



高等教育学习辅导丛书

电力系统自动装置同步训练

黄梅 张海红 编著

GAODENGJIAOYU XUEXI FUDAO CONGSHU

中国电力出版社

高等教育学习辅导丛书

电力系统自动装置同步训练

黄梅 张海红 编著

中国电力出版社

内 容 提 要

本书是为了满足电力系统及相关专业的师生对《电力系统自动装置》课程的学习要求而编写的辅助用书,目的在于帮助学生理解掌握电力系统自动装置这一课程的主要内容,掌握本课程的学习方法和分析问题的思路,解答疑难问题。本书共分七章,内容包括备用电源和备用设备自动投入、输电线路自动重合闸、同步发电机准同步并列、同步发电机励磁自动调节、自动低频减负荷、电力系统频率和有功功率自动调节等。

本书可作为电力系统及相关专业各层次《电力系统自动装置》课程的教学辅助用书,也可作为自学考试及其他相关考试的复习参考书,同时可供电力系统技术人员学习使用。

图书在版编目(CIP)数据

电力系统自动装置同步训练/黄梅编. —北京:中国电力出版社, 2003

(高等教育学习辅导丛书)

ISBN 7-5083-1641-X

I. 电... II. 黄... III. 电力系统-自动装置-高等教育-习题 IV. TM76-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 053003 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>)

航远印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2003 年 8 月第一版 2003 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 12.5 印张 279 千字

印数 0001—3000 册 定价 20.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,请与当地教材供应部门联系)

前 言

本书是为了满足电力系统及相关专业广大师生对《电力系统自动装置》课程的学习要求而编写的辅助用书，目的在于帮助学生理解掌握电力系统自动装置这一课程的主要内容，掌握本课程的学习方法和分析问题的思路，解答疑难问题。内容包括备用电源和备用设备自动投入、输电线路自动重合闸、同步发电机准同步并列、同步发电机励磁自动调节、自动低频减负荷、电力系统频率和有功功率自动调节等。

本书采用一般教材的结构，以章为单位，每章设有“内容提示”、“同步练习”、“参考答案”三部分。“内容提示”以节为单位，对该章的重点、要点内容总结归纳，并对重点、难点进行提示，提供分析思路、学习方法；“同步练习”针对本课程各知识点编写了各种类型的练习题；“参考答案”给出“同步练习”中所有练习题的参考答案。最后给出5套模拟试卷，可用于学生检查学习效果。

本书由北方交通大学电气工程学院黄梅研究员主编，张海红副教授参编，其中模拟试卷由两人合编，第四章由张海红编写，其余部分由黄梅编写。由于作者水平有限，书中不妥和错漏之处，恳请广大师生和读者给予批评指正。

编 者

2003年3月于北京

目 录

前言

第一章 备用电源和备用设备自动投入	1
第一节 AAT 的意义及对 AAT 的基本要求	1
第二节 AAT 装置的典型接线	3
同步练习	4
参考答案	8
第二章 输电线路自动重合闸	13
第一节 自动重合闸的意义及其基本要求	13
第二节 单侧电源线路三相一次自动重合闸	13
第三节 双侧电源线路三相自动重合闸	16
第四节 自动重合闸与继电保护的配合	17
第五节 综合自动重合闸的意义	18
第六节 综合自动重合闸的特殊问题	18
第七节 选相元件	19
第八节 综合重合闸装置构成的有关说明	20
同步练习	20
参考答案	29
第三章 同步发电机准同步自动并列	41
第一节 同步发电机自动并列的意义和方法	41
第二节 准同步	41
第三节 自动准同步装置的构成	42
第四节 同步条件检查	43
第五节 频差方向鉴别	47
第六节 压差方向鉴别	48
第七节 自动准同步装置举例	49
同步练习	56
参考答案	66
第四章 同步发电机励磁自动调节	84
第一节 同步发电机励磁自动调节的作用和基本要求	84
第二节 同步发电机的励磁方式和励磁调节方式	86
第三节 同步发电机励磁系统中的可控整流电路	89

