

# 35~110kV

## 变电站仿真 培训教材

河北省电力公司 组编



中国电力出版社  
[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

# 35—110kV

10KV及以下

10KV及以下

10KV及以下



10KV及以下

# 35~110kV 变电站仿真培训教材

---

河北省电力公司 组编



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

## 内容提要

---

本书是 35、110kV 综合自动化变电仿真软件系统的配套教材。全书分为十二章，分别介绍了 35kV 和 110kV 仿真变电站的一次系统和保护配置，仿真变电站高压设备构成，仿真变电站继电保护及自动装置原理，设备操作行为规范，设备异常和事故处理，35、110kV 仿真变电站的典型操作及解析，工作票办理软件及应用实例，网络版仿真软件的安装、使用方法，集中培训和考试评价标准及考试管理软件的构成及功能，以及仿真软件附带的二次模拟练习软件。为了方便学习，随书还提供了展示仿真软件部分功能的视频演示光盘。

本书图文并茂，通俗易懂，内容贴近实际，是开展变电运行专业技术培训、技能鉴定和电工进网作业许可培训的理想教材，也可供变电、调度及生产管理人员学习参考。结合仿真软件系统使用，可进行技能实际操作训练和考试。

---

## 图书在版编目 (CIP) 数据

35~110kV 变电站仿真培训教材/河北省电力公司组编. —北京: 中国电力出版社, 2009

ISBN 978-7-5083-8652-2

I. 3… II. 河… III. 变电所-电工-技术培训-教材 IV. TM63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 048224 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>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2009 年 7 月第一版 2009 年 7 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13 印张 307 千字

印数 0001—3000 册 定价 35.00 元 (含 1CD)

### 敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失  
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

变电运行仿真系统是进行变电运行培训最为有效的手段，所以变电站仿真培训系统已成为变电运行培训的首选方式，是电力培训中心的必备设施。然而，仿真系统往往针对特定的变电站，具有特定的接线形式和保护配置等一、二次回路，使得培训受到一定的局限，通用性不高。编者在多年的仿真系统开发和培训应用实践中，找到了兼顾其特殊性与通用性的结合点，开发了相应的变电站仿真软件系统，已连续使用6年，并在使用中进行了不断升级完善。

本书是35、110kV综合自动化变电仿真软件系统的配套教材，介绍了35kV和110kV仿真变电站的一次系统和保护配置，并就仿真变电站涉及的一、二次设备特点，展开说明了变电站高压设备构成、继电保护及自动装置原理、设备操作行为规范及设备异常和事故处理规范，并创新地将典型操作票及事故处理进行了较详细的解析。为方便读者对软件的使用，书中还以图文方式介绍了工作票办理练习及考核软件的使用方法及应用实例，网络版仿真软件的安装、使用方法，集中培训和考试评价标准，以及考试管理软件的构成及功能，并随书提供了展示仿真软件部分功能的视频演示光盘。

本书具有以下几方面的特点：

- (1) 用逻辑图形式表现保护及自动装置部分。采用保护动作逻辑图方式，给出了保护的功保护和出口指向，能够帮助学员直观学习并掌握设备的保护配置及功能与出口动作逻辑关系。
- (2) 提供了与仿真变电站配套的典型操作票及事故处理案例，并作出了详细解析。
- (3) 倒闸操作原则、事故处理步骤及工作票办理程序用模块化图形表示，清晰直观，便于掌握记忆。

本书作为变电运行培训教材，主要面向变电站值班员、变电站监控人员、电网调度人员及相关的生产管理人员，也可供职业技术学院作为相关工种的技能培训和技能鉴定教材（最好结合仿真软件系统使用）。

本书由河北省电力公司人力资源部组织编写，由保定培训中心编写完成。齐锦会完成本书第一、三、六、七、十二章的编写及全书的统稿工作；仿真软件的开发郭连仲完成了第九、十、十一章的编写，并提供了书中的图片及演示软件；第二、四、五、八章由吴宇斌完成。保定培训中心牛同义、沧州供电公司王增纯、保定供电公司徐永卫对全书进行了审稿。

