

高等学校交流讲义

电力系统自动化及远动化

上册

清华大学发电厂及电力系统自动化教研组编

只限学校内部使用



中国工业出版社

本书分上下两册，上册为自动化部分，下册为远动化部分。

上册主要讲述电力系统中常用的自动装置(备用电源自动投入、自动重合闸、自动并列、自动按频率减负荷、自动调节励磁、自动调节频率等)的基本原理、运行要求、整定计算等；各章是在苏联专家 C.И. 巴然诺夫在清华大学讲授该课时所用讲稿的基础上改写而成的。参加编写的有王维俭(第一、二章)、王世纓(第三、五章)、徐继梯(第四、六章)和郭叔英(第七章)诸同志，并由王世纓同志校订全书。程式、黄眉、张宝霖等同志校阅了部分章节。

本书可作为高等工业学校教学用书。

电力系统自动化及远动化

上册

清华大学发电厂及电力系统自动化教研组编

*

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $13^{1/4}$ ·字数312,000

1961年9月北京第一版·1961年9月北京第一次印刷

印数0001—3,037·定价(10-6)1.60元

统一书号: 15165·917 (水电-142)

目 录

緒論	3
第一章 备用电源的自动投入	5
§1-1 概述	5
§1-2 对ABP装置的基本要求	7
§1-3 直流操作的ABP装置	9
§1-4 交流操作的ABP装置	13
§1-5 采用ABP装置时一次結綫和继电保护的简化	14
第二章 自动重合閘	17
§2-1 概述	17
§2-2 单端供电綫路的三相重合閘	19
§2-3 两端供电綫路的重合閘	28
§2-4 变压器及母綫的自动重合閘	45
§2-5 AHB装置与继电保护的配合	46
第三章 同步发电机的自动并列	53
§3-1 概述	53
§3-2 准确同期	53
§3-3 恒定越前相角的自动同期装置	57
§3-4 恒定越前时间的自动同期装置	59
§3-5 准确同期的計算	66
§3-6 自同期	69
§3-7 汽輪发电机的半自动自同期接綫	74
§3-8 水輪发电机的自动自同期	76
第四章 自动按频率减负荷	78
§4-1 概述	78
§4-2 电力系统的静态与动态频率特性	80
§4-3 对AUF装置的基本要求	82
§4-4 自动按频率减负荷装置及其电路	89
第五章 同步电机的自动調节励磁	90
§5-1 概述	90
§5-2 带电压校正器的复式励磁装置	92
§5-3 继电强行励磁和强行减磁	104
§5-4 水輪发电机自动調节励磁的特点	105
§5-5 快速相位复式励磁装置	107
§5-6 利用APB装置調整系統电压及并联运行机組間无功功率的自动分配	109
第六章 电力系统频率和有功功率的自动調节	120
§6-1 概述	120
§6-2 并联运行机組間有功功率分配及利用調速器調节系統頻率	122

§6-3	調頻器及有功功率調整器	126
§6-4	電力系統頻率和有功功率自動調整	134
§6-5	按經濟原則調整電力系統有功功率	143
第七章	電力系統中的自動調節	147
§7-1	概述	147
§7-2	自動調節系統方程式的列法	159
§7-3	自動調節系統的元件	165
§7-4	自動調節系統開環回路與閉環回路的方程式	176
§7-5	綫性自動調節系統的穩定性	181
§7-6	關於調節過程質量的介紹	205

緒 論

生产过程的自动化及半自动化是我国开展的全民性技术革新和技术革命运动的重要内容之一。生产过程自动化的目的首先是将人們从笨重的体力劳动中解放出来，几乎在所有的生产部門中，采用了自动装置都可以提高劳动生产率。尤其是在工作环境比較恶劣的条件下，例如高温、低温車間，或者有对人体有害的气体的环境中，实现生产过程自动化可以保护人的健康，提高工作的质量。另外由于生产的发展，生产过程日趋复杂，控制对象的功率逐渐提高，对調整的准确性及速度的要求也提高了，有时由人来直接控制生产过程已經变得十分困难甚至是不可能的。在这些工作中也必須采用自动装置。近年来，由于自动調节理論、計算技术和自动控制理論的迅速发展，为生产过程的自动化开辟了更广阔的远景。

各个生产部門所采用的自动装置在原理上有很多共同性。但随着应用的条件、所执行的任务及欲达到的目的不同，往往要求发展特殊类型的自动装置，这就使各个生产部門所采用的自动装置有它的特殊性。电力系統的自动化也形成了一个独立的領域，它虽然是一个年輕的技术部門，然而在最近的十多年中有了非常迅速的发展。

电力系統的自动装置是用来：大大地提高供电的可靠性，保証对用户供电的連續性；提高电能的质量和运行水平；提高电能生产和分配的经济性以及減輕运行人員的劳动强度。这是和电力生产的特点相联系的。电力生产的特点是：电能不能儲藏；电力系統的幅員广大，从电源到用戶連成一个整体，电力系統一个部分的故障都对整个系統有不同程度的影响；电力已成为一切生产部門的最主要动力源泉，因此电力生产对国民經济有重大的影响。所有这些特点对电力生产的可靠性、质量及经济性提出更高的要求。尤其是随着电力工业的发展，愈来愈多的电厂連成一个联合的电力系統，因而对自动化提出了更新更复杂的課題。

