

电力工业学校教材

电力系统自动装置

武汉电力学校 李斌 主编

China Electric Power Press

中国电力出版社

电力系统自动装置

武汉电力学校 李斌 主编

中国电力出版社

内 容 提 要

本书介绍了电力系统综合自动控制的有关内容,以及电力系统中常用的自动装置,包括备用电源自动投入装置、自动重合闸装置、自动按频率减负荷装置、自动并列装置、自动调节励磁装置、故障录波装置等。全书内容较新,各种装置都介绍了模拟型和数字式两种模式,还有配套的习题与解答——《电力系统自动装置习题与解答》(已出版)。

本书可作为电力工业学校三、四、五年制相关专业《电力系统自动装置》课程教材,也可供有关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电力系统自动装置/李斌主编.—北京:中国电力出版社,2000

电力工业学校教材

ISBN 7-5083-0471-3

I.电… II.李… III.电力系统-自动装置-专业学校-教材 IV.TM76

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第73472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>)

北京鑫正大印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2001年7月第一版 2001年7月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 9.75印张 217千字

印数0001—4000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)

序

近年来，电力职业技术教育在结构改革过程中，创建了将中专和技校融为一体的新型办学模式——电力工业学校。与此同时，进行了专业设置、教学计划、课程体系等一系列教学改革。教材作为教与学双边活动过程中不可缺的信息载体，其改革和建设必然是教学改革的重要部分。为了巩固教育、教学改革已经取得的成果，推动改革持续深入发展，满足电力工业学校教学工作的急需，并促进教学质量不断提高，从1996年底开始，便着手组织力量进行教材改革的研究、探索和教材建设的安排部署，先后成立了电力工业学校教材建设研究课题组，制订了《关于电力工业学校教材建设的若干意见》和《电力工业学校教材出版、推荐、评估暂行办法》，组建了电力工业学校教材编审委员会，并于1997年末在电力职业技术教育委员会各教学研究会和网、省电力公司教育部门推荐的基础上，经过审议、遴选确定了此批电力工业学校一般教材的出版计划。

这批教材以明确的岗位和职业需要为依据，以能力培养为主线，以综合开发学生能力为目标，不片面追求学科体系的完整性，而强调贴近生产实际和工作实际，使理论同实践紧密结合，传授知识同培训技能紧密结合；精选教材内容，删繁就简，返璞归真，充实技术性、工艺性、实用性的内容，而且体现先进性和科学性的原则；注重定性分析，阐明物理意义和应用方法，简化某些论证，减少不必要的数学推导；在内容的编排、组合上，一是最大限度地做到模块化，增强教材使用的灵活性，便于不同教学阶段，不同专业采用。二是使理论阐述同实践指导有机结合，便于在教学过程中贯穿能力培养这一主线，采用以实际训练为轴心，把讲授、实验、实习融为一体的教学方式；适应各校功能延伸的新要求，兼顾各种职业培训对教材的需要。

这批教材的出版只是整个教材改革和建设的阶段性成果，仍需再接再厉，继续深化教材改革，推进教材建设。预期经过几年的努力，会形成一套具有电力职业技术教育特色，以职业能力培养为主线，门类比较齐全，形式比较多样，并能与其他教育相衔接，兼顾职工培训需要的教材体系。

**中国电力企业联合会教育培训部
电力职业技术教育委员会电气类专业教学研究会**

2000年3月

前 言

本书是根据中国电力企业联合会教育培训部 1996 年 11 月颁发的教学计划和电气类专业教研会组织审定的教学大纲编写的,适用于电力工业学校发电厂及变电站电气运行与检修专业(3、4、5 年制)的《电力系统自动装置》课程教材。

本书的内容是以电力系统中常规自动装置为主,同时介绍了电力系统综合自动控制的有关内容,使读者对电力系统的特点及电力系统综合自动化的趋势有一定了解。鉴于电力系统自动装置不断更新,种类繁多,因此选取装置时着重考虑以下几个方面:第一,力求介绍先进的装置,大部分装置均介绍了模拟型和数字式两种;第二,介绍典型的有代表性的装置,着重从方框图和工作特性上加以分析讨论;第三,从中等专业学生的实际出发,介绍装置的使用。在教材的阐述方法上,考虑学生实际水平,力求循序渐进,通俗易懂。每章均有要点和复习思考题。全书图形、符号均采用新国标。