由于作者水平所限，书中难免存在不足之处，敬请广大读者批评指正，联系信箱：[hbdldz@163.com](mailto:hbdldz@163.com)。

**编 者**

2009年6月

前言

绪论 .....	1
第一章 仿真变电站一次系统及继电保护配置 .....	4
第一节 110kV 仿真变电站一次系统及继电保护配置 .....	4
第二节 35kV 仿真变电站一次系统及继电保护配置 .....	9
第二章 仿真变电站高压设备配置 .....	13
第一节 高压设备功能概述 .....	13
第二节 变电站一次设备典型配置 .....	14
第三章 仿真变电站继电保护及自动装置基本原理 .....	17
第一节 变压器继电保护基本原理 .....	17
第二节 输电线路继电保护基本原理 .....	26
第三节 母线保护配置 .....	31
第四节 仿真变电站自动装置 .....	32
第五节 有关电压互感器的二次回路 .....	36
第六节 变电站微机监控与综合自动化 .....	41
第四章 设备操作和行为规范 .....	45
第一节 电力调度规程对设备和运行人员的要求 .....	45
第二节 《国家电网公司电力安全工作规程》对设备和运行人员的要求 .....	45
第三节 对变电站一次设备操作要求 .....	46
第四节 正常操作规范 .....	51
第五节 事故处理规范 .....	53
第五章 仿真变电站设备异常和事故处理 .....	55
第一节 设备异常的处理 .....	55
第二节 重大事故处理 .....	56
第三节 典型设备异常和事故处理 .....	57
第六章 110kV 仿真站典型操作票及事故案例解析 .....	58
第一节 典型操作票解析 .....	58
第二节 典型事故处理案例分析 .....	87
第七章 35kV 仿真站典型操作票及事故案例解析 .....	97
第一节 典型操作票解析 .....	97
第二节 典型事故案例解析 .....	108
第八章 工作票的办理程序和实例 .....	113

第一节	《国家电网公司电力安全工作规程》对工作票办理的基本要求	113
第二节	仿真变电站第一种工作票的填写	114
第三节	工作票实例(参照 110kV 仿真变电站主接线图)	119
<b>第九章</b>	<b>网络版变电仿真系统的安装及使用</b>	121
第一节	安装变电仿真系统	121
第二节	启动仿真变电站	122
第三节	变电仿真系统的操作示例演示	125
第四节	设置故障方法及故障类型	137
第五节	工作票填写(修改)软件	138
<b>第十章</b>	<b>集中培训考核及试卷评价参考指南</b>	140
第一节	上机考试的基本步骤	140
第二节	技能考核评分原则	143
第三节	考试样卷——操作者的事件记录	144
<b>第十一章</b>	<b>35~110kV 仿真变电站考核管理系统</b>	148
第一节	35~110kV 仿真变电站考核管理系统与仿真变电站的关系	148
第二节	系统功能	149
<b>第十二章</b>	<b>二次接线模拟练习</b>	158
附录 A	仿真变电站模块	167
附录 B	仿真变电站常用图纸	174
附录 C	电气常用新旧符号对照表	180
参考文献		201



# 绪 论

## 一、变电站仿真培训的意义

随着电力系统规模的不断扩大,电网结构已经逐步形成了大机组、超高压、跨地区和跨省的密集式电网,因此对电网安全运行的要求越来越高,运行操作也越来越复杂,一旦发生事故不能正确、及时处理,必将会产生严重的后果。为确保电网安全稳定运行,要求变电站运行人员具有较高的技术水平和处理事故的能力。但是电力系统的事故、异常无法在运行设备上预演,因此变电运行人员仅凭工作经验来提高操作技能和事故处理能力是不可能的。而仿真变电站则可以满足运行人员实际动手操作的需要,提高运行人员正确判断和处理事故的能力,防止事故扩大,缩短事故处理时间,保证电网安全稳定运行。因此,仿真培训已经成为目前变电站运行人员最有效的技能培训手段。

## 二、变电站仿真培训的发展历程

早在20世纪60年代初,国外已经开始研制仿真变电站并用于培训。我国最早的仿真技术始于20世纪80年代中期。自90年代以来,随着超高压、大容量机组及变压器的相继投运以及二次设备综合自动化的普及,各电网企业与科研院所联合,结合设备实际情况,相继开发出各种类型的仿真变电站。

变电仿真技术经历了从硬件仿真到软件仿真的发展历程。硬件仿真带有模拟实际监控设备的盘台,是实际变电站主控室的复制品,因而形象直观、现场感强、培训效果好。但大量的硬件设备,存在占用空间大、工程造价高、后期维护工作量大的不足,而且一台仿真机不能供多人同时学习,培训多人时需轮流上机,耗费时间长,培训及考核效率低下。为减少培训成本,提高培训效益,纯软件仿真变电站应运而生。软仿真变电站采用纯软件模式,利用计算机的图形图像及多媒体技术将变电站主控室和一次设备呈现在显示器上,实时显示系统设备潮流分布,所有操作都在计算机上完成,软件系统占用空间小、工程造价低、维护工作量小,通过网络技术,可多台电脑同时运行,相当于每人拥有一台仿真变电站。软件仿真提高了运行人员的培训率,降低了培训成本,从而得以广泛应用。本书就是针对软仿真变电站的培训教材。

