

容量、台数,要避免两次变压而增加电能损失。年运行费用少,年运行费用包括电能损耗费、折旧费及大、小修费用等。

变电站电气主接线的可靠性、灵活性和经济性是一个综合概念,不能单独强调其中的某一种特性,也不能忽略其中的某一种特性。但根据变电站在系统中的地位和作用的不同,对变电站电气主接线的性能要求也有不同的侧重。例如,系统中的超高压、大容量发电厂和枢纽变电站,因停电会对系统和用户造成重大损失,故对其可靠性要求就特别高;系统中的中小容量发电厂和中间变电站或终端变电站,因停电对系统和用户造成的损失较小,这类变电站数量特别大,故对其主接线的经济性就要特别重视。

任务二 主接线的基本接线形式及特点

认知1 电气主接线的基本类型分类

母线是接受和分配电能的装置,是电气主接线和配电装置的重要环节。电气主接线一般按有无母线分类,即分为有母线 and 无母线两大类。

一、有母线的主接线

有母线的主接线形式包括单母线和双母线。单母线又分为单母线不分段、单母线分段[图 11-1(b)]、单母线分段带旁路母线等形式;双母线分为普通双母线[图 11-1(a)]、双母线分段、双母线带旁路等;3/2 接线,又叫一台半断路器接线。

二、无母线的主接线形式

其主要有单元接线、桥形接线和角形接线等。

认知2 单母线接线的特点及适用范围

一、单母线不分段接线

1. 接线特点分析

图 11-3 所示为单母线接线,各电源和出线都接在同一条公共母线 WB 上,其供电电源在发电厂是发电机或变压器,在变电站是变压器或高压进线回路。母线既可以保证电源并列工作,又能使任一条出线都可以从任一电源获得电能。每条回路中都装有断路器和隔离开关,紧靠母线侧的隔离开关(如 QSB)称为母线隔离开关,靠近线路侧的隔离开关(如 QSL)称为线路隔离开关。使用断路器和隔离开关可以方便地将电路接入母线或从母线上断开。

操作示例:

(1) 当检修断路器 QF 时,可先断开 QF,再依次拉开其两侧的隔离开关 QSL、QSB。在 QF 两侧挂上接地线,以保证检修人员的安全。图中 QSS 是接地隔离开关,其作用同接地线。

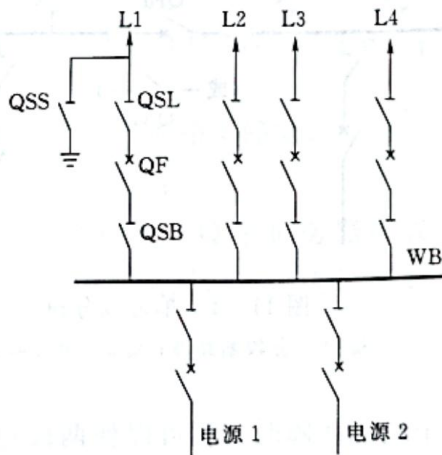


图 11-3 单母线接线

(2) 当 QF 恢复送电时, 应先合上 QSB、QSL, 后合 QF。

上述操作要注意 QSB 和 QSL 的操作顺序。

2. 单母线接线的优、缺点

(1) 优点。接线简单、清晰、设备少、投资小、运行操作方便且有利于扩建。隔离开关仅在检修电气设备时作隔离电源用, 不作为倒闸操作电器, 从而避免因用隔离开关进行大量倒闸操作而引起的误操作事故。

(2) 缺点。

1) 母线或母线隔离开关检修时, 连接在母线上的所有回路都将停止工作。

2) 当母线或母线隔离开关上发生短路故障或断路器靠母线侧绝缘套管损坏时, 所有断路器都将自动断开, 造成全部停电。

3) 当检修任一电源或出线断路器时, 该回路必须停电。

3. 单母线接线使用范围

1) 6~10kV 配电装置的出线回路不超过 5 回。

2) 35~66kV 配电装置的出线回路不超过 3 回。

3) 110~220kV 配电装置的出线回路不超过 2 回。

二、单母线分段接线

出线回路数增多时, 可用断路器将母线分段, 成为单母线分段接线, 如图 11-4 所示。根据电源的数目和功率, 母线可分为 2~3 段。段数分得越多, 故障时停电范围越小, 但使用的断路器数量越多, 其配电装置和运行也就越复杂, 所需费用就越高。

