

继电保护丛书

母线保护

王春生 卓乐友 艾素兰 编著

水利电力出版社

继电保护丛书
母 线 保 护

王春生 卓乐友 艾素兰 编著

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 14.25印张 312千字

1987年9月第一版 1987年9月北京第一次印刷

印数 0001—8750册 定价**2.90元**

书号 15143·6276

内 容 提 要

本书是继电保护丛书之一，专门介绍发电厂和变电所的各种母线（双母线、 $1\frac{1}{2}$ 断路器母线、多分段双母线和角形母线）的继电保护。主要包括几种常用的母线保护方式（电流差动母线保护、母联电流比相母线保护、电流相位比较母线保护、带制动特性的母线保护等）的工作原理、接线方式、整定计算和运行特点；各种母线接线方式的断路器失灵保护；旁路、母联和分段断路器的保护；提高母线保护可靠性的措施；电流互感器的稳态和暂态特性分析；母线保护的二次回路等。

本书可供从事继电保护的工作人员和大专、中专院校的有关专业师生在工作或教学中参考。

前 言

母线是发电厂和变电所的重要组成部分。母线发生故障，将造成发电厂和变电所停电，以至对电力系统的安全运行带来严重的影响。因此，根据不同的母线方式，装设适宜的母线保护，并从接线设计、设备制造和运行维护等方面提高母线保护的可靠性，是保证电力系统安全运行的重要措施。

本书从分析各种母线接线方式和各种母线故障的特点出发，较详细地介绍了常用的几种母线保护方式（如电流差动母线保护、母联电流比相母线保护、电流相位比较母线保护，以及发电机电压母线的不完全电流差动保护）的工作原理、接线方式、整定计算和运行特点等。书中还介绍和分析了其他的母线保护方式，如电压差动母线保护、带制动特性母线保护等的原理和特点。

随着电力系统的发展，角形母线、 $1\frac{1}{2}$ 断路器母线和四分段双母线的应用越来越广泛，书中对这些母线方式的特点和相应的母线保护也分别作了介绍。

在断路器失灵或故障发生在断路器与电流互感器之间时，如不采取专门的保护措施，必然会使电力系统酿成重大事故。为此书中介绍了各种母线方式的失灵保护接线的构成方式和特点。

由于电力系统的不断发展，短路电流的增大以及短路电流中直流分量的存在，使电流互感器的铁芯发生饱和，有可

能导致母线保护误动作。本书亦介绍了稳态电流下电流互感器的误差校验，暂态电流下电流互感器二次电流和磁通的变化规律，带气隙电流互感器的特性，电流互感器暂态过程对继电保护的影响等。

书中还介绍了提高母线保护可靠性的各种措施，以及母线保护二次回路的特点等。

本书由王春生（第1、3、5、6、8、9、11、12、13章）、卓乐友（第2、7、10、13章）和艾素兰（第3、4章）编写，由王春生主编。由于作者水平有限，书中难免存在缺点和错误，希望广大读者批评指正。

作 者

1985年6月

目 录

前 言

第一章 母线保护的应用	1
1-1 发电厂和变电所的母线方式	1
一、单母线和分段单母线	1
二、双母线	2
三、角形母线	4
四、 $1\frac{1}{2}$ 断路器母线	5
五、多分段母线	5
1-2 母线保护的重要性	6
一、母线的短路故障	6
二、装设母线保护的必要性	9
1-3 对母线保护的要求	12
一、母线保护的可靠性	12
二、母线保护的选择性	13
三、母线保护的速动性	13
四、电流互感器的配置	14
五、母线保护与其他保护的配合	17
第二章 发电厂和变电所的非专用母线保护	19
2-1 电流和电压母线保护	19
一、变电所低压单母线的保护	19
二、变电所低压分段单母线的保护	20
三、发电厂低压分段单母线的保护	22
四、变电所的电流和电压母线保护	23
2-2 功率方向母线保护	25
第三章 电流差动式母线保护	28
3-1 单母线电流差动保护	28
一、电流差动母线保护的工作原理	28
二、单母线电流差动保护的接线	32
3-2 元件固定连接的双母线电流差动保护	55
一、元件固定连接的双母线电流差动保护的应用	55
二、双母线电流差动保护的接线	56
三、双母线电流差动保护的動作行为	62