## 三、变电站仿真培训的主要内容

仿真变电站的作用是培训变电运行人员的技能,其功能也是围绕变电运行人员的工作性质设置的,具有模拟倒闸操作和事故处理的培训功能。

### 1. 倒闸操作培训功能

倒闸操作是运行人员日常工作内容之一,熟练并正确地进行倒闸操作,是每一个变电运



行人员必备的基本技能。能否正确倒闸操作直接影响着电网的安全运行。在仿真变电站中,如果培训人员出现误操作,与实际变电站一样,会有音响、跳闸断路器指示灯闪光、表计发生相应变化等信息,通过倒闸操作的培训,加深了变电运行人员对倒闸操作重要性的认识。

## 2. 事故处理培训功能

随着一次设备可靠性的提高和微机保护、自动装置的日臻完善,电网的安全性不断提高,设备的故障率有较大的降低,因此值班员现场分析及处理事故的机会变少,应变能力低,因此对培训人员进行异常、事故处理培训是仿真变电站的重中之重。通过仿真培训,可以使变电运行人员在很短的时间内积累丰富的运行经验,见效快、效果好,起到了不可替代的作用。

PC机的普及,为仿真变电站的广泛应用提供了最经济、最方便的平台。无论是地域偏僻的变电站还是个人,只要有一台电脑,都可以安装仿真变电站软件,一人一台仿真机,可以方便、安静地进行思考和操作练习,从而提高值班员的实际操作技能。

## 四、35、110kV 仿真变电站简介

本教材中采用的仿真模式为软仿真变电站,其中省略了常规软仿真变电站中实际设备的外观显示,为纯原理型仿真变电站。特点是设备图形界面少,学习方法简单,操作容易,可以很快掌握一、二次设备操作及事故处理的核心内容,适合于各级变电站值班员学习。另外,软件升级方便,不需要增添或改造任何硬件设施,因此后续投资小。在网络环境下,变电站仿真系统更具有集中培训、考试的功能,以及培训和考试效率高的优势,仿真软件单机版适合单个用户使用,使仿真软件便于普及。

35kV和110kV两个电压等级的仿真变电站软件,是以典型综合自动化变电站为蓝本设计构成的原理型仿真变电站软件,分别命名为“保新35kV变电站”和“保新110kV变电站”。仿真变电站中的一次、二次设备均可通过鼠标操作完成,包括断路器、隔离开关、变压器分接头、保护连接片、断路器和TV的二次熔断器、TA端子、光字牌等,系统同时按顺序自动记录每一步操作及保护动作事件的内容、时间,并生成事件记录。如果发生了误操作,系统在事件记录中,将自动记录下保护及自动装置的动作情况。

35kV和110kV原理型仿真变电站,具备测量、继电保护、自动装置等反应一次系统变化的二次系统,能够对各种操作及事故作出反应,画面与变电站微机监控系统相似。例如在误操作或发生事故的情况下,同时启动事故喇叭响、跳闸或自投的开关闪光、保护动作掉牌、弹出光字、负荷表计发生相应变化等。比实际的综合自动化变电站具有更加丰富的操作内容,有利于变电值班员集中培训或自学。只要拥有一台电脑,就拥有了一个仿真变电站。

其中保新35kV仿真变电站,是专为农网35kV及以下电压等级变电值班员培训而开发的,采用的是农网改造中最典型的一次接线、保护及自动装置配置,主要用于广大的农电系统变电值班员培训。

保新110kV仿真变电站,则选用了110kV变电站中较为复杂的一次接线方式以及保护、自动装置配置。仿真站中一、二次系统的设备,则综合了一些变电站的特点,增加了知识点,以有利于培养值班员全方位综合考虑问题的思维模式。例如110kV部分采用双母线带旁路接线方式,两路电源进线非并列运行,配置自投装置互为备用,目的在于增加操作中应考虑到的知识点,尤其是对保护和自动装置配合一次操作的投退原理、时机的掌握,增加了

倒闸操作和事故处理的知识点和处理问题的难度。倒闸操作与二次部分的配合问题往往是值班员的知识薄弱点，也是区分值班员专业水平的一个分界点，所以 110kV 变电站仿真系统软件更适合培养和训练高级值班员处理问题的能力。

为全面学习变电站生产技能，35kV 和 110kV 原理型仿真变电站的操作界面上，还增加了如下仿真培训功能：

- (1) 工作票办理仿真培训功能。
- (2) 二次识图练习功能。
- (3) 变电站相关的规程阅览功能。

## 第一章

## 仿真变电站一次系统及继电保护配置

## 第一节 110kV 仿真变电站一次系统及继电保护配置

## 一、110kV 仿真变电站一次主接线及运行方式

## 1. 主接线方式

110kV 仿真变电站电压等级为 110kV/35kV/10kV，共两台变压器，容量均为 31 500kVA。110kV 侧为双母线带旁路接线，35kV 和 10kV 均为单母线分段接线。主接线见图 1-1。