第四节	半导体励磁调节器工作原理	94
第五节	励磁调节器的静特性调整及并联运行发电机间无功功率的分配	99
第六节	同步发电机继电强行励磁	100
第七节	同步发电机的灭磁	101
第八节	同步发电机励磁系统举例	103
第九节	微机型励磁调节器	105
同步练习	.....	106
参考答案	.....	117
第五章	自动低频减负荷	132
第一节	电力系统低频运行的危害和自动低频减负荷装置的作用	132
第二节	电力系统频率特性	132
第三节	AFL 的工作原理	132
第四节	AFL 的整定原则及其相关问题	133
第五节	AFL 配置及其防止误动作措施	134
同步练习	.....	134
参考答案	.....	138
第六章	电力系统频率和有功功率自动调节	146
第一节	电力系统频率和有功功率自动调节的必要性和基本概念	146
第二节	电力系统频率调整的基本方法与准则	147
同步练习	.....	147
参考答案	.....	149
第七章	其他自动装置	155
同步练习	.....	155
参考答案	.....	156
模拟试卷 (一)	.....	160
模拟试卷 (二)	.....	163
模拟试卷 (三)	.....	166
模拟试卷 (四)	.....	169
模拟试卷 (五)	.....	172
模拟试卷 (一) 参考答案	.....	175
模拟试卷 (二) 参考答案	.....	178
模拟试卷 (三) 参考答案	.....	180
模拟试卷 (四) 参考答案	.....	182
模拟试卷 (五) 参考答案	.....	184
附录一	新旧文字符号对照表	187
附录二	新旧下角标对照表	190
参考文献	.....	192

第一章 备用电源和备用设备自动投入

第一节 AAT 的意义及对 AAT 的基本要求

本节是本章的基础，包括关于备用电源和备用设备自动投入装置（简称电源自动投入装置，文字符号为 AAT 以下统称 AAT）的基本概念和对 AAT 的基本要求。

1. 关于 AAT 的基本概念

学习路线：首先能够正确描述 AAT、明备用、暗备用等基本概念，然后通过对几种应用 AAT 装置的典型一次接线的辨认，以及对备用电源和备用设备自动投入过程的分析，加深对基本概念及 AAT 作用的理解。

明备用接线特征：接线图中一定可以找到专用的备用电源或备用设备（例备用变压器）或备用线路，而且这里的备用电源或备用设备（例备用变压器）正常时一定与所连接负荷的母线是断开的。

暗备用接线的特征：接线图中找不到专用的备用电源或备用设备（例备用变压器）或备用线路，但至少有两段负荷母线，且负荷母线之间一定有正常时断开的分段断路器。

2. 基本要求

对 AAT 的基本要求是针对装置在工程应用时应该满足的要求，每一个要求应该对应一个实际问题，包括：

- (1) 应保证在工作电源或设备断开后，才投入备用电源或备用设备；
- (2) 工作母线电压不论因任何原因消失，AAT 装置均应动作；
- (3) AAT 装置应保证只动作一次；
- (4) 发电厂厂用备用电源自投入装置，应同时满足几个工作电源的备用要求；
- (5) 发电厂厂用备用电源自投入装置应满足切换方式的要求；
- (6) 应校验备用电源和备用设备自动投入时过负荷的情况，以及电动机自启动的情况，必要时，应有 AAT 动作于自动减负荷；
- (7) 当 AAT 装置动作时，如果备用电源或备用设备投于故障，应使继电保护加速动作。

学习时可以将以上基本要求分为两类：

第一类通过接线实现基本要求。可以从以下两个方面去理解和掌握：①任一个要求的含义以及解决什么工程实际问题；②针对应用 AAT 装置的典型一次接线，描述这一要求，并实现这一要求。例如基本要求 (1)，含义是“应保证在工作电源或设备断开后，才投入备用电源或设备”；解决的问题是“防止将备用电源或备用设备投入到故障元件上，造成