四、破坏固定连接时母线保护的特点	68
五、母线电流差动保护与线路保护和自动装置的配合	71
六、电流互感器变流比不相同时的措施	77
七、双母线电流差动保护的校验	79
八、双母线电流差动保护的评价	85
3-3 母线电流差动保护的计算	86
一、起动元件	86
二、选择元件	88
三、交流电流回路断线闭锁元件	88
四、电压闭锁元件	89
五、母线充电保护	90
第四章 母联电流比相式母线保护	91
4-1 母联电流比相式母线保护	91
一、母联电流比相式母线保护的工作原理	91
二、母线保护的起动元件	93
三、母线保护的选择元件	96
四、母联电流比相式母线保护的接线	106
五、母联电流比相式母线保护的動作行为	109
六、母联电流比相式母线保护的校验	111
七、母联电流比相式母线保护的评价	116
4-2 正序电压选择元件	117
一、辅助选择元件的应用	117
二、选择元件的動作量	118
三、正序电压比较元件的接线	120
四、各种短路情况下正序电压差值的计算	123
第五章 电流相位比较式母线保护	130
5-1 JMC型相位比较式母线保护	130
一、电流相位比较式母线保护的工作原理	130
二、相位比较元件	133
三、电压闭锁元件	139
四、母线保护的切换回路	141
五、相位比较式母线保护应用中的问题	142
5-2 JXM型相位比较式母线保护	143
一、JXM型母线保护的方框图	143
二、高电平检测元件和相电流方波形成回路	147
三、差动电流方波形成回路	149
四、相位比较和出口回路	152

五、相位比较元件的闭锁角	154
第六章 其他母线保护方式	157
6-1 带制动特性的母线保护	157
一、带制动特性母线保护的特点	157
二、制动系数和灵敏系数	160
三、带制动特性继电器的组成方式	164
四、带制动特性的电流差动母线保护	166
五、快速动作的比例差动继电器	172
六、7 S S 10型比例差动继电器	175
6-2 电压差动母线保护	186
一、电压差动母线保护的特点	186
二、电压差动母线保护的動作分析	188
三、电压差动母线保护的评价和注意事项	192
6-3 线性互感器构成的母线保护	194
一、线性互感器构成母线保护的应用	194
二、线性互感器构成母线保护的特点	197
6-4 封闭母线的保护	200
一、封闭式母线的保护	200
二、发电机封闭母线的保护	205
6-5 相位比较比例差动母线保护	206
一、母线短路时的电流分布	206
二、相位比较比例差动式母线保护	207
6-6 电流差动母线保护特性的分析	215
一、电流差动母线保护	216
二、比例差动母线保护	217
三、最大通过电流制动母线保护	219
四、比例制动母线保护	220
五、大电流范围制动母线保护	221
六、大电流范围综合制动母线保护	223
第七章 发电厂和变电所的 6 ~ 10 k V 母线保护	225
7-1 发电厂的 6 ~ 10 k V 母线保护	225
一、发电厂的 6 ~ 10 k V 母线方式	225
二、不完全差动母线保护的接线	226
三、不完全差动母线保护的計算	234
四、分段断路器的保护	241
7-2 变电所的 6 ~ 10 k V 母线保护	242