目前在保証电力系統工作可靠性方面，我国和世界各国一样，主要采用了以下的自动装置：为了迅速地清除电力系統中发生的故障，要求有灵敏快速动作的继电保护装置；为了保証用戶供电的不中断，采用了自动重合閘装置及备用电源自动投入装置；为了提高电力系統发生故障后并联工作的稳定性及故障清除后縮短用戶电动机自启动的过程，采用了强行励磁及自动調节励磁装置；为了在系統中因部分电源断开而发生功率缺額时不致使系統頻率下降引起事故，采用了自动接頻率減負荷装置。

在机組正常启动和系統并列时，为了減輕运行人員的工作，并保証并列操作的安全，采用了自动并列装置。在系統故障情况下，要求备用机組迅速投入时，自动并列装置的采用也加速了并列操作的过程。

在保証电能质量方面，主要是采用自动調頻器，以保証电力系統的頻率为恆定；采用自动調压器，以保持发电厂母綫或系統中的电压監視点的电压为恆定。在提高电力系統調度效能方面，采用遙远量測、遙远控制、遙远訊号及遙远調整等远动装置。

在提高电力系統运行的经济性方面，采用有功功率自动分配装置等。

目前继电保护及远动化也已形成了一个独立的学科。继电保护将不在这門課中讲述。

本书电气接綫图中所用的图形符号尚未完全統一，为便于学习起見，特将书中所用的几种图形符号列表对照，附于书末。

在綫路图中，除有特殊的說明外，所有电器的符号均以“正常状态”繪出。所謂“正常状态”是指电器綫圈中无电压或电流存在及无任何外力作用时的状态。

表中的第(I)(II)(III)类系本书目前所有的图形符号，第(IV)类是作为我国試行草案的第一机械工业部第八局制訂的图形符号，它和苏联国家标准所規定的(表中第III类)基本上是一致的。

第一章 备用电源的自动投入

§1-1 概 述

为了提高供电的可靠性，一般可以用环网供电或两台及两台以上变压器的并联工作来达到。但是这种做法将使继电保护复杂化，而且由于这时短路电流的增大而加重了电气设备的负担。如果采用分段的供电结线(例如图1-1的 g, e 等)，则在简化继电保护，当配电网短路时提高供电母线上的残余电压及减小短路电流等方面有积极的效果，然而这种分段供电方式存在着基本的缺陷，那就是当任一供电元件故障时将使该部分的负荷停电。

针对上述分段供电结线的基本缺陷，我们可以在常开的分段断路器(如图1-1的 g, e 中的5B)上装设备用电源自动投入(ABP)装置，即当任一供电元件(线路或变压器)故障而被切除时，由于ABP装置的动作，使分段断路器自动投入，从而保证了由被切供电元件供电的负荷能继续工作。

在电力系统中，最重要的是发电厂厂用电母线各分段的备用电源自动投入，以及配电网内变电站的母线或母线各分段的备用电源自动投入。

我们可以举出大量的运用ABP的例子。图1-1所示是运用ABP的几个典型例子。

先看图1-1a，变电站B经常是经过工作线AB由变电站A取得电源的。另外，变电站B是用BB线作为备用，可以由这条线从变电站B取得电源，BB线就是备用线，在正常情况下是被靠变电站B那一边的断路器4B断开着的。如果由AB线供电的电源中断了，同时断路器3B也断开了，则ABP装置将使断路器4B自动合闸而恢复变电站母线的供电，如果变电站B的电源中断了，但断路器3B并没断开，则ABP装置必须首先使断路器3B自动断开，然后再使断路器4B自动合闸。要使断路器3B先断开这一点是十分必要的，因为变电站B失去电源的原因很可能是由于AB线路的短路，如果当断路器3B还没断开时就使断路器4B合闸，可能会变成由变电站B供电给短路点。

现在看图1-1b。图上画的是降压变电站的一次结线图。站内装有一台工作变压器1T和一台备用变压器2T。在这里两台变压器持续的并联运行是不允许的，这是因为一旦在低压母线II或者低压的出线上发生短路时，短路电流的数值将会大到不可容许的程度。备用变压器的两个断路器2B和4B在正常情况下是断开着的。如果由于某种原因工作变压器1T断开时，则ABP装置自动地合上断路器2B和4B而使备用变压器投入工作。ABP装置只在断路器3B断开时才使备用变压器投入，为的是在变压器1T发生故障时，不致使母线II再供给这变压器以电压。控制工作变压器的断路器1B和3B的电路是互相连锁着的，只要断路器1B断开工作变压器，断路器3B也随即断开。

在图1-1c, d, e内，具有备用电源的母线是由个别的分段组成的。在这种情形下，可以用二种方法来布置备用电源。

第一种备用的方法(图1-1c, d)是装设正常情况下断开着的备用电源：即装设备用线(图1-1c)或备用变压器(图1-1d)称为明备用。对母线各分段设立备用电源时只需一个备用电源就够了。母线的任何一段段的电源中断时，ABP装置就自动把这一段连