110kV 电源进线 2 回，定名为“定保 161 线”、“定保 162 线”；110kV 负荷馈线 2 回，定名为“保大 163 线”、“保满 164 线”。

35kV 负荷馈线 3 回，定名为“保灵 361 线”、“保双 362 线”和“保高 364 线”。

10kV 负荷馈线 2 回，定名为“保李 561 线”、“保贾 564 线”。

两台站用变压器和两组电容器分别连接于 10kV I、II 段母线上。

## 背景知识

(1) 双母线优点：母线检修，线路不停电。

当母线上进馈线回路数多于 6 回时，一般采用双母线接线。相对于单母线分段的优点是：电源进线和负荷馈线平均分配在两条母线上，当任一母线停运时，通过倒母线操作，将待停运母线上的电源和负荷线路倒至另一母线上运行，而线路不用停电。而单母线分段接线方式的母线停运检修时，所连接线路必须全部停电。当母线上进馈线较多时，采用双母线则比较灵活，但因每条线路多一组母线侧隔离开关，使得设备投资较大。

注意倒母线操作时必须保障两条母线呈并列状态。

(2) 配置旁路转代母线优点：断路器检修，线路不停电。

110kV 母线采用双母线带旁路母线接线方式，当 110kV 母线上任一台断路器故障或检修必须退出运行时，为了保障所在线路不停电，可用旁路断路器通过旁路母线转代该断路器运行。此旁路断路器为所有 110kV 侧断路器所共用，通过转代操作，可代替 110kV 母线上任何一台断路器运行。转代操作时，对所转代的线路，其保护、自动装置等二次回路也必须作相应投退切换，因此操作较为复杂。