第八章 1 $\frac{1}{2}$ 断路器母线和多分段双母线的保护 245

8-1 1 $\frac{1}{2}$ 断路器母线方式的特点 245

一、1 $\frac{1}{2}$ 断路器母线方式的应用 245

二、1 $\frac{1}{2}$ 断路器母线方式的特点 247

8-2 1 $\frac{1}{2}$ 断路器母线方式电流互感器和电压互感器的配置 251

一、电流互感器的配置 251

二、电压互感器的配置 261

8-3 1 $\frac{1}{2}$ 断路器母线方式两组电流互感器带来的影响 264

一、电流互感器比值误差的影响 265

二、电流互感器汲出电流的影响 267

8-4 1 $\frac{1}{2}$ 断路器母线方式两组断路器带来的影响 268

一、重合闸应用的影响 268

二、继电保护的布置和检修 270

8-5 1 $\frac{1}{2}$ 断路器母线的保护 271

一、1 $\frac{1}{2}$ 断路器母线保护的特点 271

二、1 $\frac{1}{2}$ 断路器母线的保护 273

8-6 四角形接线的保护 278

一、电流互感器的配置 278

二、电压互感器的配置 279

8-7 四分段双母线的保护 282

一、四分段双母线的特点 282

二、四分段双母线的保护 284

第九章 断路器失灵保护 287

9-1 断路器失灵保护的实现原则 287

一、断路器失灵保护的应用 287

二、远后备和近后备保护 291

三、断路器失灵保护的设计原则 294

四、断路器失灵保护接线的组成 295

9-2 双母线的失灵保护 304

一、双母线失灵保护接线方式之一 304

二、双母线失灵保护接线方式之二 309

三、双母线失灵保护接线方式之三 316

四、双母线失灵保护接线方式之四	319
9-3 分段单母线的失灵保护	321
9-4 四角形母线的失灵保护	324
一、四角形母线失灵保护接线方式之一	324
二、四角形母线失灵保护接线方式之二	327
9-5 1 $\frac{1}{2}$ 断路器母线的失灵保护	329
一、1 $\frac{1}{2}$ 断路器母线失灵保护的特点	329
二、1 $\frac{1}{2}$ 断路器母线失灵保护的接线	333
9-6 四分段双母线的失灵保护	335
一、四分段双母线失灵保护的特点	335
二、四分段双母线失灵保护的直流回路接线	337
第十章 旁路、母联和分段断路器的保护	339
10-1 旁路断路器的保护	339
一、220kV旁路断路器的保护	339
二、35~110kV旁路断路器的保护	343
10-2 母联断路器的保护	343
一、220kV母联断路器的保护	343
二、35~110kV母联断路器的保护	344
10-3 分段断路器的保护	345
一、220kV分段断路器的保护	345
二、35~110kV分段断路器的保护	345
第十一章 提高母线保护可靠性的措施	348
11-1 提高可靠性的一般措施	348
一、母线保护方式的选择	348
二、电流互感器的选择	349
三、母线保护的直流电源	350
四、母线保护的双重化	350
五、母线保护的闭锁措施	351
11-2 长期监视方式	351
一、自动监视技术的应用	351
二、长期监视的几种方式	353
11-3 自动检测方式	360
一、自动检测的几种方式	360
二、自动监视	367

第十二章 电流互感器的稳态和暂态特性371

12-1 电流互感器的稳态特性371

- 一、电流互感器的比值误差和相角误差371
- 二、电流互感器的10%误差曲线375
- 三、校验电流互感器误差的其他方法383
- 四、减小电流互感器误差的方法387
- 五、电流互感器的汲出电流388

12-2 电流互感器的暂态特性390

- 一、电流互感器的暂态二次电流390
- 二、电流互感器的暂态磁通398

12-3 带气隙电流互感器的特性410

- 一、带气隙电流互感器的特点410
- 二、带气隙电流互感器的时间常数412
- 三、带气隙电流互感器的稳态特性413
- 四、带气隙电流互感器的暂态特性414
- 五、具有大气隙的电流互感器416
- 六、影响电流互感器暂态特性的因素417

12-4 电流互感器暂态特性对继电保护的影响419

- 一、二次电流的简化波形419
- 二、反应电流有效值的电流元件420
- 三、反应电流平均值的电流元件421
- 四、方向元件422
- 五、电流相位元件423
- 六、阻抗元件424
- 七、电流相位比较元件425

第十三章 母线保护的二次回路427

13-1 母线保护的交流回路427

- 一、交流电流回路427
- 二、交流电压回路435

13-2 母线保护的直流回路440

第一章 母线保护的应用

1-1 发电厂和变电所的母线方式

母线是发电厂和变电所的重要组成部分。在母线上连接着发电厂和变电所的发电机、变压器、输电线路、配电线路和调相设备等，母线工作的可靠性将直接影响发电厂和变电所工作的可靠性。此外，变电所的高压母线也是电力系统的中枢部分，如果母线的短路故障不能迅速地被切除，将会引起事故扩大，破坏电力系统的稳定运行，造成电力系统的瓦解事故。因此，母线方式及母线保护方式的选择和运行，是保证电力系统安全运行的重要环节之一。

发电厂和变电所母线方式的选用，应根据该发电厂或变电所在电力系统中所处的地位、母线的工作电压、连接元件的数量和设备投资等条件来确定。母线的接线方式很多，这里只介绍国内常用的几种母线方式。

一、单母线和分段单母线

图 1-1 相应地示出单母线和分段单母线的接线。在发电厂和变电所中，如 $110\sim 220\text{ kV}$ 配电装置的出线不超过 4 回时，一般采用分段单母线接线； $35\sim 60\text{ kV}$ 的配电装置，当出线为 2 回以上时，一般采用分段单母线或单母线接线；变电所的 $6\sim 10\text{ kV}$ 配电装置，一般采用分段单母线或单母线接线。

