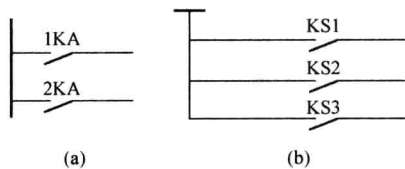


图 1-7 触点在回路的画法

- (a) 正确画法；(b) 不推荐采用的画法

(10) 正确的触点水平画法可以形象地表示触点只有受力向上才能动作，在不受力的自由原始状态，动合触点会落下而断开，动断触点会落下闭合。

1-30 怎样区分继电器的四种延时触点？

答：延时触点有延时动作的动合触点、延时动作的动断触点、延时返回的动合触点、延时返回的动断触点四种。四种触点的图形画法如图 1-8 所示。动合触点和动断触点都是指继电器线圈不被励磁（无电）的状态。

(1) 延时动作的触点包括延时动作的动合触点和延时动作的动断触点。这两种触点都是继电器线圈带电后经过一定的延时后才反转；继电器释放时（线圈断电）触点立即恢复到原始状态。具有这两种触点的时间继电器也称为延时动作的时间继电器，中间继电器称为延时动作的中间继电器。

1) 延时动作的动合触点全称为“当操作件被吸合时延时闭合的动合触点”，这是时间继电器使用最多的一种触点。

2) 延时动作的动断触点全称为“当操作件被吸合时延时断开的动断触点”。

(2) 延时返回的触点。包括延时返回的动合触点和延时返回的动断触点。

1) 延时返回的动合触点全称为“当操作件被释放时延时断开的动合触点”，就是说这种触点在继电器线圈不带电时是断开的。

2) 延时返回的动断触点全称为“当操作件被释放时延时闭合的动断触点”，就是说这种触点在继电器线圈不带电时是闭合的。



图 1-8 延时触点的表示方法

(a) 延时动作的动合触点；(b) 延时动作的动断触点；

(c) 延时返回的动合触点；(d) 延时返回的动断触点

1-31 如何掌握延时触点的图形符号？

答：初学者可熟记以下规律以便掌握延时触点的图形符号。

触点是延时动作还是延时返回的区别在于触点特征符号的弧线弯曲弧度方向。为了能熟记，可按以下方法理解：弧线相当于一个降落伞，降落伞的弧线弯向哪一方，表示向哪个方向降落时有阻力，所以需要一定时间才能完成降落。记住这一点，只要清楚触点动作时在图上移动的方向，就能判断出触点是动作延时还是返回延时。具体如下：

(1) 凡是线圈吸合时需要延时的触点，触点图形符号顶端的弧线都是向触点方向弯曲的，也就是向触点动作方向弯曲的，如图 1-8 (a)、(b) 所示。

(2) 线圈释放时需要延时的触点，其图形符号顶端的弧线是背离触点的动作方向弯曲的，如图 1-8 (c)、(d) 所示。可以理解为：线圈断电释放延时触点，不论动合触点还是动断触点，因为弧线向背离触点方向弯曲，所以继电器动作时没有“降落伞的阻力”，触点可以瞬时反转，而在线圈失电后触点要返回时会受到“降落伞的阻力”，所以返回时间被延长。

1-32 控制开关的触点图和触点表在电气图中如何表示？

答：电气二次回路中应用的控制开关、转换开关有多对触点，这些触点根据二次回路的逻辑执行闭合和断开命令。表述开关触点的状态有两种方法：一是图形直接表示；二是配合触点闭合表表示。

(1) 图形直接表示是指通过图上标注的符号直观看出触点状态及操作挡位数量，图 1-9 是 1 个有 2 路电源的变压器冷却器电源切换系统图，图中的 SAM1 是电源切换开关，纵线表示控制开关或操作开关的挡位，有几条纵线就表示该开关有几挡，此图中实际有 3 挡，中间 STP 表示零位挡（断开挡）；左边的纵线 I 表示 I 号电源工作、

II 电源备用挡；右边的纵线 II 表示 II 号电源工作、I 电源备用挡。横向的圆圈表示各对触点。黑点表示手柄位于此挡位时该触点接通，如图中触点 1、2 在 I 挡时接通，触点 3、4 在 II 挡时接通。控制开关的各个触点可以不画在一起。