本书共分七章,其中第二、四、七章由武汉电力学校张家安老师编写,第三章由武汉电力学校张华老师编写,其余各章由武汉电力学校李斌老师编写。全书由李斌老师主编。

本书经保定电力工业学校杨利水老师主审,提出很多宝贵意见。在编写过程中,得到很多同志的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,加之编写经验不足,书中难免存在错误和不足,恳请广大读者批评指正。

编 者

2001.3

目 录

序	
前 言	
第一章 绪论	1
复习思考题	3
第二章 备用电源自动投入装置	4
第一节 备用电源自动投入装置的作用	4
第二节 对备用电源自动投入装置的基本要求	5
第三节 备用电源自动投入装置接线	6
复习思考题	11
第三章 输电线路的自动重合闸装置	12
第一节 输电线路自动重合闸装置的作用及分类	12
第二节 对输电线路自动重合闸装置的基本要求	13
第三节 单侧电源线路的三相自动重合闸	14
第四节 双侧电源线路三相自动重合闸	18
第五节 自动重合闸与继电保护的配合	26
第六节 综合重合闸简介	29
复习思考题	43
第四章 按频率自动减负荷装置	44
第一节 概述	44
第二节 按频率自动减负荷装置的工作原理	46
第三节 按频率自动减负荷装置接线	50
第四节 防止按频率自动减负荷装置误动作措施	53
复习思考题	55
第五章 同步发电机自动并列装置	56
第一节 概述	56
第二节 整步电压	60
第三节 ZZQ-5 型自动准同步装置	63
第四节 数字式并列装置	81
复习思考题	85
第六章 同步发电机自动调节励磁装置	87
第一节 概述	87
第二节 励磁系统的分类	90
第三节 励磁系统中的整流电路	95
第四节 半导体自动调节励磁装置原理	101

第五节	并联运行机组间无功功率分配	115
第六节	复式励磁和相位复式励磁	122
第七节	同步发电机的继电强行励磁和灭磁	126
第八节	大机组励磁系统实例	130
第九节	数字式自动调节励磁装置	134
复习思考题	137
第七章	故障录波装置	139
第一节	概述	139
第二节	故障录波装置的基本原理	140
第三节	故障录波装置的应用	144
复习思考题	148

第一章 绪 论

本 章 要 点

1. 现代电力系统的特点;
2. 现代电力系统综合自动控制的主要内容。

一、现代电力系统的特点

随着电力工业的发展,现代电力系统与传统的电力系统相比,发生了根本性的变化。无论是从电力系统的构成还是从运行上看,都呈现出一些新特点。

(一) 现代电力系统的构成特点

由于电力系统的规模越来越大,故使得电力系统的结构越来越复杂。

电力系统的规模大体现在两方面,一方面是单机容量越来越大,我国目前最大的火电机组单机容量为60万kW,世界上最大单机容量的火电机组是270万kW。另一方面是电网规模越来越大,为了合理利用能源,提高经济效益,一些孤立的、较小的电力系统也逐步联合起来形成联合电力系统,如我国目前的东北、华北、华东、华中、西北、西南和两广等七个跨省的大区联合电力系统,以后将逐步形成全国性的超级联合电力系统,国外甚至还有国际间跨国的大规模联合电力系统(如美国北部和加拿大联网)。可以看到,电力系统的规模在不断加大。

联合电力系统的建立,不只是规模巨大的问题,而且还导致电力系统的结构越来越复杂,电站类型增多,如火电厂、水电厂、核电厂、坑口电厂、潮汐发电、抽水蓄能电站等。由于经济原因,一些电站远离负荷中心,要采用超高压交流或直流的远程输电,形成超高压交、直流混合系统。同时电压等级层次增加,构成系统部件数量增多,环网重叠等,使电力系统结构更加复杂。由于电力系统规模大、电网结构复杂,因而对电力系统运行水平的要求愈来愈高。

(二) 现代电力系统的运行特点

电能生产、传输和分配过程中遵循着功率平衡的原则。所以发电厂、变电所、输配电线路和用户构成的电力系统是一个联系十分紧密的有机整体,任何一个环节发生故障都会影响到电力系统的稳定运行,严重时会造成恶性事故,导致系统崩溃。大规模电力系统结构的复杂性必然导致系统运行的复杂性和多变性。从经济运行角度说,电网愈大,经济运行问题愈复杂,不可能依赖调度人员的经验和直观判断来处理复杂多变的突发事件,必须借助计算机系统和相应理论及相关装置来实现。由于实现系统经济运行能带来巨大的经济效益,因此,电力系统利用计算机控制系统来实现全面的在线经济调度是人们所期望的目标。从安全方面来说,大规模电力系统由于结构复杂,出故障率增加,故障影响面广,要求利用计算机进行实时事故处理。