## 2. 正常运行方式

变压器：1 号变压器运行，2 号变压器热备用。

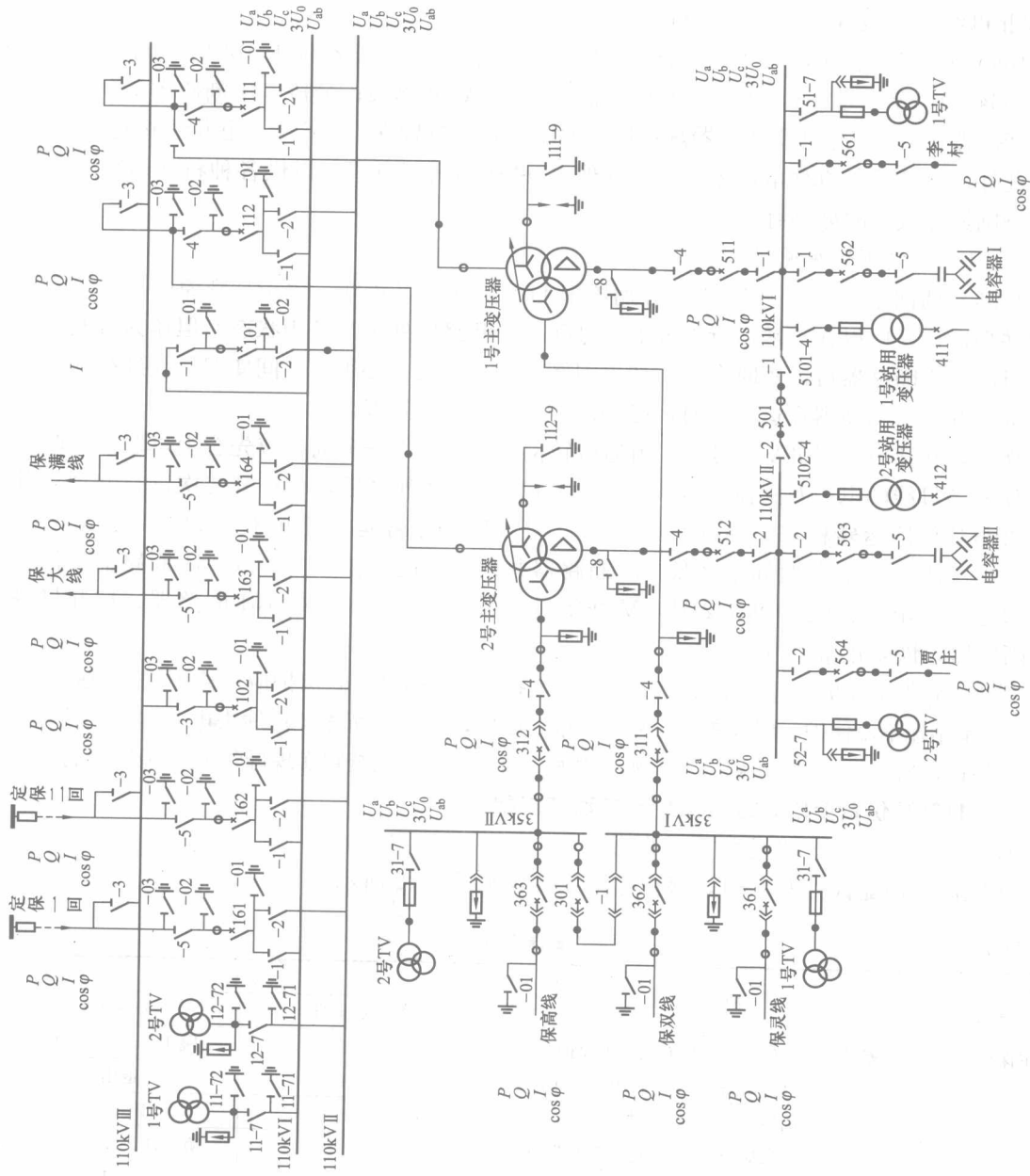


图 1-1 110kV 仿真变电站主接线图

110kV 侧：161、163、111 断路器和 110kV 1 号 TV 在 110kV I 母线运行；162、164、112 断路器、110kV 2 号 TV 在 110kV II 母线运行；母联 101 断路器可自投，正常方式下热备用；旁路 102 断路器在 I 母线热备用。

35kV 侧：311、361、362、1 号 TV 接于 35kV I 母线；312、363、2 号 TV 接于 35kV II 母线；分段 301 断路器运行。

10kV 侧：511、561、562、10kV 1 号 TV、1 号站用变压器接于 10kV I 母线；512、563、564、10kV 2 号 TV、2 号站用变压器接于 10kV II 母线；分段 501 断路器运行；1 号站用变压器运行，2 号站用变压器热备用。两组电容器分别在 10kV I、II 母线运行。

此外，110kV 仿真变电站还设置了其他 13 种初始运行方式，以供各种特殊运行方式下进行倒闸操作或事故处理练习。

### 3. 110kV 电源进线说明

110kV 两回电源进线 161、162 分别接于 110kV I、II 母线。由于特殊原因，不允许长时间并列运行，所以在正常运行方式下，母联 101 断路器处于热备用状态，但作为过渡性操作，母联 101 断路器可以短时合入。如果因倒闸操作需要，必须长时间使双母线处在并列状态，即母联 101 断路器在运行位时，必须停运 161 或 162 进线之一。

例如，在执行“110kV 2 号 TV 由运行转检修”的操作任务前，应先合上母联 101 断路器，使两条母线的电压互感器 1 号 TV、2 号 TV 一次并列之后，再将其二次进行并列，其后将 2 号 TV 停运转检修。在这种 110kV 2 号 TV 处于停运状态的整个过程中，必造成 162、161 两回进线较长时间由母联 101 断路器并列，因此应拉开 162 或 161 断路器，使其中一回进线停电，直到 110kV 2 号 TV 恢复运行后，再合上 162 或 161 断路器、拉开母联 101 断路器，恢复正常运行方式。

另外，在继电保护运行的相关规定中，凡是单侧电源的受电侧保护应一律停用，因此 161、162 线路本站端不设保护。但因考虑这两条线路失压后，会造成所连接母线失电，本仿真站配置了自投装置，当 161 或 162 线路任一电源失电时，可以启动自动装置实现母联 101 断路器自投。

## 二、110kV 仿真变电站继电保护及自动装置配置

### 1. 变压器保护配置及连接片联络图

变压器保护配置见表 1-1，保护连接片联络如图 1-2 所示。

表 1-1 变压器保护配置

变压器保护配置	保护类型		保护功能	
			1 号变压器	2 号变压器
主保护	差动、瓦斯保护（包括有载开关保护）		跳 111、311、511	跳 112、312、512
后备保护	高压侧	高压后备（零序/过电流）I 段	退出	退出
		高压后备（零序/过电流）II 段	跳 111	跳 112
		高压后备（零序/过电流）III 段	跳 111、311、511	跳 112、312、512
		间隙过电流保护	跳 111、311、511	跳 112、312、512
	中压侧	中压后备 I 段	跳 301	跳 301
		中压后备 II 段	跳 311	跳 312
	低压侧	低压后备 I 段	跳 501	跳 501
		低压后备 II 段	跳 511	跳 512