(2) 触点闭合表。只在展开图中画出触点号，而未表示出如图 1-9 所示的挡位和触点动作情况时，需要用开关触点表配合电路图加以说明。图 1-10 是图 1-9 中 SAM1 转换开关的触点分合表。触点分合表应附在原理展开图中，与图配合说明回路的动作情况。控制开关的各个触点也可以不画在一起。

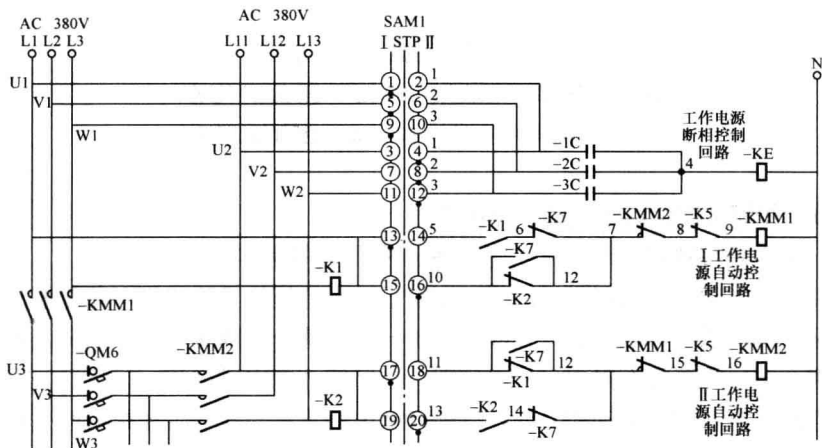


图 1-9 转换开关的图形法表示法

LWS-16 DI369/5	I 工作 II 备用	停止	II 工作 I 备用
定位特征 触点编号	45°	0°	45°
1-2	×		
3-4			×
5-6	×		
7-8			×
9-10	×		
11-12			×
13-14	×		
15-16			×
17-18	×		
19-20			×

图 1-10 对应于图 1-9 的转换开关的触点闭合表

1-33 集中式原理图分为几种？各有什么特点？

答：在电气二次回路图中，原理图包括归总式原理图（习惯称为原理图）和展开式原理图（习惯称为展开图），现把上述两类图统称为原理图，把归总式原理图（即将元件集中画在一起的电路图）称为集中式原理图。实际使用中，这种集中式原理图有以下三种不同的画法：

(1) 能详细表示回路连接的原理图。详细的总归式原理图与展开图一样有完整的回路，可直接看清楚回路的具体连接，如图 1-11 所示。虽然跳闸线圈 YR 的负电源没有与出口中间继电器 KM 的负电源画在一起，但从正电源的连接可以看出，逻辑回路采用一组熔断器，回路是完整的。采用此类原理图的二次回路一般都是不太复杂的电路。

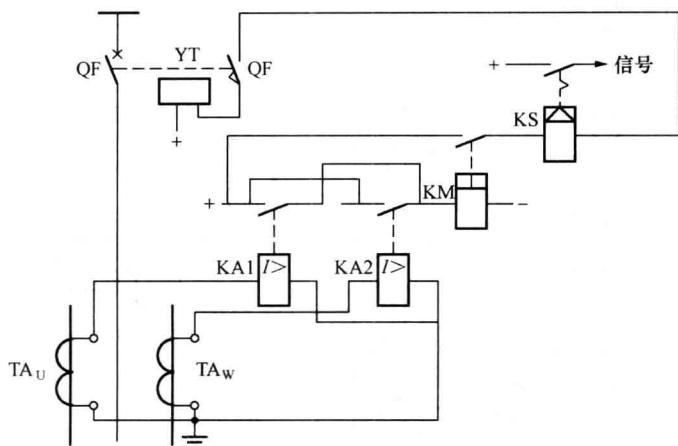


图 1-11 集中式原理图

(2) 半集中式原理图。图中只集中表示部分元件的称为半集中式原理图。如图 1-12 所示的多地正反转点动、启动、停止电动机控制回路图，其中，主要部分采用了展开式原理图，各个按钮的动合触点和动断触点用虚线连接表示属于一个元件则属于集中式画法，所以图 1-12 是半集中式原理图。