发电厂的发电机电压母线一般采用分段方式，并用分段断路器连接。如每段母线上的发电机容量为 12000 kW 时，一

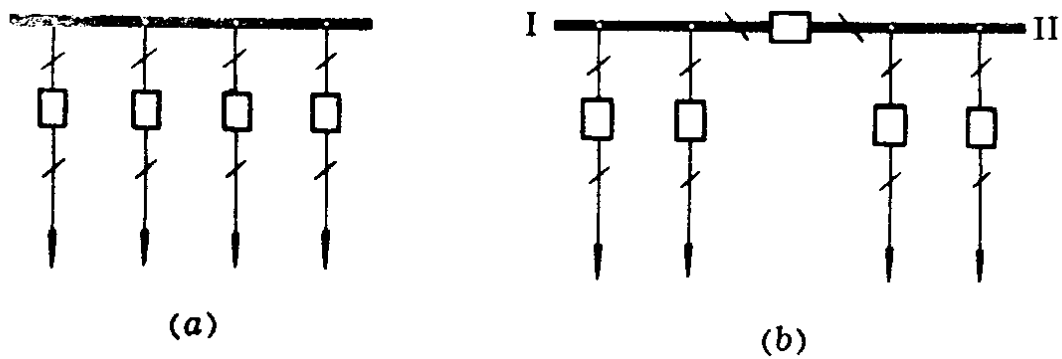


图 1-1 单母线和分段单母线

(a) 单母线; (b) 分段单母线

一般采用单母线。为了限制短路电流，可在母线分段回路中装设电抗器（图 1-2）。

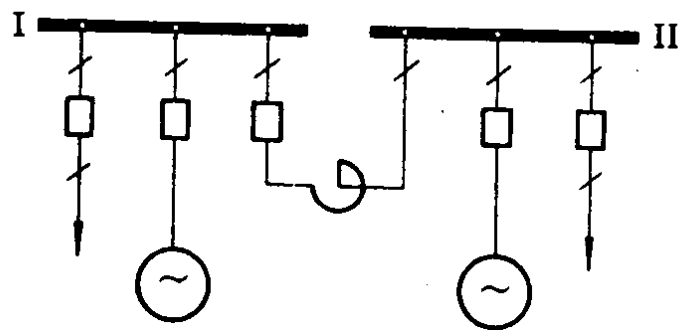


图 1-2 发电厂的分段单母线

单母线的接线简单，占地小，投资少，但在母线检修或发生短路时将使全厂或全所停电。分段单母线在检修或发生短路时，仍可使大约一半的连接元件继续运行。

二、双母线

在发电厂或枢纽变电所中，当 $110 \sim 220$ kV 出线在 4 回及以上时，一般采用双母线接线。对于 $35 \sim 60$ kV 配电装置，如出线回数较多、连接的电源较多、负载较大等，亦可采用双母线。双母线接线如图 1-3 (a) 所示。