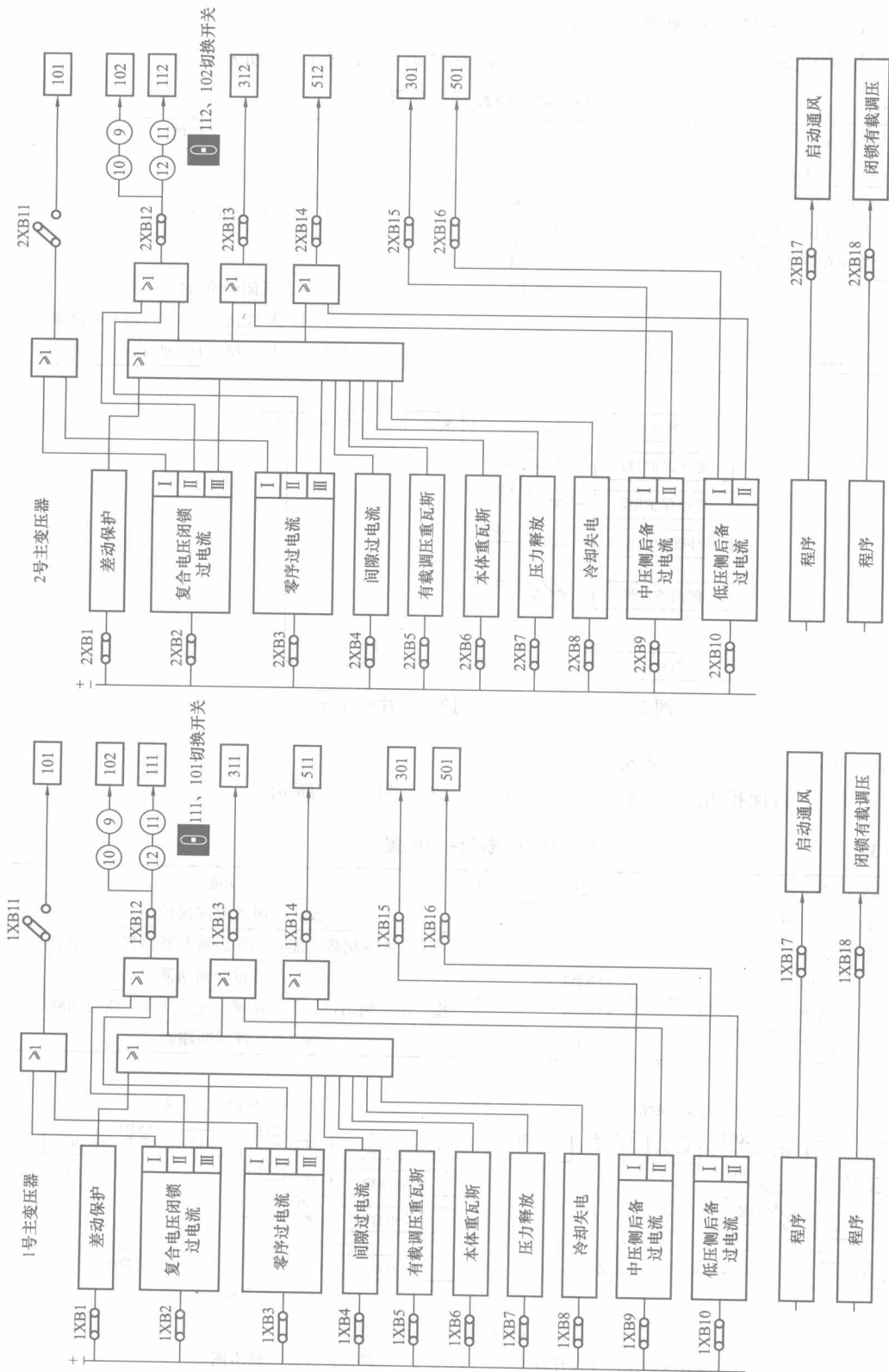


图 1-2 变压器保护连接片联络图

## 2. 110kV 输电线路保护配置及连接片联络图

110kV 输电线路保护配置见表 1-2，保护连接片联络如图 1-3 所示。

表 1-2 110kV 输电线路保护配置

110kV 输电线路保护配置	保护连接片	保护功能
三段式距离保护	13XB1	跳开 110kV 线路 (163/164) 断路器
四段式零序保护 I 段	13XB2	
四段式零序保护 II 段	13XB3	
四段式零序保护 III/IV 段	13XB4	
闭锁重合闸	13XB7	投入后闭锁重合闸保护功能
重合闸装置出口	13XB9	重合 110kV 线路 (163 或 164) 断路器
跳闸总出口	13XB8	跳开 110kV 线路 (163 或 164) 断路器