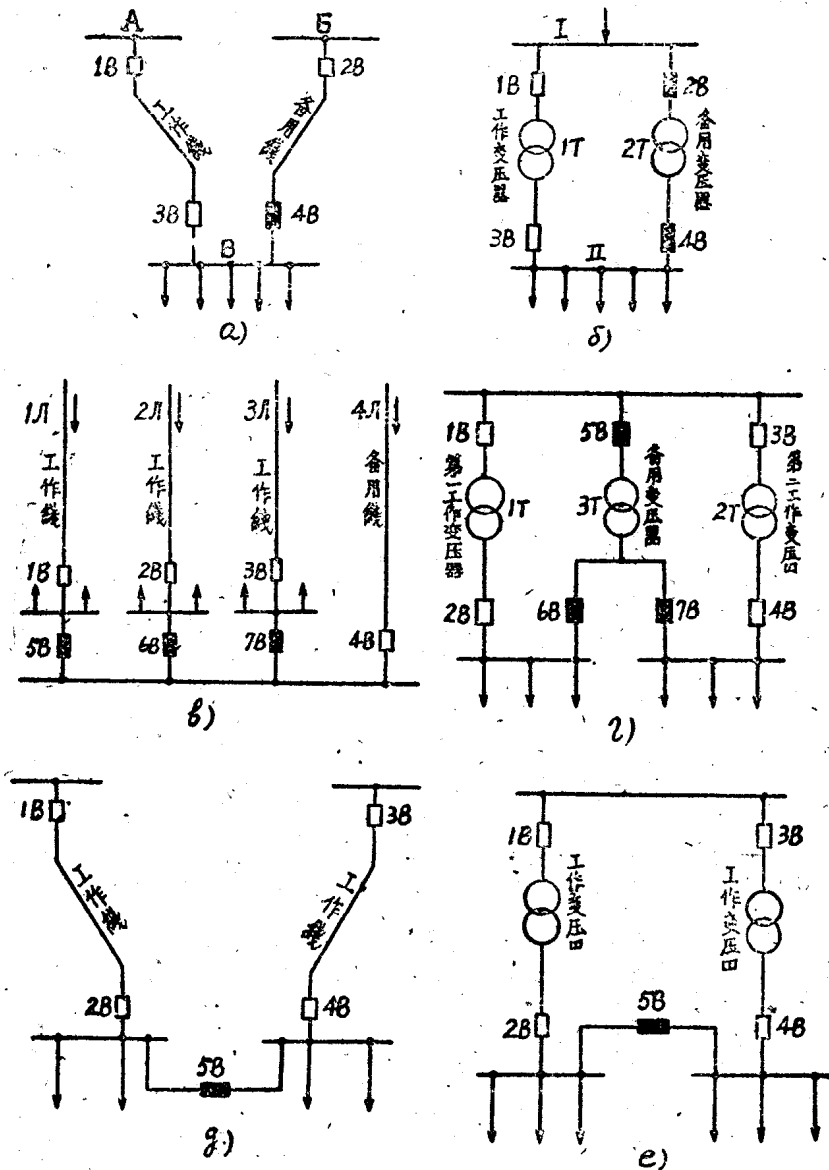


图 1-1 应用ABP装置的典型一次結綫图

到备用电源上去。例如(图 1-1a)当由綫路 I 供电的母綫第一段失去电源时, ABP 装置就会合上断路器 5B 自动給这一段以电压; 如果这一段失去电源时而断路器 1B 并沒断开, 則 ABP 装置必須首先使工作电源的断路器 1B 跳开, 然后再合上备用电源的断路器 5B。图 1-1b 所示电路中的 ABP 装置也是这样布置的。差别只是在当 ABP 动作时, 备用电源不是由合一个断路器而是用合二个断路器的方法来把备用电源加到失去电源的那一段母綫上去的。例如, 在工作变压器的断路器 2B 断开以后(图 1-1c), ABP 装置就自动合上断路器 5B 及 6B。

第二种装設母綫各分段备用电源的方法(图 1-1g 及 e) 并不需要有經常断开着的备用

电源，称为暗备用。在正常情况下，母线各分段都由各自的工作电源取得电能。当一个分段没有了电压及工作电源的断路器断开后，ABP装置就合上正常断开的分段断路器5B而恢复其电源。很清楚，在这种情况下两个工作电源（线路或变压器）都应该根据两个分段的总负荷来考虑，要不然就需要在ABP装置动作以后，把负荷减去一些。

装设ABP装置只需很少的一些费用和非常简单的设备，但是却大大有助于电气设备工作可靠性的提高。这种装置在各种不同的实际场合下都能得到采用，不管是设计一个新设备或者改装旧设备都能用得上。

运用ABP装置可以得到很大的经济效益。

在设计新的电气设备时，必须保证这些设备的工作有必要的可靠性。如果不采用ABP装置而要保证供电足够可靠，有时不得不消耗更多的基本建设费，和相应地增加维护费用。例如，为了提高配电网内变电站B的供电可靠性，（参看图1-1a），势必要用二条平行线路来代替一条线路AB。也可以按另外一种方式工作：不把BB线当做备用线而是把它当作工作线来用，也就是说，供电给变电站B的配电网是用闭式网络的形式来布置的。但是这样做将使继电保护变得很复杂，继电保护工作的可靠性也会降低，还要使线路的运行工作变得很复杂。同时当变电站母线和出线短路时，短路电流的数值也要增加，这就要求加大变电站电器的费用和增加出线的投资。因此，在设计 and 安装新设备时，ABP装置的采用使我们可能降低基本建设费和相应的运行费用。