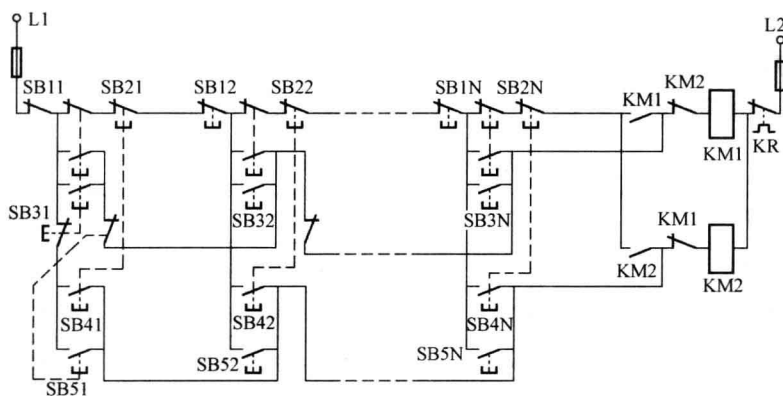


图 1-12 半集中式原理图（按钮采用集中式表示）

(3) 有的图只有部分电路是按实际接线画出的，另外一部分电路只是画出回路的基本走向，并没有画出完整的电路连接，属于原理图和示意图（也可以是逻辑图）的结合。例如图 1-13 中，该图左半部分既有一次系统的单线接线图，又有 TA 电流二次回路的具体接线图（画出了完整的电流回路），而电压互感器 TV 的一次、二次部分仅为示意。图的右半部分属于逻辑图。

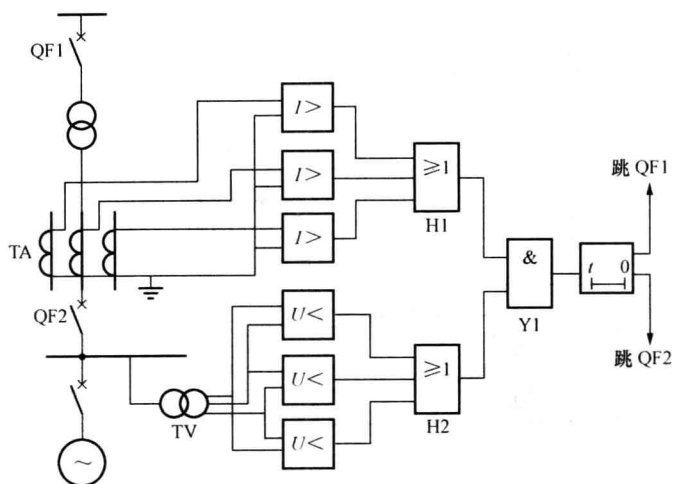


图 1-13 和逻辑图结合的示意式原理图

1-34 如何正确使用电气图的文字符号？

答：电气图的文字符号包括基本文字符号和辅助文字符号，基本文字符号包括单字母符号和双字母符号。各种电气二次回路在使用单字母文字符号时基本都是相同的；使用双字母文字符号时，第一字母相同，第二字母则视不同行业而不同，但有特别规定的（如温度、时间）文字符号应相同，有的文字符号还有第三字母或更多。表 1-9~表 1-14 是部分常用的基本文字符号（括号中为最新文字符号）。

表 1-9 常用继电器的文字符号

名称	文字符号	名称	文字符号
继电器	K (k)	跳闸继电器	KT
电流继电器	KA	合闸保持继电器	KLC
电压继电器	KV	跳闸保持继电器	KLT
差动继电器	KD	防跳继电器	KCF
时间继电器	KT	保护出口中间继电器	KOM
瞬动继电器	KA	双位置合后继电器	KKJ
中间继电器	KM	气体继电器	KG (BP)
手合继电器	KHC	频率继电器	KF
手跳继电器	KHT	温度继电器	KT (BT)
合闸继电器	KC	热继电器	KR (BB)