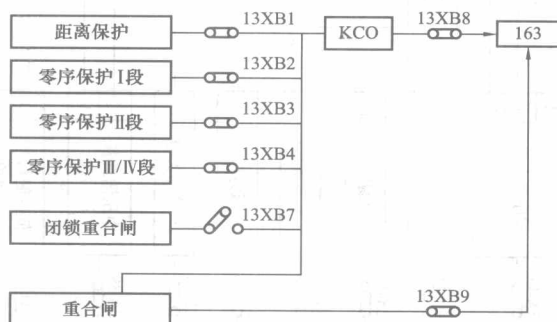


图 1-3 110kV 线路保护连接片联络图

## 3. 35、10kV 线路保护配置及连接片联络图

35、10kV 线路保护配置见表 1-3，连接片联络如图 1-4 所示。

表 1-3 35、10kV 线路保护配置

35、10kV 线路保护配置	保护连接片	保护功能
三段式电流保护	31XB1	投入三段式电流保护
低频减载	31XB2	投入低频减载功能，动作后跳开断路器不再重合
闭锁重合闸装置	31XB3	投入闭锁重合闸功能
重合闸装置	31XB5	投入重合闸出口，保护跳闸后重合 35kV 馈线断路器
跳闸总出口	31XB4	跳 35kV 馈线断路器

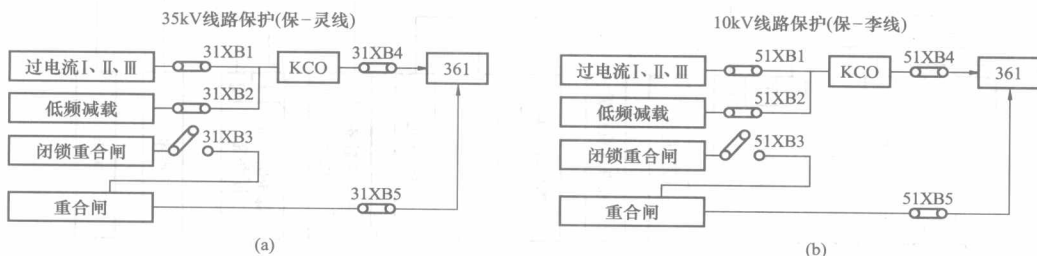


图 1-4 35、10kV 线路保护连接片联络图

(a) 35kV 线路保护连接片联络图；(b) 10kV 线路保护连接片联络图

#### 4. 母线保护

对于 110kV 及以下电压等级地区性负荷性质的变电站母线，一般不设置专门的母线保护，而利用供电元件的保护切除母线故障。110kV 仿真变电站的各级电压母线保护，都是利用供电元件的保护装置切除母线故障的。

在仿真变电站中，110kV I 或 II 母线发生故障时，分别由 161 或 162 线路对侧电源保护给予切除；35kV 或 10kV I 或 II 母线故障，则相应由变压器的中、低压侧后备保护跳开其本侧断路器给予切除。见图 1-2，变压器中、低压侧跳分段 301 (501) 和 311 (511) 断路器的出口连接片，即作为中、低压侧母线的后备保护出口。

#### 5. 备用电源自动投入装置

电源进线 161、162 线路采用分列运行方式，母联 101 断路器热备用。161、162 断路器与 101 断路器之间设置自投逻辑关系，当任一回路失电时，由备用电源自投装置跳开失压线路断路器，自动投入母联 101 断路器。

## 第二节 35kV 仿真变电站一次系统及继电保护配置

### 一、35kV 仿真变电站一次主接线及运行方式

#### 1. 主接线方式

35kV 仿真变电站电压等级为 35kV/10kV，两台变压器。1 号变压器容量 6300kVA，2 号变压器容量 10 000kVA。35kV 和 10kV 侧均为单母分段接线形式。

35kV 进线 I 回，定名为“东保 361 线”；馈线 3 回分别定名为“保西线 362”、“保南线 363”和“保北线 364”。10kV 馈线 4 回，定名为“保尹 561 线”、“保李 562 线”、“保夏 563 线”和“保宋 564 线”。

35kV 侧共两台站用变压器：1 号站用变压器作为工作变压器，连接于 35kV I 段母线进线端；2 号站用变压器作为备用，连接于 10kV I 段母线。两台站用变压器在低压 380V 侧通过自动装置可实现互投。

两组 10kV 补偿电容器分别连接于 10kV I、II 段母线。

35kV 仿真变电站主接线见图 1-5。虚框部分为站用变压器的低压 380V 侧的接线，由此图可以直观看到两台站用变压器在低压侧 380V 互为备用的接线关系。

#### 2. 正常运行方式

变压器：1 号变压器运行，2 号变压器热备用。

35kV 侧：361、362、311 断路器和 35kV 1 号 TV 接于 35kV I 段母线；363、364、312 断路器和 35kV 2 号 TV 接于 35kV II 母线。分段 301 断路器在合闸位置。1 号工作站用变压器接于 361 进线电源侧运行。