在现在已经工作着的设备上采用ABP装置时，它的经济效益在于提高对用户供电的可靠性，避免因对用户供电的事故停电而引起的损失。

§1-2. 对ABP装置的基本要求

ABP装置的接线图可以有各种不同的方案，但是它们都应该满足下列基本要求：

ABP必须在具有备用电源的母线因任何原因而失去电压时动作。

最初的ABP装置只要求当工作电源发生故障时才动作。这种观点是由于顾虑到：如果工作电源的断开是由于母线上或与母线相连的出线上（在出线的保护拒绝动作的情况下）发生短路所引起，则合上备用电源只会使短路电流扩大对设备的损坏。

但是这些最初的ABP装置的运行经验指出，装有ABP装置的母线上的停电常常不是由于工作电源发生事故，而是由于其他原因。如果工作电源是变压器，则它发生故障的可能性也是很小的。因此，如果ABP只在工作电源发生故障时动作，则从提高电气设备可靠性方面来看它还不是足够有效的。

从另一方面来看，不让ABP装置在母线发生短路的情况下动作的这种意见原来是错误的。这种ABP的动作不但不是有害而且应该认为是有益的。可以这样来解释，母线或线路上的短路，在很多情况下，当电压去掉以后是会自动消除的。这样当备用电源自动投入之后，设备的正常工作就恢复了。如果短路是持续的，（不是自动消除的），则在备用电源自动投入以后，短路将被备用电源的保护所断开。由于重复的经受短路电流而造成的设备的外加损坏，一般也是不严重的。

因此，为了发挥ABP装置的最大效果，应该不只在在工作电源发生故障时动作，而且也在其他各种原因使母线失去电源时也动作。

为了说得确切些，让我们看图1-1a上所画的电路图。可以指出各种可能失去电源的

原因有：

- 1) 工作綫 AB 上的短路。
- 2) 变电站 B 母綫上的短路。
- 3) 由变电站 B 母綫供电的出綫发生了短路，但没有被这綫上的继电保护断开。
- 4) 由于电力系统内的事故而使变电站 A 母綫上电压的消失。
- 5) 由于断路器 $1B$ 或 $3B$ 的控制电路或保护电路的故障而发生的断路器 $1B$ 或 $3B$ 的誤跳閘。

6) 錯誤地用手断开 AB 綫。

在所有上面提到的情形下， ABP 装置都应该动作。

2. 不应该在工作电源还没断开时允许备用电源投入

这个要求主要考虑在工作电源发生故障的情况下，不致于在备用电源自动投入以后，让母綫来供给故障点以电压。为了达到这个要求，当具有备用电源的母綫上失去电压，而工作电源的断路器还没有断开时， ABP 装置必须自动断开工作电源的断路器，然后再合上备用电源的断路器。

为了实现上面所说的第一，第二两个要求， ABP 装置的电路是由两部分组成的：其一为合閘自动装置电路，在工作电源的断路器断开以后，立刻就由牠合上备用电源的断路器；其二为低电压启动机构的电路，这个启动机构是用来当母綫上失去电压时断开工作电源的断路器用的。

3. ABP 装置应该保证最短的停电时间

从具有备用电源的母綫失去电压时起直到备用电源自动投入时止，中间需要经过一段时间。这一段时间应该趋于最小。这一要求主要是考虑从母綫上取得电源的异步电动机自启动的条件。大家知道，当电网内电压降低或消失时，异步电动机已经降低速度或已停止转动，在电压恢复以后转速重新上升到额定转速的这一过程称为自启动过程。关于异步电动机自启动的问题是在发电厂电气设备一课里讨论的，因此我们只限于简单地说明与自启动的条件有关的对 ABP 的要求。

如果事先没有考虑使电动机（例如，电厂厂用电或工业企业的电动机）的自启动变得更容易些的特殊措施，那么，在电动机的转速降得很低或者完全停止后的自启动在某些情况下将成为不可能，而在另外一些情况下可能需要经过相当长的时间。自启动过程持续过久对电动机将发生很坏的影响，使电动机的绕组内引起过分的发热。除此以外，长时间的自启动对于电力系统也是有害的，这是由于自启动将使系统的电压大大的降低。

为了使重要的异步电动机的自启动易于进行，因此在次要的电动机上装低电压保护，牠的动作具有一秒钟左右的时限。那些不被低电压保护断开的电动机的容量是这样来决定的：要求从绕组发热的观点来看，他们在停止转动以后再自启动是可能的而且是可以允许的。但当电动机停止转动或速度降到很低以后再自启动时，在许多情况下终究还是很严重而且有时会引起动力系统的工作上发生许多麻烦。

因此在设计 ABP 装置时，必须尽力做到停电的时间和与之相应的电动机转速的降低趋向于最小。实际运行的经验说明，应该要求停电的时间不超过 $0.5 \sim 1.5$ 秒。在某些情形下，常常是不能达到这样的停电持续时间的，那时不得已也只好采用停电时间大得多的 ABP 装置。

因为备用电源自动投入并不能避免在备用电源自动投入以后出现自启动的大电流，因此在那些次要机械的电动机上，即使停电的时间较短，采用低电压保护也还是必要的。

根据停电时间尽可能短的这一要求，ABP装置是这样来做的，当工作电源的断路器刚一跳开，马上就使备用电源合上去，只有在装有快速断路器的电气装置或者电压为110千伏或高于此值的电气装置上有例外，在这些情形下短路点所需要的反游离的时间可能大于备用电源自动投入时断路器的合闸时间。为了要使这些设备内的短路来得及自行消除，就必须采用延缓ABP动作的特殊措施。