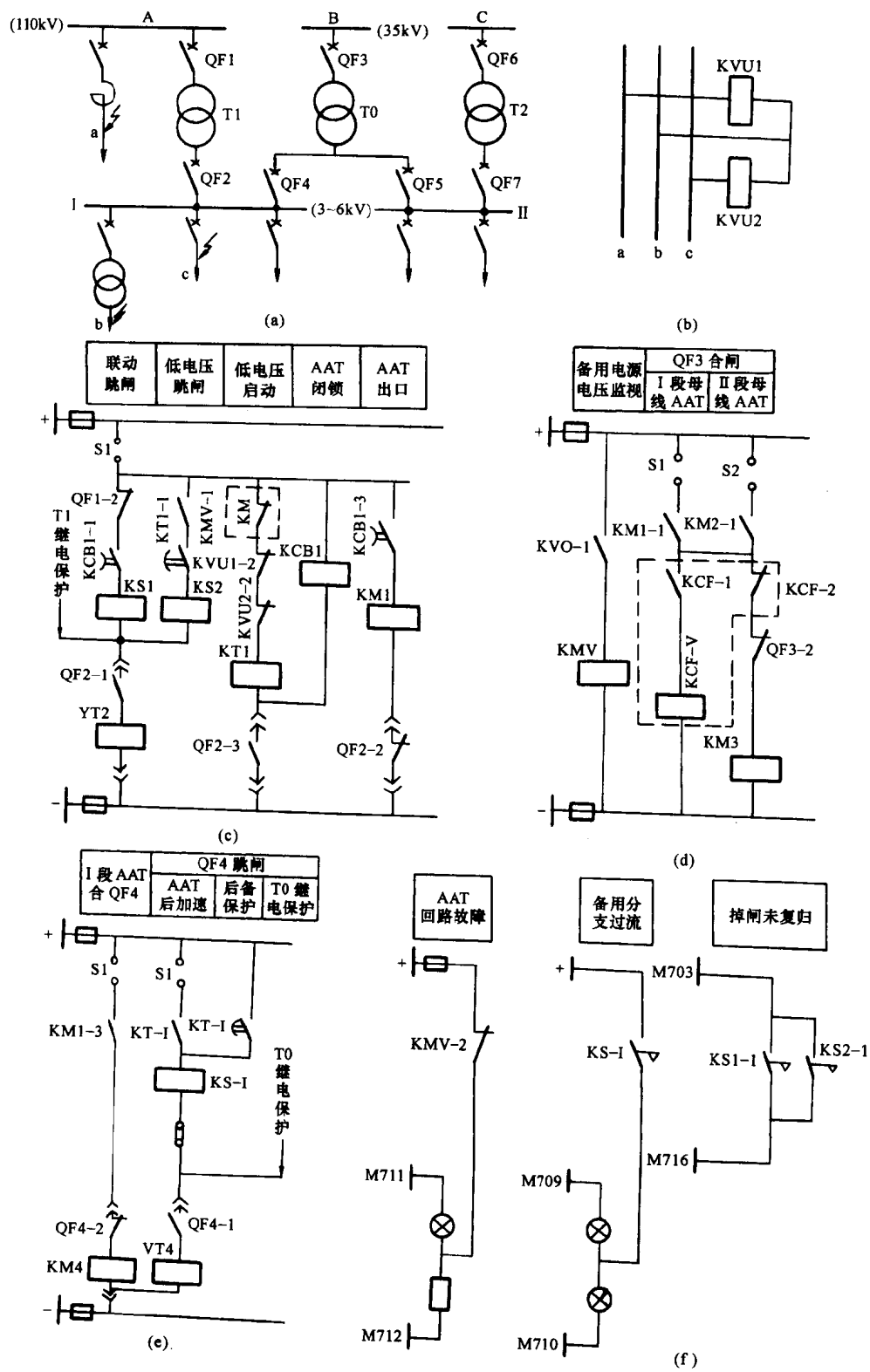


图 1-1 备用变压器自动投入装置接线

AAT装置投入失败，甚至扩大故障，加重损坏设备”，因为如果在已经发生故障的工作电源或设备还没有断开时，就投入备用电源或设备，将可能发生上述后果；对图 1-1（a）所示的备用变压器自动投入一次接线，这一要求是指，只有当 QF2 断开后（工作变压器 T1 已经断开），QF3 和 QF4 才能合闸（投入备用变压器 T0）；实现这一要求的措施是“AAT 装置的断路器合闸（投入备用）部分由供电元件（工作电源）受电侧电路器的常闭辅助触点起动（此例 QF2 跳开时，其常闭辅助触点闭合）”。

第二类是对 AAT 总体设计提出的，例如基本要求（4）、（5）、（6），只需从上述第一个方面去理解和掌握即可。

第二节 AAT 装置的典型接线

本节是对第一节内容的应用，包括两种典型接线，备用变压器的自动投入是明备用接线，母线分段断路器的自动投入是暗备用接线。学习本节内容可归纳为以下两个方面：①读懂接线，结合基本要求分析工作原理（备用自动投入的过程）和接线特点；②整定计算。