随着计算机技术和其他新技术在电力系统中的应用，赋予电力系统自动化新的概念和内容，使电力系统综合自动控制的水平更高。大规模电力系统和基于计算机的自动控制技术相结合，构成现代电力系统的全部含义。

二、现代电力系统综合自动控制的总目标和主要内容

现代电力系统综合自动控制的总目标是：保证供电质量，提高供电可靠性，保证电力系统安全运行和经济运行。为了实现这一总目标，电力系统综合自动控制的主要内容包括三个方面。

(1) 频率和有功功率综合自动控制。通过电厂的基本调频（调速）装置（发电机转速自动控制系统），维持系统频率在额定值运行，控制地区系统间联络线上的交换功率为协议限定的数值，同时在满足系统安全运行的前提下，控制参与经济运行的电厂或机组出力为最经济状态。

(2) 电压和无功功率综合自动控制。通过电厂或变电所的基本调节装置（同步发电机的自动调节励磁系统）或无功补偿装置等，维持监视点电压为给定值，尽量使无功功率就地平衡，避免长距离输送较大的无功功率引起过多的电压损耗和线损，使无功旋转备用在系统各地区均匀分布，防止因局部故障造成电压崩溃。

(3) 开关操作综合自动控制。为确保电力系统安全运行，避免误操作引起事故而造成重大经济损失，减轻运行人员劳动强度等。根据电力系统不同运行状态，开关操作综合自动控制可分为两类。

1) 正常和恢复状态开关操作自动控制，是指电力系统自动并列操作（发电机与系统并列、系统两部分之间的并列），备用电源自动投入，自动重合闸操作等。

2) 事故紧急状态开关操作自动控制（又称安全自动控制），是指自动按频率减负荷操作，低频自启动发电机操作、自动切机、自动解列及电气制动投切操作等。

三、本课程的主要内容

根据教学大纲要求，结合电力系统的实际运行水平，本教材主要讲述电力系统中已广泛使用的常规自动装置，这些装置对保证电能质量、提高供电可靠性和系统经济运行水平起着至关重要的作用。本书各章内容如下。

第二章备用电源自动投入装置。通过典型接线讲述备用电源自动投入装置的作用、对其的基本要求、工作原理及动作行为分析。

第三章输电线路的自动重合闸装置。讲述了自动重合闸的作用、对其的基本要求、电气式三相一次重合闸的原理、双侧电源线路的自动重合闸、重合闸与继电保护的配合及综合重合闸的基本概念等。

第四章按频率自动减负荷装置。讲述按频率自动减负荷装置的作用、减负荷的原理、装置接线及防误动措施等。

第五章同步发电机的自动并列装置。讲述并列的方法、条件、要求，整步电压的特点及ZZQ—5型自动准同步并列装置的工作原理。

第六章同步发电机的自动调节励磁装置。以大机组励磁系统为例，讲述同步发电机自动调节励磁系统的构成，自动调节励磁装置的作用及工作原理。

第七章故障录波装置。以微机型故障录波装置为例，讲授故障录波装置的作用、工作原理、使用方法及波形分析。

复 习 思 考 题

1. 现代电力系统的内涵是什么？
2. 现代电力系统综合控制的总目标是什么？包含哪几个方面的内容？

第二章 备用电源自动投入装置

本章要点

1. 备用电源自动投入装置的作用。
2. 对备用电源自动投入装置的要求。
3. 备用电源自动投入装置的原理接线图及动作行为分析。

第一节 备用电源自动投入装置的作用

电力系统许多重要场合对供电可靠性要求很高，采用备用电源自动投入装置是提高供电可靠性的重要方法。所谓备用电源自动投入装置，就是当工作电源因故障被断开后，能自动将备用电源迅速投入工作的装置，简称 AAT 装置。