4. ABP应该只动作一次

当具有备用电源的母线上发生短路，或由母线上引出的出线发生未断开的短路时，继电保护就使工作电源的断路器断开。经过很短的一段时间以后，备用电源就自动投入了。如果短路是持续的，（不能自行消除的），则备用电源的继电保护就开始动作而把备用电源断开。这时就不应允许备用电源再重新投入，避免在持续短路的情况下备用电源多次地投入的可能性。

5. 应该消除由于电压互感器的保险丝烧断而引起的ABP装置误动作的可能性

电压互感器低压边保险丝的电断在电气设备运行实际中是常见的事。在设计得不正确的ABP电路中，电压互感器保险丝的烧断可以引起和母线上真正消失电压时同样的动作，也就是，把工作电源断开并把备用电源合上。电路的这种动作是不能容许的。

§1-3 直流操作的 ABP 装置

1. 典型接线图 发电厂厂用电母线各分段设立备用电源自动投入装置是十分重要的。这是提高动力系统工作的可靠性方面极重要的措施之一。

图1-2所画的是电厂厂用电备用变压器自动投入的电路，这个电路是由苏联热电设计院所设计出来的，它的操作电源是用直流的，这个电路图也能用于变电站备用变压器的自动投入。图上所画的电路图已经是简化了的。

这个电路图中厂用电电源是用一个单独的备用变压器来作为备用的。在正常情况时由两个（或两个以上）工作变压器供给厂用电的母线各分段。工作变压器的数目等于分段的数目。在那些把全部或者部分电能用升高电压送出去的电厂里常常可以看到工作变压器和备用变压器是由不同电压的母线供电的。至于在厂用电母线各分段上装设备用电源的其他方案，它们的自动装置电路也可以同样这么做，只是在某些细节上有所不同。和厂用电母线的第二段相关的那部分电路在图上没有画出来。它可以照图上所画的与第一段相关的那部分电路完全一样地画出来。

电路里接点的位置相当于正常情形（工作断路器合上，备用断路器开着）时的位置。

图上符号1B, 2B, 3B, 4B是表示工作变压器和备用变压器的断路器；1CO和2CO相应地表示断路器1B和2B的跳闸线圈；3KB, 4KB则相应地表示断路器3B和4B的合闸接触器的线圈。