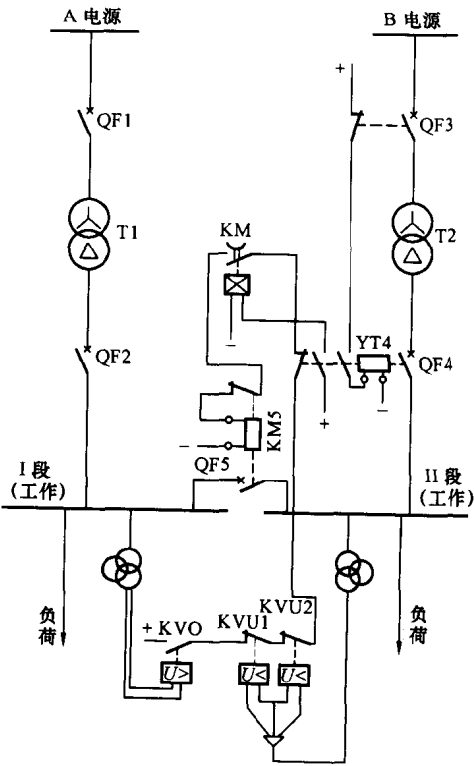
1. 读懂接线并结合基本要求分析工作原理

在对各种情况备用电源自动投入过程的分析中，注意 AAT 的作用和对 AAT 的基本要求是怎样体现的。所以，分析步骤是：

（1）图中各继电器的作用，正常时各断路器和继电器的状态，相应的触点状态，这是分析问题的前提；

（2）在各种情况下备用电源自动投入的起动和投入过程分析。

备用变压器的自动投入装置接线如图 1-1，可以做以下归纳：实际需要投入备用变压器有 3 种情况（原因），即工作变压器继电保护动作使 QF2 跳闸、QF1 误跳联动使 QF2 跳闸或 QF2 本身误跳闸、工作母线失压〔对应基本要求（2）〕使 QF2 跳闸（通过低电压起动回路延时跳闸）。注意这里的 3 种原因最终都使 QF2 跳闸，断开工作变压器，以后的动作过程就都相同了，QF2 跳闸后〔对应基本要求（1）〕，通过辅助常闭触点 QF2-2 的闭合使 KM1 励磁，QF3、QF4 合闸，投入备用变压器。同时 QF2 的辅助常开触点 QF2-3 使 KCB1 失磁，延时断开 AAT 出口（KM1 起动）回路，实现了 AAT 只能动作一次〔对应基本要求（3）〕。以上归纳可见，不论什么原因，只要供电变压器低压侧断路器跳闸，就投入备用变压器，这一点是分析装置动作过程的



关键。AAT后加速回路对应基本要求(7)。

结合对AAT动作分析掌握接线特点。例如,分析始终是以S1(投入Ⅰ段母线AAT)和S2(投入Ⅱ段母线AAT)在投入状态,即装置已获得了操作电源为前提的,这时当供电元件受电侧断路器(例QF2)跳闸时则可实现投入备用变压器T0,这就是“装置采用切换开关(S1或S2)处于投入位置而供电元件受电侧断路器(QF2)处于跳闸位置时起动”的接线特点。

母线分段断路器自动投入的原理接线如图1-2,变压器T1和T2通过分段断路器互为备用,这里可以利用图1-1的分析结果,即不论什么原因,只要供电变压器T2(或T1)低压侧断路器QF4(或QF2)跳闸[对应基本要求(1)],则分段断路器QF5合闸,投入备用。这里的继电器KM相当于图1-1中的KCB1[对应基本要求(3)]。

2. 整定计算的关键是被整定继电器在装置中的作用

当继电器的作用明确了以后,则不难理解整定计算公式。例如,闭锁继电器KCB1触点KCB1-3返回时间的整定,此时间实现AAT装置只动作一次,即控制投入备用变压器的断路器只能合闸一次,所以整定这一时间必须保证断路器完成一次合闸过程,但不允许合闸两次,即大于断路器的一次合闸时间,小于两次合闸时间。

月步练习

一、名词解释

1. 备用电源和备用设备自动投入装置
2. 明备用
3. 暗备用
4. 快速切换
5. 慢速切换

二、单项选择题

1. 应用AAT装置的明备用接线方式指正常时()。
A. 有接通的备用电源或备用设备;
B. 有断开的备用电源或备用设备;
C. 有断开的工作电源或工作设备;
D. 没有断开的备用电源或备用设备。
2. 应用AAT装置的暗备用接线方式指()。
A. 正常时有接通的备用电源或备用设备;
B. 正常时有断开的备用电源或备用设备;
C. 正常工作在分段母线状态,靠分段断路器取得相互备用;
D. 正常工作在分段断路器合闸状态,取得备用。
3. (),才投入备用电源或备用设备。
A. 应保证在工作电源或设备断开前;