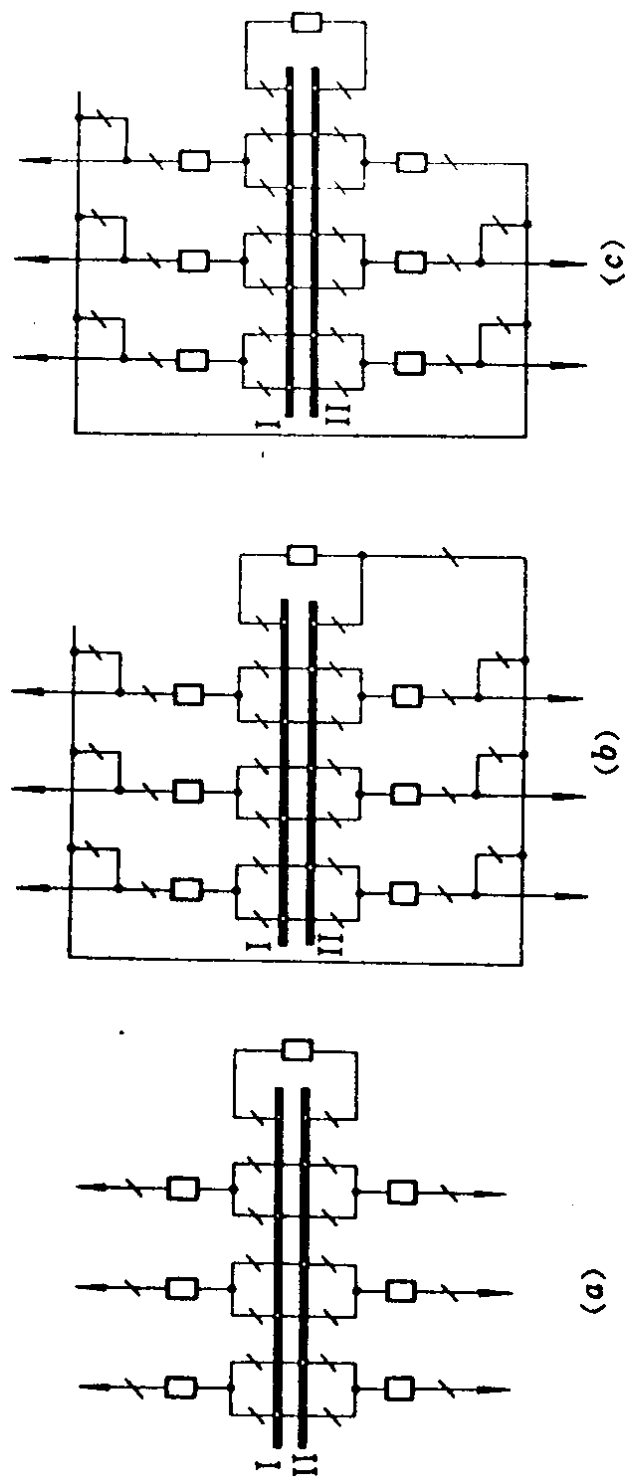


图 1-3 双母线接线方式
 (a)双母线方式; (b)母联兼旁路断路器方式;
 (c) 母联及专用旁路断路器方式

在110~220 kV 电网中，由于输送容量大，断路器的大修日期都在15天以上，一般均设旁路母线。例如双母线并用母联断路器兼作旁路断路器的接线，如图1-3(b)所示。当220 kV 出线为5 回及以上或110 kV 出线为7 回及以上时，一般装设专用的旁路断路器。在枢纽变电所中，当220 kV 出线为4 回及以上或110 kV 出线为6 回及以上时，也可装设专用的旁路断路器，母线接线如图1-3(c)所示。

双母线的操作和运行比较灵活可靠，目前国内的110 ~ 220 kV 母线，大部分采用这种接线方式。很多情况下将双母线作为分段的单母线方式运行，当一组母线发生短路故障时，另一组母线仍可继续工作。

三、角形母线

当进出线的回数不多并且最终规模比较明确时，可采用

多角形接线。为了减少开环解列的可能性，以及在不同开环的运行方式下避免使继电保护的运行复杂化，一般只采用四角形或五角形接线。为了提高运行可靠性，线路和变压器按对角的原则接入，接线如图1-4所示。

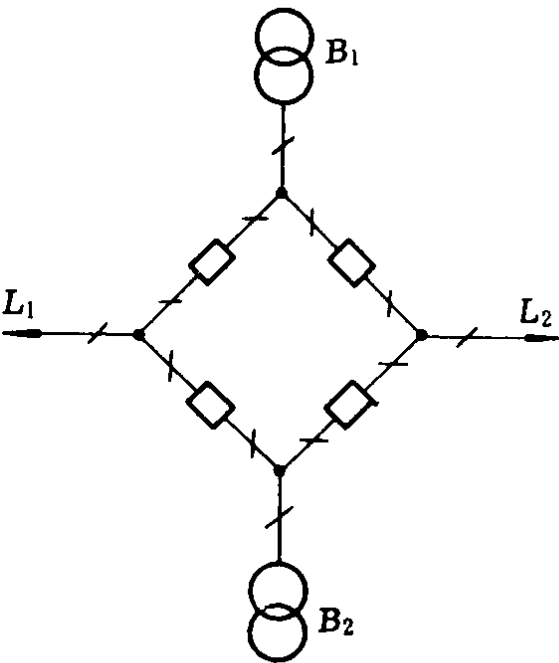


图 1-4 四角形母线方式

在多角形母线方式中，在设计变压器和线路的继电保护时，通常将母线部分包括在变压器和线路的保护范围之内。因此在多

角形接线的母线中，一般不装设专用的母线保护装置。

四、 $1\frac{1}{2}$ 断路器母线

为进一步提高发电厂和变电所的运行可靠性，使在发生母线短路以及在断路器失灵时，将停电范围限制到最小，330 ~ 500 kV 及部分 220 kV 母线采用了 $1\frac{1}{2}$ 断路器母线方式（见图