低电压启动机构包括二个低电压继电器H<和一个时间继电器B。

合闸自动装置的电路包括继电器PE（即所谓连锁继电器）和中继继电器2Π。

图中所画继电器P3是工作变压器保护电路中的继电器，它在变压器的保护进行跳

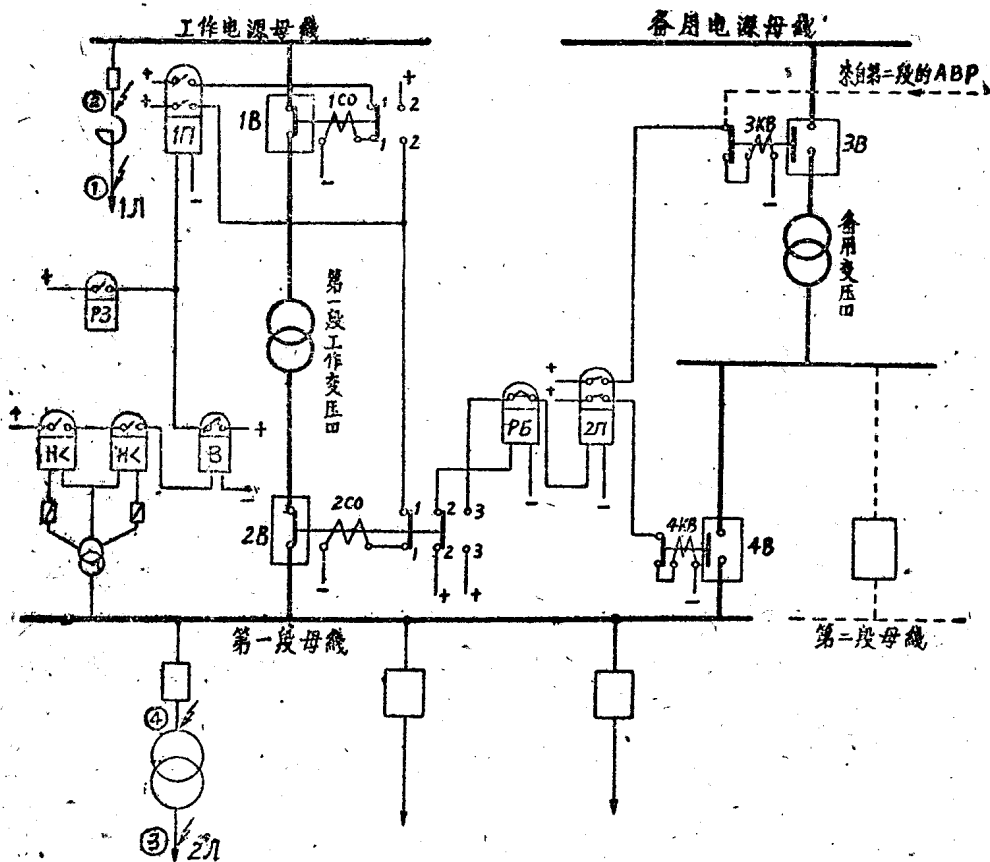


图 1-2 直流操作 ABP 装置原理图

启动动作时，把操作电源的“十”送到中间继电器 1Π 的线圈（中间继电器 1Π 是用来在同一时间内将跳闸脉冲送给工作变压器的两个断路器的跳闸线圈的）。

连锁继电器 PB 是用来取得 ABP 装置的一次动作的，它是 $PB-100$ 型电磁式继电器，其特点是它的接点在断开时带有时限。

ABP 电路启动机构的动作是这样的。假定在断路器 $1B$ 和 $2B$ 闭合的情况下，厂用电母线的第一段失去了电压。两个低电压继电器 $H<$ 都动作了，并且把“十”极接到时间继电器 B 的线圈。继电器 B 将在所要求的时限下动作，并把中间继电器 1Π 线圈的电路接通。于是 1Π 合上了自己的接点。继电器 1Π 的一个接点接通了断路器 $1B$ 的跳闸线圈 $1C0$ ，而另一接点则接通断路器 $2B$ 的跳闸线圈 $2C0$ （这里所说的跳闸线圈的电路是通过各自的断路器的连锁接点的，断路器在闭合位置时这些接点也都是闭合的）。断路器 $1B$ 和 $2B$ 断开了。因此，当厂用电母线的分段上电压消失时，低电压启动机构就从两头把工作变压器断开。

合闸自动装置的电路是这样动作的。在电路的正常情况下，连锁继电器 PB 的线圈里流着电流，这个电流流过当断路器 $2B$ 闭合时闭合着的连锁接点。这时继电器 PB 的接点是闭合着的。中间继电器 2Π 的线圈里没有电流流过。现在由于 ABP 的启动机构动作或其他原因，断路器 $2B$ 断开了，则断路器 $2B$ 与 PB 的线圈串联的一对连锁接点 $2-2$ 断开，

而把和 PB 接点及 $2H$ 的线圈串联的那一对连锁接点3-3闭合了。由于连锁继电器 PB 的线圈电路被断开,继电器 PB 就要打开自己的接点,但并不是马上就打开的,而是具有0.5秒的时限的。断路器 $2B$ 刚一打开,继电器 $2H$ 的线圈电路就由断路器 $2B$ 的连锁接点3-3和继电器 PB 的接点接通而动作。中间继电器 $2H$ 在合上自己的接点以后,就使合闸接触器 $3KB$ 和 $4KB$ 动作起来。合闸接触器线圈的电路是相应地与断路器 $3B$ 和 $4B$ 的连锁接点串联起来的。合闸接触器在闭合了自己的接点以后(接点在图上没画出来)就把电压加到备用变压器的断路器 $3B$ 和 $4B$ 的合闸线圈上。同时就完成了备用变压器的自动投入。经过了电磁继电器 PB 的时限以后, PB 的接点就断开了,这样可以避免在厂用电母线第一分段上发生持续短路时 ABP 装置的多次动作。

不难看出:我们所讨论的 ABP 电路图是能满足前面所列举的各点要求的。

在这一电路中由于采用了接点互相串连的两个电压继电器而避免了在电压互感器的保险丝烧断时可能发生的启动机构的误动作。

2. 参数整定

1) 低电压继电器和时间继电器

选择低电压继电器 $H<$ 的调整值和继电器 B 的时限是根据下面的原则来进行的。 ABP 装置的启动机构在下面二种情形下不应断开工作变压器:

(a) 网络内发生了短路,厂用电母线上的电压因之降低,但当继电保护把这种短路跳开后,厂用电的电源就可以恢复的。

(6) 当厂用电母线上电压因电动机的自启动而降低时。

现在让我们来看看当发生短路时要引起厂用电母线分段上电压降低或消失的电力线路,这些线路可以是厂用电母线上的引出线,主电源母线的出线,或外部电网的线路。在图1-2上这样的线就是线路1 $\bar{I}$ 和2 $\bar{I}$ 。

为了使启动机构的工作能符合上述(a)和(6)这二个要求,低电压继电器和时间继电器应该根据下面的条件来进行整定:

(1) 继电器 $H<$ 的启动电压 $U_{c.p}$ 必须小于线路上集中阻抗(例如变压器或电抗器的阻抗)后(例如:点①或点③)发生短路时的残余电压:

$$U_{c.p} = \frac{U_{ocT}}{K_{n1}}, \quad (1-1)$$

式中 U_{ocT} ——残余电压;

K_{n1} ——可靠系数,大于1。

(2) 如果发生短路时的情况是短路电流并没受到变压器或电抗器阻抗的限制(例如在点②和点④),而厂用电母线上的残余电压接近于零,则低电压继电器必须动作。在这种情况下,当短路被线路上的保护断开以后,尽管母线上电压将因为电动机的自启动而降低到数值 U_{cs} ,电压继电器 $H<$ 仍然应该打开自己的接点。

$$U_{c.p} = \frac{U_{cs}}{K_{n2} K_{\alpha}}, \quad (1-2)$$

式中 $K_{n2} > 1$ 是可靠系数;而 $K_{\alpha} > 1$ 则是返回系数。

一般选用低电压继电器的启动电压约等于额定工作电压的25%。这样选择就能使上面所列举的两个条件实际上都满足了。

(3) 继电器B的时限应该这样来选定：当网络内发生能使低电压继电器启动的短路应在继电器B闭合上自己的接点前断开。即

$$t_{PB} = t_{on} + \Delta t, \quad (1-3)$$

上式中 t_{on} 表示断开外部短路的继电保护的时限(这里所说的短路系指：在网络内，具有使电压极度降低达到使厂用电母线分段上的电压 $u_{ocT} < u_{cp}$ 的短路故障，在故障跳开后，厂用电母线分段上的电压随即恢复)。