- B. 应保证在工作电源或设备断开后；
 - C. 应保证在工作电源断开后但备用设备断开前；
 - D. 应保证在工作电源断开前但备用设备断开后。
4. “AAT 装置应保证只动作一次”是为了()。
- A. 防止工作电源或设备无法断开；
 - B. 防止备用电源或设备提前投入；
 - C. 防止工作电源或设备多次遭受故障冲击；
 - D. 防止备用电源或设备多次遭受故障冲击。
5. 备用变压器自动投入一次接线如图 1-1 (a)，当 T1 故障 QF1 和 QF2 跳开后，AAT 装置动作使()合闸。
- A. QF1 和 QF2；
 - B. QF3 和 QF4；
 - C. QF3 和 QF5；
 - D. QF6 和 QF7。
6. 如图 1-1，AAT 在()情况下起动。
- A. S1 在投入位置，QF1 在跳闸位置；
 - B. S1 在投入位置，QF2 在跳闸位置；
 - C. S1 在投入位置，QF3 在跳闸位置；
 - D. S1 在投入位置，QF4 在跳闸位置。
7. 如图 1-1，AAT 出口回路的触点 KCB1-3 的作用是()。
- A. 保证 AAT 装置只合闸一次；
 - B. 实现 AAT 动作后加速继电保护动作；
 - C. 保证在工作变压器断开后才投入备用变压器；
 - D. 实现备用母线电压监视。
8. 如图 1-1，闭锁继电器 KCB1 的返回时间，即触点 KCB1-3 延时断开时间的整定应()。
- A. 尽可能小为原则；
 - B. 大于投入备用变压器的断路器一次合闸时间，小于两次合闸时间；
 - C. 大于投入备用变压器的断路器两次合闸时间；
 - D. 与母线出线继电保护配合。
9. 母线分段断路器自动投入的原理接线如图 1-2，其中 KM 继电器在正常时处于()，其延时触点的作用是()。
- A. 失磁状态，保证 AAT 动作时间；
 - B. 失磁状态，保证 AAT 动作只合闸一次；
 - C. 励磁状态，保证 AAT 动作时间；
 - D. 励磁状态，保证 AAT 动作只合闸一次。
10. 如图 1-2，AAT 的低电压起动继电器是()。

- A.KVO 和 VKU1;
- B.KVO 和 KVU2;
- C.KVU1 或 KVU2;
- D.KVU1 和 KVU2。

三、填空题

1. 备用电源和备用设备自动投入装置的文字符号为_____。
2. AAT的作用是当工作电源或工作设备断开后,能自动迅速地将_____投入工作,或将负荷切到_____。
3. AAT应用在发电厂和变电所,备用方式分为_____和_____。
4. 明备用指正常情况下有_____,而暗备用指正常时工作在分段母线状态,靠_____取得相互备用。
5. 在发电厂和变电站采用 AAT 装置,可以提高_____,节省建设投资;简化_____;限制_____,提高母线_____。
6. 应保证在_____断开后,才投入_____。实现这一要求的措施是,AAT的合闸部分应由供电元件受电侧断路器的_____起动。
7. 工作母线电压不论因任何原因消失时,AAT 装置_____,但若电力系统内部故障使工作电源和备用电源同时消失时,AAT 装置_____。实现这一要求的措施是,AAT 装置设有独立的_____部分,并设有备用母线电压_____。
8. 实现 AAT 装置只动作一次的措施是,控制 AAT 装置发出的合闸脉冲_____,使之只能_____,而不是_____。
9. 发电厂厂用备用电源自动投入装置,当一个备用电源同时作为几个工作电源的备用时,此备用电源应能_____;当有两个彼此独立的备用电源时,其中任意一个备用电源都能对全厂各工作电源_____。
10. 如果 AAT 动作时可能出现负荷超过允许限度,或不能保证电动机自起动,则应有 AAT 装置动作于_____。
11. 当 AAT 动作,如果备用电源或设备投于故障,应使其继电保护_____。
12. AAT 的动作时间应使负荷_____为原则,但故障点应有一定的_____。
13. 电压互感器二次侧的一个熔断器熔断时,AAT 装置_____。在接线上采用两个_____的触点_____。
14. AAT 装置由_____和_____两部分组成。前者当工作母线因某种原因失去电压时,将_____断开;后者当_____断开后,将备用电源或备用设备断路器_____。
15. AAT 装置采用切换开关处于_____位置而供电元件受电侧断路器处于_____位置,即两者位置_____时起动。
16. 当工作母线上的电抗器或变压器后发生短路时,AAT 装置的低电压起动继电器_____;线路故障由出线断路器切除后,在电动机自起动过程中,AAT 的低电压继电器_____。

17. 低电压启动的时间继电器的动作时间, 是保证 AAT 装置_____的重要措施, 应与_____的动作时间配合。

18. AAT 装置的过电压继电器用于_____。在电动机自启动过程中, 备用母线可能出现最低运行电压, 此时应_____。

四、问答题

1. AAT 装置有什么用途?
2. 应用 AAT 装置的典型一次接线如图 1-3 (正常时 QF1、QF2、QF6、QF7 合闸, QF3、QF4、QF5 断开), 这是什么备用方式? 为什么?
3. 图 1-3 中, 工作母线 I 段 (或 II 段) 电压消失的原因有哪些?
4. 应用 AAT 装置的典型一次接线如图 1-4 (正常时 QF3 断开), 这是什么备用方式? 为什么?