10kV 侧：561、562、511 和 10kV 1 号 TV、2 号站用变压器接于 10kV I 段母线；563、564、512 和 10kV 2 号 TV 接于 10kV II 段母线；分段 501 断路器运行；2 号站用变压器热备用。两组电容器分别接于在 10kV I、II 段母线运行。

35kV 仿真变电站还设置了另外 8 种特殊运行方式，可供倒闸操作或事故处理预演的训练。



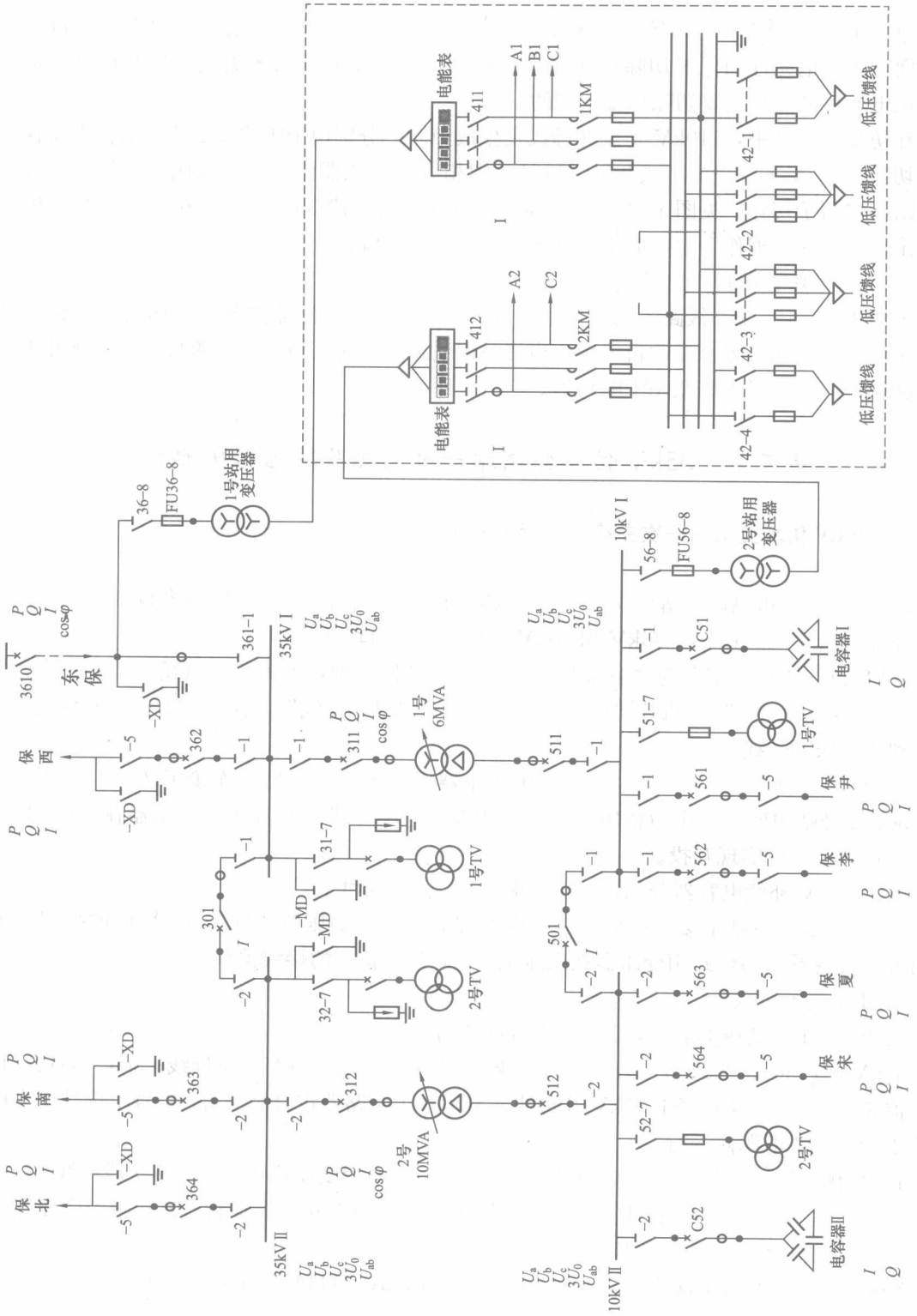


图 1-5 35kV 仿真变电站主接线图