表 1-10 控制电路的开关元件的文字符号

名称	文字符号	名称	文字符号
控制开关	SA	停止按钮	SS
选择开关	SA	正转按钮	SF
按钮	SB	反转按钮	SR
紧停按钮	SE	旋转按钮	SR
启动按钮	SF	限位开关、行程开关、接近开关	SQ (BG)

表 1-11 信号元件的文字符号

名称	文字符号	名称	文字符号
指示灯	HL (PG)	红色指示灯	HR
蓝色指示灯	HB	白色指示灯	HW
绿色指示灯	HG	黄色指示灯	HY

表 1-12 测量元件的文字符号

名称	文字符号	名称	文字符号
电流表	PA	频率表	PF
电压表	PV	电能表 (有功电能表)	PJ
功率表	PW	无功电能表	PR
功率因数表	PH	测量表	PY (PG)

表 1-13 操作器件、接线元件、晶体管等的文字符号

元件名称	文字符号	元件名称	文字符号
电磁铁	YA (CB)	插座	XS
合闸线圈	YC (CB)	晶闸管	VR (QA)
跳闸线圈	YT (CB)	二极管	V (RA)
连接片	XB	三极管	VT (KF)
连接端子	XT	整流器、变换器	U (TB)
插头	XP		

表 1-14 其他元件的文字符号

名称	文字符号	名称	文字符号
发电机	G (GA)	真空断路器	QF (FL)
蓄电池	GB (GB)	旁路断路器	QF (QD)
电流互感器	TA (BE)	隔离开关	QS (QB)
电压互感器	TV (BE)	刀开关	QK (QB)
分流器	RS (BE)	熔断器	FU (FA)
电力变压器	TM (TA)	母线	W
断路器	QF (QA)	线缆、导体	W
接触器	KM (QA)		

辅助文字符号是用来表示元件的功能、状态和动态过程的文字符号，表 1-15 是部分常用的辅助文字符号。

表 1-15 部分常用的辅助文字符号

名称	文字符号	名称	文字符号
电流	A	高	H
交流	AC	增	INC
黑	BK	输入	IN
蓝	BL	左、低	L
向后	BW	闭锁	LA
棕	BN	主、中间	M
制动	BRK	手动	MAN
顺时针	CW	断开	OFF
逆时针	CCW	闭合	ON
降	D	输出	OUT
直流	DC	保护	P
减	DEC	保护接地	PE
接地	E	保护接地与中性线共用	PEN
紧急	EM	右、反	R
快速	F	红	RD
正、向前	FW	复位	RST
绿	GN	运转	RUN

续表

名称	文字符号	名称	文字符号
备用	RES	速度	V
启动	ST	电压	V
停止	STP	白	WH
温度、时间	T	黄	YE

1-35 电气二次回路标号时应注意哪些问题？

答：二次回路标号是指在电力工程电气二次回路的展开式原理图上用数字或字母加数字的形式标注回路作用。

(1) 直流逻辑回路的标号是用 1 位至 3 位数字表示的。例如 3 表示合闸回路，33 表示跳闸回路，都是指合闸回路和跳闸回路中的一个具体连接点。通常以一组熔断器下连接的元件作为一个回路进行标号，其中不能有重复。如果是一台设备（在文件中称为一个安装单位），例如一个三绕组变压器，应当由 3 组熔断器分别控制 3 个断路器，为了表示这一个安装单位中的不同的回路，可以将第一个断路器控制回路的正负电源标号为 101、102，第二个断路器控制回路的正负电源标号为 201、202，第三个断路器控制回路的正负电源标号为 301、302。相应的各个合闸回路的标号为 103、203、303，而各个跳闸回路标号为 133、233、333。交流逻辑回路也相应标号。

(2) 交流电流回路和电压回路的标号要在数字前面加用以表示相别的字母，三相分别用 U（或 A）、V（或 B）、W（或 C）表示，中性线用 N 表示。现使用的电流回路数字标号范围为 401~599，前面加上相别字母，即 U401~U599、V401~V599、W401~W599。现使用的电压回路数字标号范围为 601~799，前面加上相别字母，即 U601~U799、V601~V799、W601~W799。