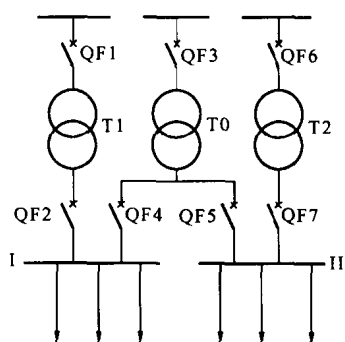


图 1-3 应用 AAT 装置的典型一次接线

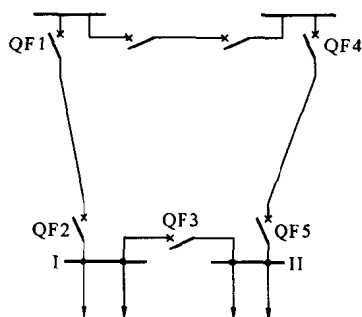


图 1-4 应用 AAT 装置的典型一次接线

5. 对 AAT 装置有哪些基本要求?
6. 为什么要求 AAT 装置在工作电源确实断开后才将备用电源投入?
7. 确定 AAT 装置的动作速度时应考虑哪些因素?
8. 为什么要求 AAT 装置只能动作一次?
9. AAT 装置由哪两部分组成? 各有什么作用?
10. AAT 装置接线中的低电压继电器和过电压继电器各有什么作用?
11. 图 1-1 中, 低电压跳闸回路的触点 KT1-1、KMV-1 各起什么作用?
12. AAT 后加速保护动作有什么作用?
13. AAT 装置低电压启动的时间继电器的动作时间怎么整定? 为什么?
14. 闭锁继电器 (KCB1) 的返回时间怎么整定? 为什么?

五、综合分析题

1. 备用变压器自动投入一次接线如图 1-1 (a), 说明 II 段工作母线失压时备用变压器 T0 的投入过程。
2. 备用变压器自动投入装置接线如图 1-1, 说明接线能够满足对 AAT 装置的哪些基本

要求？如何满足这些基本要求？

3. 分析图 1-1 所示 AAT 装置的动作行为。
4. 母线分段断路器自动投入装置接线如图 1-2，说明接线如何实现：
 - (1) 在工作电源或设备断开后，才投入备用电源或备用设备？
 - (2) 只动作一次？
5. 结合图 1-1，说明低电压继电器 K_{VU1}、K_{VU2} 和过电压继电器 K_{VO} 应该怎样整定？
6. 给图 1-2 设计 T1 故障退出时自动投入 QF5 的接线图。



一、名词解释

1. 答：当工作电源或工作设备因故障被断开后，能自动迅速地将备用电源或备用设备投入工作，或将负荷切到备用电源上的自动装置。
2. 答：指正常情况下有明显断开的备用电源或备用设备或备用线路。
3. 答：指正常情况下没有断开的备用电源或备用设备，而是工作在分段母线状态，靠分段断路器取得相互备用。
4. 答：发电厂厂用电源切换时，母线失电时间在 0.3s 内的方式。
5. 答：发电厂厂用电源切换时，母线失电时间在 1~1.5s 内的方式。

二、单项选择题

- 1.B 2.C 3.B 4.D 5.B 6.B 7.A 8.B 9.D 10.D

三、填空题

1. AAT。
2. 备用电源或设备；备用电源上。
3. 明备用；暗备用。
4. 明显断开的备用电源或备用设备或备用线路；分段断路器。
5. 供电可靠性；继电保护；短路电源；残余电压。
6. 工作电源或设备；备用电源或设备；常闭辅助触点。
7. 均应动作；不应动作；低电压起动；监视继电器。
8. 时间；合闸一次；两次。
9. 同时代替几个工作电源；实行自动投入。
10. 自动减负荷。
11. 加速动作。
12. 停电时间尽可能短；去游离时间。
13. 不应动作；低电压继电器；串联。
14. 低电压起动；自动合闸；工作电源；工作电源；自动合闸。
15. 投入；跳闸；不对应。
16. 不应动作；应可靠返回。

17. 选择性；出线保护。

18. 判断备用母线（备用电源）是否有电压；允许 AAT 装置动作。

四、问答题

1. 答：提高供电可靠性，节省建设投资；简化继电保护；限制短路电流，提高母线残压。

2. 答：明备用。接线图中有正常断开的备用变压器 T0。

3. 答：工作母线 I 段电压消失的原因：工作变压器 T1 故障；母线 I 段故障；母线 I 段出线故障而没有被出线断路器断开；断路器 QF1、QF2 因控制回路、操动机构、保护回路问题或运行人员误操作将 T1 断开；电力系统内部故障使母线失压等。

工作母线 II 段电压消失的原因：工作变压器 T2 故障；母线 II 段故障；母线 II 段出线故障而没有被出线断路器断开；断路器 QF6、QF7 因控制回路、操动机构、保护回路问题或运行人员误操作将 T2 断开；电力系统内部故障使母线失压等。