Δt 表示选择性程度，通常这个数值可以采用 0.5~0.7 秒。

2) 连锁继电器PB应可靠地保证断路器4B的一次投入，为此要求此继电器接点打开的时限为：

$$t_{PB} = t_{os} + \Delta t \quad (1-4)$$

式中 t_{os} ——断路器的全部合闸时间(包括传动装置的动作时间)；

Δt ——可靠裕度，取为 0.2~0.3 秒。

3) 在装有ABP装置的母线分段断路器或母线间的断路器(如图1-2中的4B)上应装速断保护，保证当ABP装置动作而使备用部分合于持续短路上时能快速断开故障。这个速断保护的整定值应为：

(1) 当网络中的短路被切除后，工作母线上电压恢复时，保护不应由电动机的自启动电流而启动，为此

$$I_{cp} \geq (1.3 \sim 1.4) I_{nyck}. \quad (1-5)$$

式中 I_{nyck} ——考虑电动机自启动在内的负荷电流。

(2) 当短路发生在出线的集中阻抗之后(例如图1-2中的点③)时保护不应动作，因此

$$I_{cp} \geq k_n \cdot I_{K3}. \quad (1-6)$$

式中 I_{K3} ——出线集中阻抗后短路时流过保护装置处的电流。

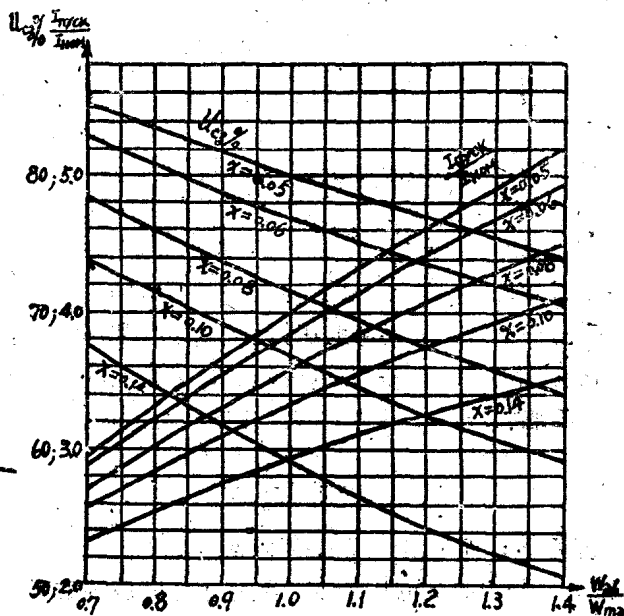


图 1-3 用于明备用时

k_n ——可靠系数，可取为1.2~1.3。

4) 厂用电动机自启动时厂用母线的残压 u_{cs} 和自启动电流 I_{nyck} 的简捷计算。

这里我们介绍北京电力设计院绘制的厂用电源自启动电流倍数和校验自启动时厂用母线残压的曲线。可以根据自启动时连接于厂用变压器(或电抗器)的电动机总容量(W_{ϕ})与厂用变压器(或电抗器)容量($W_{m\phi}$)的比值,以及厂用变压器(或电抗器)的电抗标么值(x),直接从下列曲线中查得自启动时的厂用母线残压百分数($u_{cs}\%$)和自启动电流倍数($I_{nyck}/I_{no.m}$)。

3. ABP 结线的简化很显然,当工作部分和备用部分均由同一电源供电时(如图1-1Γ),则图1-2中作为启动机构的低电压继电器就不必要了。我们将要讨论的是在厂用电 ABP 装置的结线图中能否省去这两个低电压继电器的問題。

根据对厂用电实际可能的几种结线方案的分析,可以看出:

ABP 装置中的低电压启动机构并不能增加厂用运行的可靠性,并且由于它的存在,使得装置变得复杂和降低了可靠性,从经济上看,一套带低电压启动机构占整个 ABP 装置费用的一半以上,由此可见,取消厂用电 ABP 装置中的低电压启动机构在技术上和经济上可能是合理的。

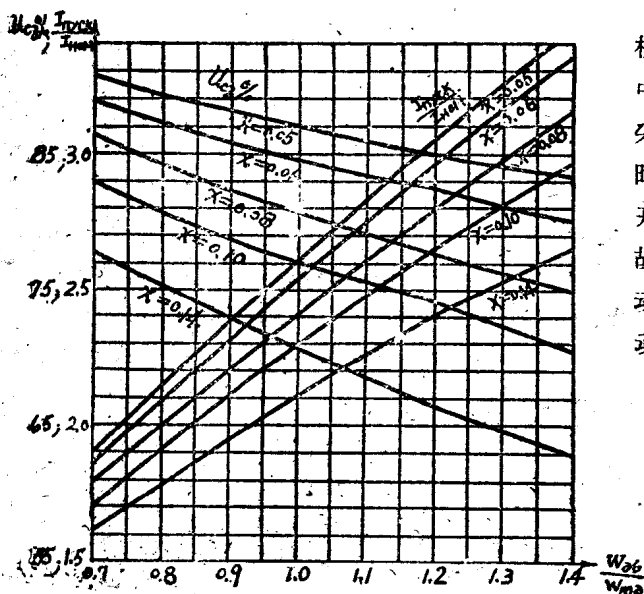


图 1-4 用于暗备用时

但是应该说明:取消低电压启动机构仅限于发电厂厂用电的 ABP 装置中,对输电线路的受端变电所则仍需采用(图1-5)。因为当送电线路故障时,送端断路器 B-1 由保护装置断开,而受端断路器 B-2 一般不跳闸,故此时必须由受端母线上的低电压启动机构使 B-2 跳闸,然后再使 B-3 自动投入。