(3) 其他回路的标号。保护逻辑回路的数字标号范围是 01~099。断路器合闸线圈或操动机构电动机回路的标号范围是 871~879。隔离开关操作闭锁回路的标号范围是 881~889。发电机励磁回路的标号范围是 601~699（与电压回路的区别在于没有表示相别的字母）。

(4) 不论逻辑回路还是电流电压回路，标号的原则都是：在一个回路中，在电气上属于同一个点的，标号必须相同。例如跳闸回路，具体接线可以是：在控制盘上的操作开关的跳闸触点是用导线连接到控制盘的接线端子上，再用控制电缆的一根芯线的一端连接控制盘上的接线端子，这根芯线的另一端连接到断路器机构箱内的接线端子，这个接线端子与断路器动合辅助触点再用导线连接在一起。进行回路标号时，上述各个接线点都只能标相同的回路标号（例如 33）。如果回路经过负荷元件或经过了触点，就被认为是回路中的另外一个“点”了，就要标不同的回路标号，例如上述回

路中断路器动合辅助触点的另一侧接线端就要另外标号。就是说，回路中所有线圈、触点的两端都不会是同一个回路标号。

(5) 对于回路中有插头和插座的，在展开图上要画出插座和插头，但在回路标号时插头和插座是不作为一个元件对待的，即插座插头两端采用同一回路标号。另外，与元件直接固定串联的附加电阻，例如指示灯的附加电阻、中间继电器线圈的串联电阻也不单独标号。

有回路标号的断路器控制回路如图 1-14 所示。图中+表示操作正电源小母线，-表示操作负电源小母线。M100(+)表示闪光小母线，100 是闪光信号的回路标号。在回路的电源熔断器 1FU、2FU 下面的数字 1 是正电源的回路标号，2 是负电源的回路标号

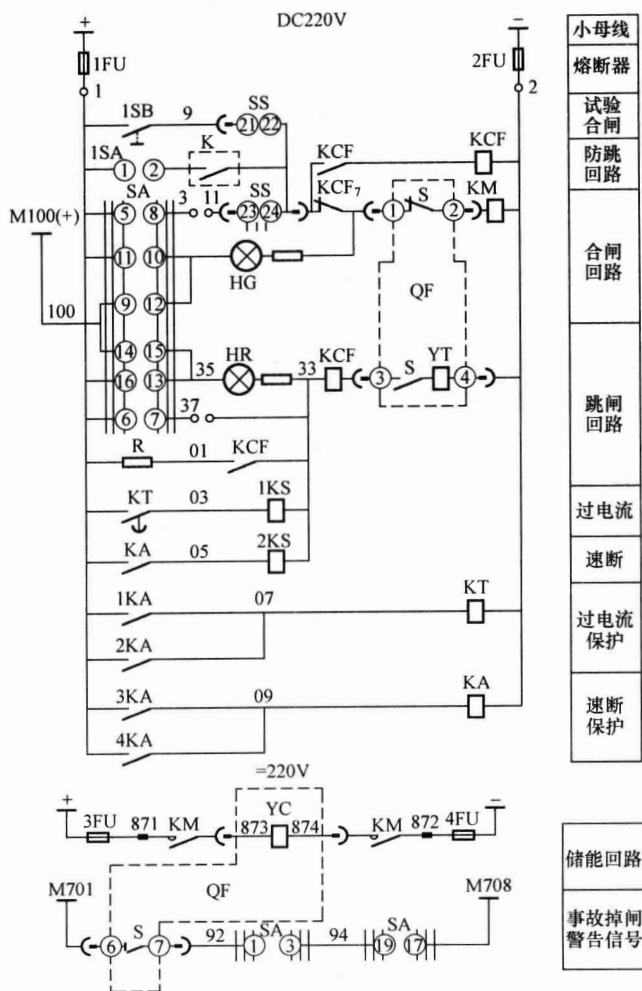


图 1-14 有回路标号的断路器控制回路

关注微信公众号，获取更多资料



扫码关注