4. 答：暗备用。接线图中没有正常时断开的备用设备或备用线路，而是正常 QF3 断开使 I 段和 II 段母线工作在分段状态，并通过分段断路器 QF3 取得相互备用。

5. 答：（1）应保证在工作电源或设备断开后，才投入备用电源或备用设备；

（2）工作母线电压不论因任何原因消失时，AAT 装置均应动作。但当备用母线电压消失时，AAT 装置不应动作；

（3）AAT 装置应保证只动作一次；

（4）发电厂厂用备用电源自动投入装置，应同时满足几个工作电源的备用要求；

（5）发电厂厂用备用电源自动投入装置，应满足切换方式的要求；

（6）应校验备用电源和备用设备自动投入时过负荷的情况，以及电动机自启动情况，如果负荷超过允许限度，或不能保证自启动时，应有 AAT 装置动作于自动减负荷；

（7）当 AAT 装置动作时，如果备用电源或备用设备投于故障，应使其继电保护加速动作。

另外，AAT 装置的动作时间应尽可能短，并电压互感器二次断线时不应动作。

6. 答：防止将备用电源或备用设备投入到故障元件上，造成 AAT 装置的投入失败，甚至扩大故障，加重设备损坏。

7. 答：AAT 的动作时间应以负荷的停电时间尽可能短为原则，以减少电动机的自启动时间，但故障点应有一定的去游离时间，以保证装置的动作成功。

8. 答：当 AAT 装置动作，第一次将备用电源或备用设备投入，如果投入到持续性故障上，备用电源或备用设备上的继电保护会加速将备用电源或备用设备断开。如果此时再次投入备用电源或备用设备，不但不会成功，还会使备用电源或备用设备、系统再次遭受故障冲击，可能造成扩大事故、损坏设备等严重后果。

9. 答：低电压起动部分：当工作母线因某种原因失去电压时，将工作电源断开。自动合闸部分：当工作电源断开后，将备用电源或备用设备断路器自动合闸。

10. 低电压继电器的作用是 AAT 装置的低电压起动元件，当工作母线电压降低到继电器的动作电压时，起动断开工作电源。

过电压继电器的作用是监视备用母线电压，防止系统内部故障使工作电源和备用电源同时消失时，AAT 装置的不必要动作。

11. 答：触点 KT1-1 的作用是整定 AAT 装置低电压起动跳闸的延时。

触点 KMV-1 的作用是当备用母线没有电压时（或低于最低运行电压），断开 AAT 的低电压跳闸回路，防止系统内部故障使工作电源和备用电源同时消失时，AAT 装置的不必要动作。

12. 答：当 AAT 动作，将备用电源或备用变压器投于持续性故障时，通过 AAT 后加速回路，加速继电保护动作退出备用电源或备用设备，此后备用电源或备用设备不再投入。

13. 答：KT1 的动作时间应与出线继电保护的配合，即 $t_{KT1} = t_{\max} + \Delta t$ 。因为当工作母线上发生使母线电压降低的故障时，应首先由出线保护切除故障，而不致使 AAT 装置动作，即此时间是保证 AAT 装置选择性的措施。

14. 答：KCB1 返回时间整定： $t_{\text{on}} < t_{\text{KCB1}} < 2t_{\text{on}}$ ，或 $t_{\text{KCB1}} = t_{\text{on}} + \Delta t$ 。闭锁继电器 KCB1 的返回时间用于控制 AAT 装置只动作一次，同时保证备用电源的可靠投入，所以此时间必须大于投入备用电源的断路器的一次合闸时间 t_{on} ，小于 2 次合闸时间 $2t_{\text{on}}$ 。

五、综合分析题

1. 答：当 II 段工作母线失压时，反映 II 段母线电压降低的低电压继电器动作，如果备用母线有电压，则经过预定延时起动低电压跳闸回路，跳开 QF7，QF7 跳闸后，经 QF7 的辅助常闭触点起动 AAT 出口回路，使 QF3 和 QF5 合闸，投入备用变压器 T0；如果备用母线没有电压，则 QF7 不跳闸，不投入备用变压器 T0。

2. 答：能够满足对 AAT 的基本要求有：

- (1) 应保证在工作电源或设备断开后，才投入备用电源或备用设备；
- (2) 工作母线电压不论因任何原因消失时 AAT 装置均应动作，但备用母线电压消失时 AAT 装置不应动作；
- (3) AAT 装置应保证只动作一次；
- (4) 备用变压器 T0 能够同时实现对工作变压器 T1 和 T2 的备用；
- (5) 当 AAT 装置动作时，如果备用电源或备用设备投于故障，应使其继电保护加速动作；