图 2-1 所示为电力系统使用 AAT 装置的几种典型一次接线图。

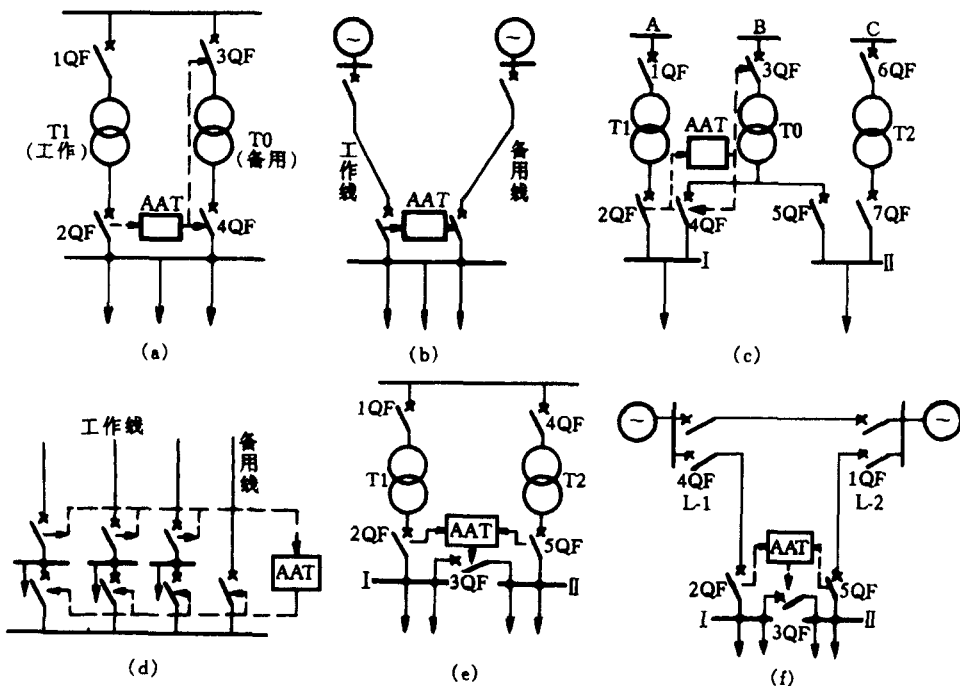


图 2-1 使用 AAT 装置典型一次接线图

(a)、(b)、(c)、(d) 明备用；(e)、(f) 暗备用

注：输入 AAT 装置箭头示意 QF 跳闸信号，输出 AAT 装置箭头示意发给 QF 合闸信号。

图 2-1 (a) 所示为备用变压器自动投入的典型一次接线图。图中 T1 为工作变压器，

T0 为备用变压器。正常情况下 1QF、2QF 闭合，T1 投入运行，3QF、4QF 断开，T0 不投入运行，工作母线由 T1 供电；当工作变压器 T1 发生故障时，T1 的继电保护动作，使 1QF、2QF 断开，然后 AAT 装置动作将 3QF、4QF 迅速闭合，使工作母线上的用户由备用变压器 T0 重新恢复供电。

又如图 2-1 (f) 所示的接线，正常情况下变电所的 I 段和 II 段母线分别由线路 L-1 和 L-2 供电，分段断路器 3QF 断开。当线路 L-1 发生故障时，线路 L-1 的继电保护动作将断路器 1QF、2QF 断开，然后 AAT 装置动作将分段断路器 3QF 迅速闭合，使接在 I 段母线上的用户由线路 L-2 重新恢复供电。

比较图 2-1 中各种使用 AAT 装置的典型一次接线图可知，其备用电源的备用方式有所不同，其中第一种备用方式是装设正常情况下断开着的备用电源（用备用变压器或备用线），如图 2-1 (a)、(b)、(c)、(d) 所示，称明备用方式。其特点是备用可靠性高，广泛用于发电厂厂用电和变电所所用电。为提高备用电源的利用率，一个备用电源可同时作为两段或几段工作电源的备用。另外一种备用方式是不装设正常情况下断开着的备用电源，而是在正常情况下工作的分段母线间，靠分段断路器取得相互备用，如图 2-1 (e)、(f) 所示，称暗备用方式。在暗备用方式中，每个工作电源的容量应根据两个分段母线的总负荷来考虑，否则在 AAT 动作后，要减去相应负荷。

从图 2-1 所示接线的工作情况可以看出，采用 AAT 装置后有以下优点：

(1) 提高用户供电可靠性。

(2) 简化继电保护。采用 AAT 装置后，环形供电网可以开环运行，见图 2-1 (f)，变压器可以解列运行，见图 2-1 (e)，继电保护的方向性问题可不考虑。

(3) 限制短路电流，提高母线残余电压。在受端变电所，如果采用变压器解列运行或环网开环运行，显然出线故障时短路电流要减小，供电母线残余电压相应提高一些。这对保护电气设备、提高系统稳定性有很大意义。