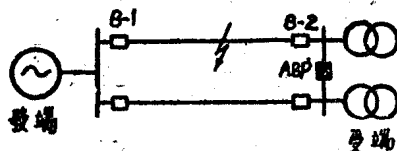


图 1-5 受端装设 ABP 的输电线路

S1-4 交流操作的 ABP 装置

在中小型的变电所或小容量的发电厂内使用直流操作电源是不合理的。因为直流操作电源需装设蓄电池组,这就不但要配备一套充电机组,采暖通风等附属设备,而且还要具有套间、防酸、防爆等特别讲究的蓄电池室,此外还得为装设直流配电盘而加大主控控制室的建筑面积,为直流系统敷设大量控制电缆。这样使发电厂或变电所的投资大大增加了,并且也增加了值班人员的维护工作。

則 B 側 ABP 裝置使斷路器 2 跳開而合上斷路器 3，恢復了正常运行。

若考慮到線路功率損耗的減小，要求兩條線路並聯運行，則可在斷路器 3 (或 2) 上裝有解列裝置，當網絡中任一點發生故障時均瞬時切除斷路器 3 (或 2)，然後以人工或動作時間較長的 AIB 裝置使其重合。此時 A 側仍然裝設無選擇性的速動保護， B 側的 ABP 裝置則在 B 側長期消失電壓時動作，斷開斷路器 2 和合上斷路器 3，同時令解列裝置退出工作。當線路 1-2 故障時斷路器 1 和 3 立即跳開，此後的動作和上述情況一樣了。

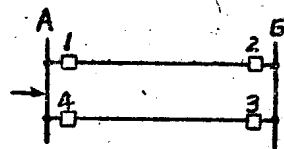


圖 1-7 由雙曲綫供电的电网部分接綫图

2. 分支 T 型 (圖 1-8a) 或 H 型 (圖 1-8b) 联接的变电所。若斷路器 1、2、3 和 4 均經常閉合，則為實現保護的選擇性動作將是困難和複雜的。

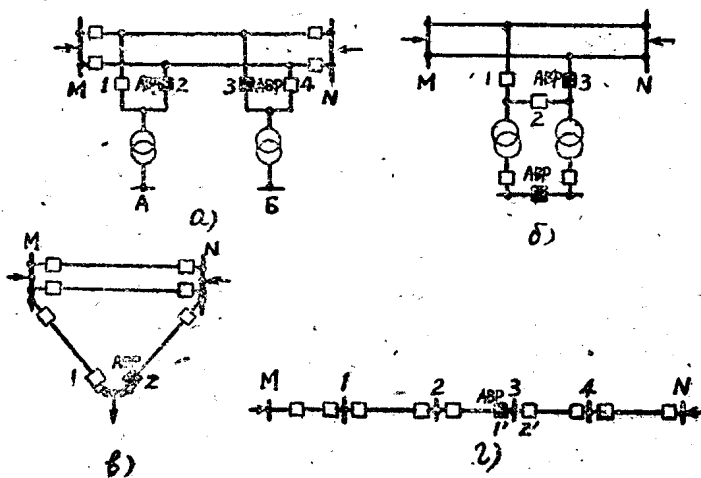


圖 1-8 网络的部分供电結綫图

若受端变电所仅由一个斷路器供电，另一斷路器經常打開并裝有 ABP 裝置，則保護將大大簡化。線路的速動保護應躲過變壓器後的短路，當在變壓器內部故障而使線路速動保護無選擇性動作時，將由 M 和 N 端的 AIB 裝置校正之。 ABP 裝置的動作時間應該大於在線路發生短路時的故障切除時間與由 AIB 動作從 MN 端重合所需時間的總和。

3. 環網供电的变电所 (圖 1-8c)。变电所 A 可以接成通過式的 (即斷路器 1 和 2 均經常閉合)，但此時線路 MA 和 AN 的保護將較複雜。若在斷路器 2 上裝解列裝置或者令其經常打開，同時在变电所 A 裝設 ABP 裝置，則 MA 和 AN 就變為單端供电線路了，它們的保護也就可以簡化。

4. 兩系統間的聯系綫 MN (圖 1-8d)。當沿綫全部斷路器均經常閉合時，線路的保護就應該考慮到發生振蕩的可能性和適應非同期重合閘的工作要求，這無疑將使保護複雜化。

若在功率分界點 3 處的斷路器 $1'$ ，經常打開并裝設 ABP 裝置，當母綫 3 或線路 2-3 上電壓消失時， ABP 動作而合上斷路器 $1'$ 。這樣 MN 就相當於兩段單端供电線路了。