满足以上基本要求的方法：

(1) 经过供电元件受电侧断路器 QF2（QF7）的辅助常闭触点起动 AAT 出口回路，保证在工作电源或设备断开后，即断路器 QF2（QF7）已跳闸，其辅助常闭触点闭合时，才能投入备用变压器 T0；

(2) 装置的低电压起动回路，保证在任何原因造成工作母线电压消失时，起动 AAT 的低电压跳闸回路，断开工作变压器，接线采用两个低电压继电器的触点串联，保证 TV 二次侧一个熔断器熔断时装置不误动；同时，此回路设有备用母线电压监视中间继电器的触点，实现在备用母线电压消失时 AAT 不动作；

(3) 由控制 AAT 装置发出合闸脉冲时间的闭锁继电器 KCB1 的延时断开触点控制 AAT

出口回路的接通时间, 经过对 KCB1 触点 KCB1-3 延时断开时间的整定, 使 AAT 出口回路的接通时间大于投入 T0 的断路器的一次合闸时间, 小于两次合闸时间, 从而保证 AAT 只动作一次;

(4) 当备用变压器已经投入代替了工作变压器 T2, 即断路器 QF3 和 QF5 已合闸, 当工作变压器 T1 由于某种原因退出时, 由接线可见, 由于 QF2 的跳闸, 将起动 I 段母线 AAT 出口, 使 QF4 合闸, 实现备用变压器同时代替工作变压器 T1 和 T2;

(5) 当 T1 退出 T0 投入, 且投入到持续性故障时, 经 AAT 后加速电流保护时间元件 KT-1 的瞬时闭合触点, 实现继电保护加速动作跳开 QF4。

3. 答: 在正常情况下, T1 和 T2 运行状态, 工作母线和备用母线均有电压, T0 为备用状态。工作母线有电压, KVV1、KVV2 励磁状态, 触点 KVV1-2、KVV2-2 断开。备用母线有电压, KVO 和 KMV 处于励磁状态, 触点 KMV-1 闭合, 允许低电压起动跳闸。同时, QF2 在合闸状态, 辅助触点 QF2-2 打开, 断开 AAT 出口回路; 辅助触点 QF2-3 闭合, 为低电压起动回路做好准备, 并且使 KCB1 励磁, 准备好 AAT 装置动作出口回路。

当变压器 T1 的继电保护动作时, YT2 通电使 QF2 跳闸, 触点 QF2-3 断开使 KCB1 失电, 但其触点 KCB1-3 延时打开, 同时触点 QF2-2 闭合, KM1 得电动作, 触点 KM1-1、KM1-3 闭合, 使 KM3、KM4 带电, 合闸 QK3、QF4, 投入备用变压器 T0。合闸后, 延时断开触点 KCB1-3 打开, 使 KM1 失磁, 保证 AAT 装置只合闸一次。

当 QF1 误跳闸时, 触点 QF1-2 闭合, 通过闭合的 KCB1-1 触点使 YT2 带电, QF2 跳闸, 以后的动作情况如上述, 将备用变压器 T0 投入。以此类推, QF2 误跳闸, 也能投入备用变压器 T0。

当某种原因使 I 段母线失去电压时, KVV1 和 KVV2 动作, 触点 KVV1-2、KVV2-2 闭合, 起动 KT1, 如果备用母线有电压, 则触点 KMV-1 闭合, 当达到预定延时 KT1-1 闭合, YT2 带电使 QF2 跳闸, 备用变压器 T0 可以自动投入; 如果备用母线没有电压, 不能经过低电压起动跳闸, 备用变压器不投入。

当备用变压器投于持续性故障时, 断路器 QF4 上的电流保护加速切除此后备用变压器不再投入。

4. 答: (1) 经过供电元件受电侧断路器 QF4 的辅助常闭触点控制合闸接触器 KM5 的线圈回路, 保证在工作电源或设备断开后, 即断路器 QF4 已跳闸, 其辅助常闭触点闭合时, 才可能使 KM5 励磁 QF5 合闸;

(2) 由保证一次合闸的中间继电器 KM 的延时断开触点控制合闸接触器 KM5 的线圈带电时间, 通过对 KM 触点的延时断开时间的整定, 使 KM5 的线圈带电时间大于断路器 QF5 的一次合闸时间, 小于两次合闸时间, 从而保证 QF5 只动作合闸一次。

5. 答: 低电压继电器的动作电压按以下两个原则整定:

(1) 躲过工作母线上电抗器后 (a 点) 或变压器后 (b 点) 发生短路故障时的残余电压:

$$U_{\text{act}} = \frac{U_{\text{rem}}}{K_{\text{rel}} n_{\text{TV}}}$$