由于 AAT 装置在提高供电可靠性方面作用显著，装置本身接线简单、可靠性高、造价低，所以在发电厂、变电所及工矿企业中得到了广泛的应用。

第二节 对备用电源自动投入装置的基本要求

在发电厂和变电所，装设在不同场合下 AAT 装置的接线可以有各种不同的接线方案，但对其接线的基本要求却相同，分述如下：

1. 起动条件

工作母线或设备上电压不论因任何原因消失，AAT 装置均应起动。以图 2-1 (c) 为例，工作母线 I 段或 II 段失去电压的原因如下：工作变压器 T1 或 T2 发生故障；I 段或 II 段母线发生短路故障；I 段或 II 段母线上的出线发生短路故障而出线断路器没有断开；因操作机构、控制回路或者保护回路等原因，使断路器 1QF、2QF 或 6QF、7QF 误跳闸；系统侧故障使工作母线 A 或 C 失去电压等。所有这些情况 AAT 装置都应动作，使备用变压器 T0 投入工作，以提高用户供电可靠性。

为实现这一要求，AAT 装置应设有独立的低电压起动部分。

2. 动作前提

检查工作电源确已断开后，AAT 装置才动作，以保证 AAT 装置动作的成功率。当供电元件发生故障、工作母线失去电压，工作母线受电侧的断路器未断开就投入备用电源时，可能会扩大事故范围，加重设备的损害程度，起不到 AAT 装置的作用。在设计 AAT 装置时要考虑此因素。如在图 2-1 (c) 中，当 T1 发生短路故障，I 段母线失去电压时，一定要在 2QF 断开后，3QF、4QF 才能合闸。

实现这一要求的措施是：AAT 装置起动回路可由供电元件受电侧断路器辅助动断触点起动。当供电元件受电侧断路器断开后，起动回路通电，AAT 装置才动作。在图 2-1 (c) 中，就是 2QF 断开后，AAT 装置才可动作合上 3QF、4QF。

3. 动作次数

AAT 装置应保证只动作一次。当工作母线发生永久性短路故障或引出线上发生未被其断路器断开的永久性短路故障，备用电源第一次投入后，由于故障仍然存在，继电保护装置动作将备用电源断开。以后，不允许再次投入备用电源，以免对系统造成不必要的再次冲击。

为实现这一要求，必须控制 AAT 装置的合闸脉冲，使之只能让断路器合闸一次而不能是两次。

4. 动作时间

AAT 装置动作时间应使用户的停电时间尽可能短为原则。所谓 AAT 装置动作时间，即指工作母线受电侧断路器断开到备用电源投入之间的时间，也就是用户供电中断的时间。从满足用户供电可靠性方面考虑，希望动作时间越短越好。另一方面，当工作母线上装有高压大容量电动机，工作母线停电后，电动机反送电，使工作母线残压较高，若 AAT 装置动作时间太短，会产生较大的冲击电流和冲击力矩，损坏电气设备。此外，若动作时间太短，故障点电弧来不及熄灭，影响了 AAT 装置动作的成功率。所以，考虑这些情况，动作时间不能太短。运行实践证明，AAT 装置的动作时间以 1~1.5s 为宜，某些特殊情况下可稍短或较长。

5. 自动闭锁

当系统侧故障时，工作电源和备用电源可能同时失去电压，此时 AAT 装置应自动闭锁。若此情况下 AAT 装置动作投入备用电源，工作母线也不可能有电。但当电力系统恢复正常时，却要进行复杂的倒闸操作，才能将工作母线由备用电源供电改为由工作电源供电，同时也可能使备用电源过负荷。

对 AAT 装置除上述基本要求以外，还要考虑 AAT 装置备用容量、备用电源过负荷、多级 AAT 的配合、电压互感器二次侧断线 AAT 的误动作等问题。

第三节 备用电源自动投入装置接线

为了满足对 AAT 装置的基本要求，AAT 装置的接线可分为起动和自动合闸两部分。

本节主要讨论 AAT 装置的起动方式和装置接线。

一、AAT 装置的起动方式

从对 AAT 装置起动条件的基本要求出发,采用不对应起动方式,AAT 装置的切换开关处于投入位置而供电元件受电侧断路器处于跳闸位置,即两者位置不对应时,起动 AAT 装置是最合理的。

然而,当系统侧故障使工作电源失去电压,不对应起动方式不能使 AAT 装置起动时,应考虑其他起动方式辅助不对应起动方式。在实际应用中,使用最多的辅助起动方式是采用低电压继电器来检测工作母线是否失去电压。显然,这种辅助起动方式能反映工作母线失去电压的所有情况,但这种辅助起动方式的主要问题是克服电压互感器二次回路断线的影响;另外,电动机的残压对此辅助起动方式也有一定的影响。