1-5）。这种母线方式的可靠性高，一次回路操作灵活，任一组母线发生短路故障时不影响变电所的安全运行。但该母线方式所需的一次设备多，造价高，继电保护和二次回路的接线复杂，因此主要在超高压变电所中推广使用。

五、多分段母线

在超高压变电所或 220 kV 出线回数较多的变电所中，为在母线发生短路故障时将停电范围限制到最小，采用了多分段母线。图 1-6 示出四分段双母线方式。在任一段母线发生短路故障时，可将停电范围限制到约为全部连接元件数的四分之一。

但这种母线方式需要的一次设备较多，造价较高。

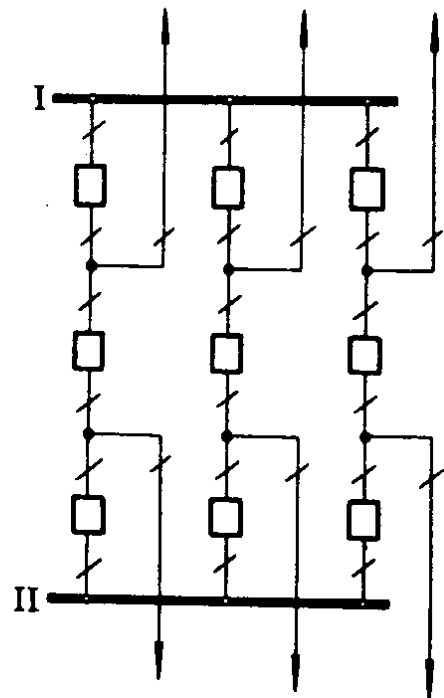


图 1-5 $1\frac{1}{2}$ 断路器母线方式

本书将在上述母线方式的范围内，讨论各种原理的母线保护和断路器失灵保护方式。

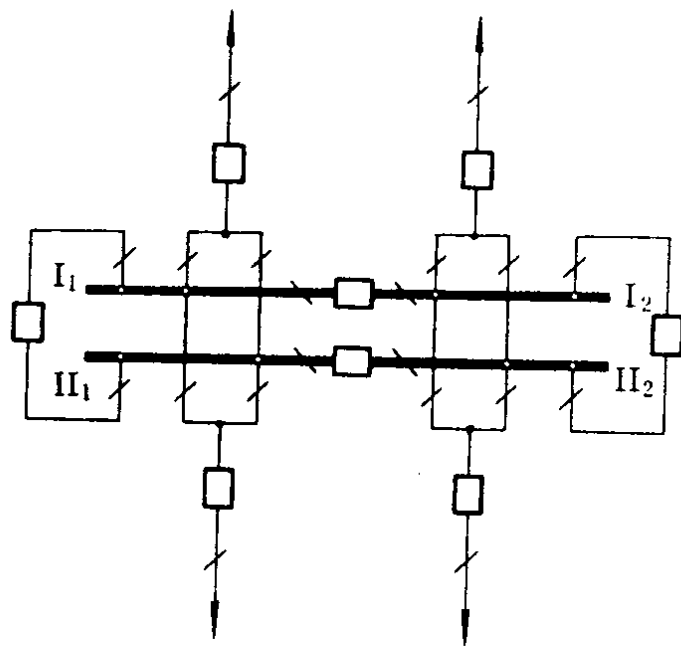


图 1-6 四分段双母线方式

1 - 2 母线保护的重要性

一、母线的短路故障

与暴露在野外的输电线路相比，母线发生故障的次数较少。但是与其他电气设备相同，母线及其绝缘子也存在着由于绝缘老化、污秽和雷击等引起的短路故障，此外还可能发生由值班人员误操作而引起的人为故障。因此母线的短路故障在电力系统故障次数中仍占有一定的比例，并且所造成的后果十分严重。据国内某电网1970~1976年的统计，在220 kV 电网中发生的122次故障中，母线故障为16次，占故障总数的13.1%。表1-1列出由国外统计所得的各不同工作电压母线的故障发生率的资料。

母线上发生的短路故障可能是各种类型的接地和相间短