二、备用变压器自动投入接线

(一) 接线

图 2-2 示出发电厂厂用备用变压器自动投入装置的原理接线图,它也适用于变电所备用变压器上。其他场合备用电源自动投入装置的接线与之相似。

图 2-2 中, T1 为工作变压器, T0 为备用变压器, T0 对工作段母线起备用作用。

1KV、2KV、1KT、KV 及 3KM 组成 AAT 装置的辅助低电压起动部分; 1KM、2KM 组成 AAT 装置的自动合闸部分。

根据图 2-2 中 AAT 装置归总式原理接线图,可画出对应的 AAT 装置展开图,如图 2-3 所示。本书主要分析归总式原理接线图,展开图请读者自行分析。

表 2-1 1SA 切换开关触点通断情况

1SA 触点	①-③	⑤-⑦	⑨-⑪
AAT 投入 (1SA 接通)	闭合	闭合	闭合
AAT 退出 (1SA 断开)	断开	断开	断开

(二) 工作原理

(1) 在正常情况下,工作母线 I 段和备用电源母线均有电压,1KV、2KV 动断触点断开,KV 动合触头闭合,3KM 处于励磁动作状态;操作 1SA 将 I 母线的 AAT 装置投入运行,其相应奇数对触点接通(见图 2-1)。同时 2QF 处于合闸状态,2QF 辅助触点 2-2 闭合,1KM 励磁,为 AAT 装置动作出口作好准备。

(2) 当变压器 T1 的继电保护装置(主保护或后备保护)动作时,KOM 动作使跳闸线圈 1LT、2LT 通电,令断路器 1QF、2QF 跳闸。2QF 跳闸后,2QF 辅助触点 2-2 使 1KM 立即失磁,因 1KM 动合触点延时打开,2QF 辅助触点 3-3 闭合,2KM 立即得电动作(+→1KM 延时打开的动合触点→2KM→-)。2KM 动作后,通过闭合 2KM 动合触点使 3QF、4QF 的合闸接触器 3KMC、4KMC 通电,3QF 和 4QF 合闸。合闸后,由于 1KM 延时断开的动合触点已打开,于是 2KM 失磁,3QF、4QF 的合闸接触器 3KMC、4KMC 断电,从而保证了 AAT 装置只动作一次。

(3) 当 1QF 误断开时,通过其辅助触点 2-2 使 2QF 联动跳闸,2QF 跳闸后,AAT 装

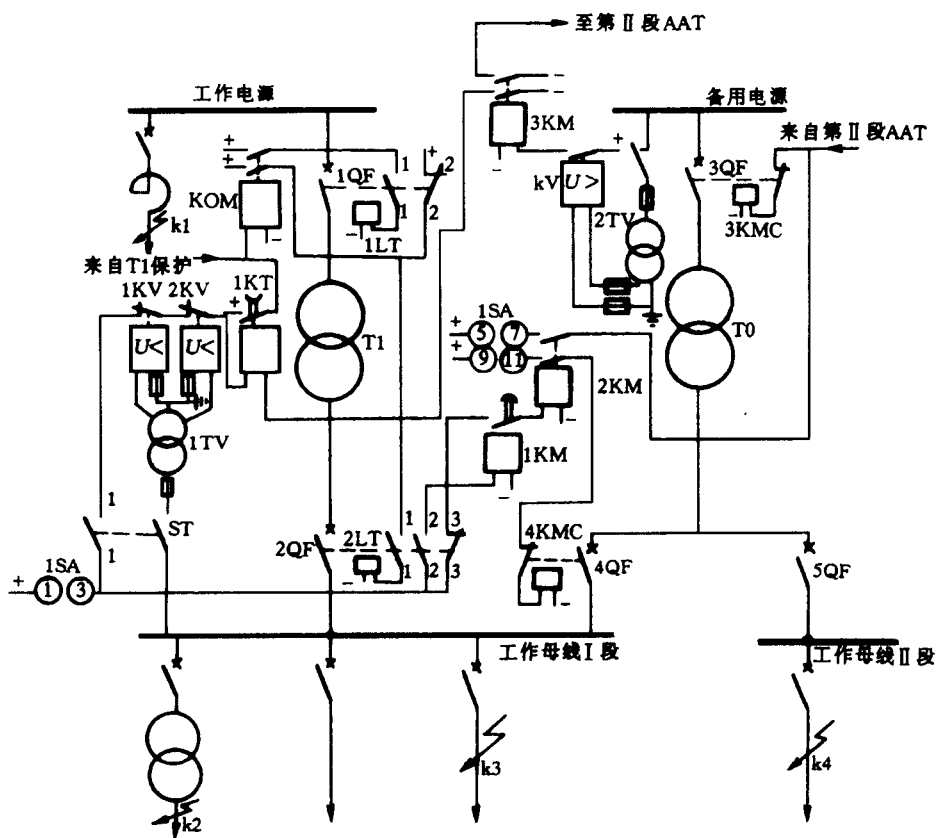


图 2-2 厂备用变压器 AAT 装置总归式原理接线图

1KV, 2KV—反应 I 母线电压降低的低电压继电器; 1KT—辅助低电压起动 AAT 装置的时间继电器; 1KM—控制 AAT 装置是发出合闸脉冲时间的闭锁继电器; 2KM—AAT 装置动作的出口中间继电器; KV—反应备用电源母线有无电压的过电压继电器; 3KM—备用电源电压监视中间继电器; 1SA—AAT 装置切换开关, 其触点通断情况如表 2-1 所示, 用于投入或退出 AAT 装置; KOM—1QF、2QF 出口跳闸中间继电器

置动作情况如上所述。显然 2QF 误断开时也有类似的动作过程, 这就说明 AAT 装置能弥补断路器误动作时的供电可靠性。

(4) 当系统侧故障使 I 母线失去电压时, 显然 T1 的继电保护不动作。而在此情况下, I 母线失去电压, 1KV、2KV 动断触点闭合; 若备用电源母线有电压, 3KM 处于动作状态, 起动时间继电器 1KT。经 1KT 预定延时时间后, KOM 通电使 1QF 和 2QF 跳闸, 然后将备用电源投入。若备用电源母线无电压, 3KM 处于失磁状态, 1KT 不动作, 1QF、2QF 不跳闸, 备用电源不能投入。

如果备用电源自动投入到永久性故障上时, 则由设置在备用变压器 T0 的继电保护加速切除 (图 2-2 中 T0 继电保护未示出)。

由上述分析可看出, 图 2-2 所示的 AAT 装置接线是满足基本要求的。工作母线 II 段

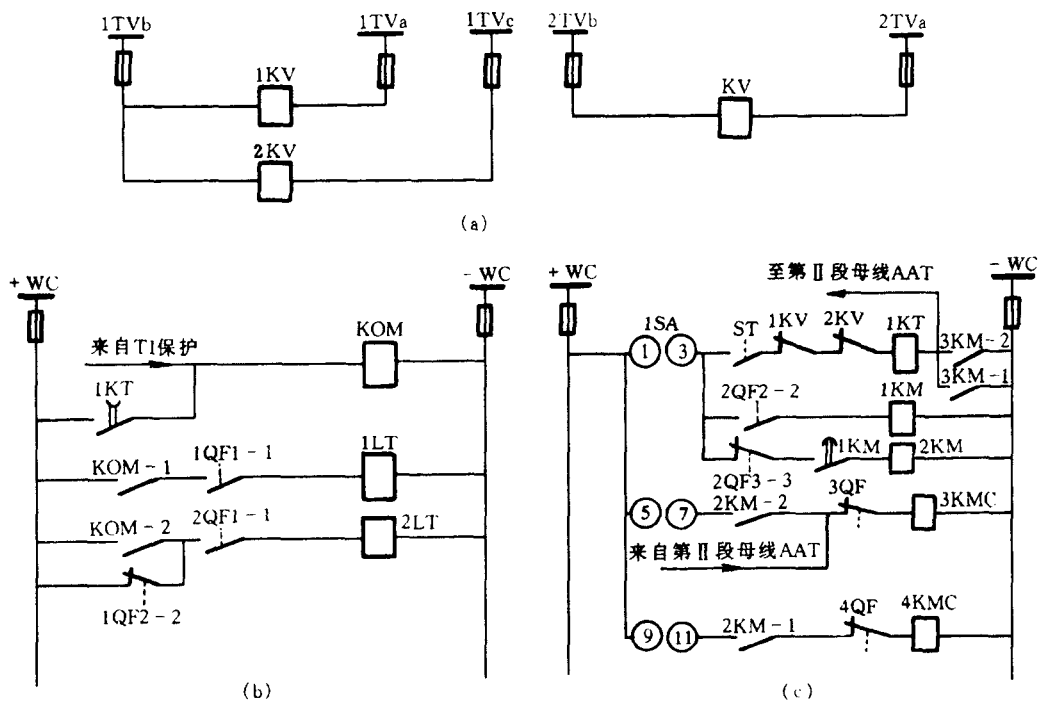


图 2-3 厂用备用变压器 AAT 装置展开图

(a) 交流电压回路；(b) 1QF、2QF 跳闸控制回路；(c) 3QF、4QF 合闸控制回路

的 AAT 装置接线（图 2-2 中未画出）与上类似。

(三) 接线特点

(1) 不对应起动。AAT 装置起动方式，采用了供电元件受电侧断路器与 AAT 装置切换开关位置不对应方式起动（在图 2-2 中，1SA 处于投入 AAT 位置而 2QF 处于跳闸后位置）。此起动方式简单明了、动作可靠，并且可弥补断路器误动作时的供电可靠性。

(2) 辅助低电压起动。反应系统侧故障时的起动方式，弥补不对应起动方式的不足。采用两个低压继电器 1KV、2KV 接在不同的相别上，其触点串联，可防止电压互感器二次侧断线时 AAT 装置的误动作，所以，辅助低电压起动部分动作是可靠的。

(3) 一次合闸脉冲。采用 1KM 继电器的延时打开动合触点控制一次合闸脉冲，电路简单、控制可靠。

(四) 参数整定

1. 低电压继电器 1KV、2KV 的动作电压值

整定原则如下：

(1) 接在工作母线上的电抗器或变压器后发生短路故障（如图 2-2 中，k1、k2 点）时，低电压继电器不应动作。

(2) 在工作母线的引出线上发生短路故障（如图 2-2 中 k3 点）时，故障由引出线继电保护切除后，低电压继电器的动作电压应躲过电动机自起动时的最低母线电压。

考虑上述两点，一般选择 1KV、2KV 的动作电压值等于母线额定电压的 25% 即可。

2. 时间继电器 1KT 的动作时限值

当系统发生使低电压继电器 1KV、2KV 动作的短路故障时，应由系统的继电保护切除故障而不应使 AAT 装置起动，所以 1KT 的动作时限值是保证 AAT 装置选择性动作的重要措施，为此 1KT 的动作时间应满足下式

$$t_{1KT} = t_{op.max} + \Delta t$$

式中 $t_{op.max}$ ——当网络内发生使低电压继电器动作的短路故障时，切除该短路故障的系统继电保护最大动作时间；

Δt ——继电保护时间裕度，一般取 0.5s。

3. 闭锁继电器 1KM 延时返回时间值

1KM 延时返回时间值决定 AAT 装置动作次数。要保证 AAT 装置只动作一次，1KM 延时返回时间值 t_{1KM} 既应大于 3QF 或 4QF 的合闸时间 t_{on} （包括传动装置的动作时间），又要小于 3QF 或 4QF 两倍合闸时间，即

$$t_{on} < t_{1KM} < 2t_{on}$$

或

$$t_{1KM} = t_{on} + \Delta t$$

式中 Δt ——时间裕度，取 0.2~0.3s。

4. 过电压继电器 KV 的动作电压值

KV 的动作电压值整定应考虑如下情况：备用电源母线带第 II 段工作母线运行时，线路上的故障被该出线断路器切除后（如图 2-2 中 k4 点故障），由于电动机的自起动影响，备用电源母线出现最低运行电压 U_{min} 时，继电器 KV 仍应保持动作状态，以使 I 段工作母线的 AAT 装置辅助低电压起动部分仍能起动，故继电器 KV 的动作电压 U_{op} 为

$$U_{op} = U_{min} / K_{rel} K_{re}$$

式中 K_{rel} ——可靠系数，取 1.1~1.2；

K_{re} ——返回系数，一般取 0.85~0.9。

一般， U_{op} 取值不应低于备用母线额定电压的 70%。

(五) 接线的简化

通过对图 2-2AAT 装置原理接线图的分析可知，除系统侧故障使工作母线失去电压，AAT 装置辅助低电压起动部分动作外，其他情况下都不经辅助低电压起动部分而动作。由此考虑到，AAT 装置接线中辅助低电压起动部分能否取消的问题，如果可行，这对简化 AAT 装置接线，提高 AAT 装置动作的可靠性是有好处的。为此我们再回顾一下辅助低电压起动部分的作用。

低电压继电器 1KV、2KV 的主要作用是当系统侧的故障使工作母线失去电压时，跳开供电元件受电侧断路器而起动 AAT 装置，同时可作 I 母线及所有出线保护的后备，当然前者是主要的。

过电压继电器 KV 的作用是防止系统侧的故障使工作母线、备用母线同时失压而造成 AAT 装置不必要的动作。若取消过电压继电器，势必造成此情况下，各段工作母线的