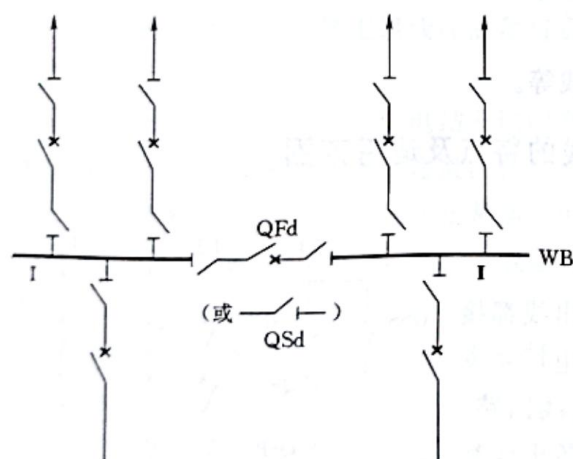


图 11-4 单母线分段接线

QFd—分段断路器; QSD—分段隔离开关

1. 接线特点分析

如图 11-4 所示, 正常运行时, 单母线分段接线有两种运行方式。

(1) 分段断路器闭合运行。正常运行时分段断路器 QFd 闭合, 两个电源分别接在两段母线上; 两段母线上的负荷应均匀分配, 以使两段母线上的电压均衡。在运行中, 当任一段母线发生故障时, 继电保护装置动作跳开分段断路器和接至该母线段上的电源断路器, 另一段则继续供电。

一个电源故障时, 仍可以使两段母线都有电, 可靠性比较好。但是线路故障时短路电流较大。

(2) 分段断路器 QFd 断开运行。正常运行时分段断路器 QFd 断开, 两段母线上的电压可不相同。每个电源只向接至本段母线上的引出线供电。当任一电源出现故障, 接于该电源的母线停电, 导致部分用户停电, 为了解决这个问题, 可以在 QFd 处装设备用自投装置, 或者重要用户可从两段母线引接采用双回线路供电。分段断路器断开运行的优点是

可以限制短路电流。

2. 单母线分段接线的优、缺点

(1) 优点。

- 1) 当母线发生故障时, 仅故障母线段停止工作, 另一段母线仍继续工作。
- 2) 两段母线可看成是两个独立的电源, 提高了供电可靠性, 可对重要用户供电。
- 3) 当用断路器分段后, 对重要用户可从不同段引出两个回路, 由两个电源供电。

(2) 缺点。

- 1) 当一段母线故障或检修时, 该段母线上的所有支路必须断开, 停电范围较大。
- 2) 任一支路断路器检修时, 该支路必须停电。
- 3) 当出线为双回路时, 常使架空线出现交叉跨越。

3. 适用范围

(1) 电压为 6~10kV 时, 出线回路数为 6 回及以上; 当变电站有两台主变压器时, 6~10kV 宜采用单母线分段接线。

(2) 电压为 35~66kV 时, 出线回路数为 4~8 回。

(3) 电压为 110~220kV 时, 出线回路数为 3~4 回。

三、单母线带旁路母线接线

1. 接线特点分析

如图 11-5 所示, 在工作母线外侧增设一组旁路母线 WP, 并经旁路隔离开关引接到各线路的外侧。另设一组旁路断路器 QFp (两侧带隔离开关) 跨接于工作母线与旁路母线之间。平时旁路断路器和旁路隔离开关 QSp 均处于分闸位置, 旁路母线不带电。

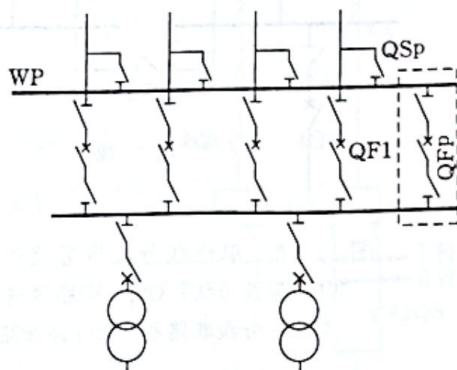


图 11-5 单母线接线带旁路

2. 旁路母线的作用及典型操作

旁路母线的作用是: 检修任一接入旁路母线的

进出线回路断路器时, 由旁路断路器代替该回路断路器工作而使该回路不停电。

例如, 检修 QF1 时, 使其所在出线不停电, 具体操作步骤如下:

(1) 首先合上旁路断路器两侧的隔离开关, 然后合上旁路断路器 QFp 向旁路母线空载充电, 检查旁路母线是否完好。若旁路母线存在故障, 则 QFp 跳闸, 不再进行下面的操作。

(2) 断开 QFp, 合上 QSp, 合上 QFp。

(3) 断开 QF1 出线断路器及其两侧的隔离开关。

QF1 检修后, 恢复线路送电的操作与上述相反, 首先合 QF1 两侧的隔离开关, 再合 QF1, 使工作回路与旁路回路并联; 断开旁路断路器 QFp 及两侧的隔离开关, 出线恢复由工作回路供电; 再断开 QSp, 使旁路及旁路母线退出运行。

当任一回路的断路器需要停电检修时, 该回路可经旁路隔离开关 QSp 绕道旁路母线, 再经旁路断路器 QFp 及其两侧的隔离开关从工作母线取得电源。此途径即为“旁路回路”

或简称“旁路”。而旁路断路器就是各线路断路器的公共备用断路器。但应注意，旁路断路器在同一时间里只能替代一个线路的断路器工作。

3. 单母线带旁路接线的优、缺点

这种接线方式可以不停电出线检修断路器，故提高了供电可靠性；但增加了设施及操作的复杂性。

四、带旁路母线的单母线分段接线

1. 接线特点分析

单母线带旁路接线中当母线出现故障或检修时，仍然会造成整个主接线停止工作，为了解决这个问题，可以采用带旁路母线的单母线分段接线。这种接线方式兼顾了旁

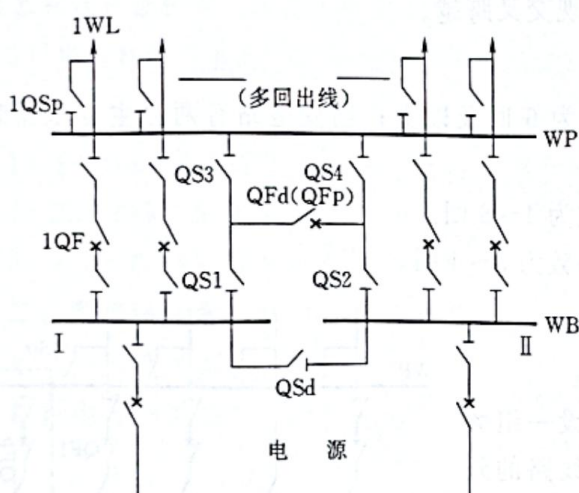


图 11-6 单母线分段带旁路母线接线

WP—旁路母线；QSp—旁路隔离开关；

QFd—分段断路器（兼旁路断路器）

路母线和母线分段两方面的优点，但当旁路断路器和分段断路器分别设置时，所用断路器数量多，设备费用高，在工程实践中，为了减少投资，可不专设旁路断路器，而用母线分段断路器兼作旁路断路器，常用的接线如图 11-6 所示。

在正常工作时，靠旁路母线侧的隔离开关 QS3、QS4 断开，而隔离开关 QS1、QS2 和断路器 QFd 处于合闸位置（这时 QSd 是断开的），主接线系统按单母线分段方式运行。当需要检修某一出线断路器（如 1WL 回路的 1QF）时，可通过倒闸操作，由分段

断路器作为旁路断路器使用，即由 QS1、QFp、QS4 从 I 母线接至旁路母线，或经 QS2、QFp、QS3 从 II 母线接至旁路母线，再经过 1QSp 构成向 1WL 供电的旁路。此时，分段隔离开关 QSd 是接通的，以保持两段母线并列运行。

2. 典型操作

现以检修 1QF 为例，简述其倒闸操作步骤。

(1) 向旁路母线充电，检查其是否完好。合上 QSd；断开 QFp 和 QS2；合上 QS4；再合上 QFp，使旁路母线空载升压，若旁路母线完好则 QFp 不会自动跳闸。

(2) 接通 1WL 的旁路回路。断开 QFp，合上 1QSp，合上 QFp，这时有两条并列的向 1WL 供电的通电回路。

(3) 将线路 1WL 切换至旁路母线上运行。断开断路器 1QF 及其两侧的隔离开关，并在靠近断路器一侧进行可靠接地。这时，断路器 1QF 退出运行，进行检修，但线路 1WL 继续正常供电。

图 11-7 所示为分段断路器兼旁路断路器的其他接线形式。试着自己分析一下接线特点和相应的操作。

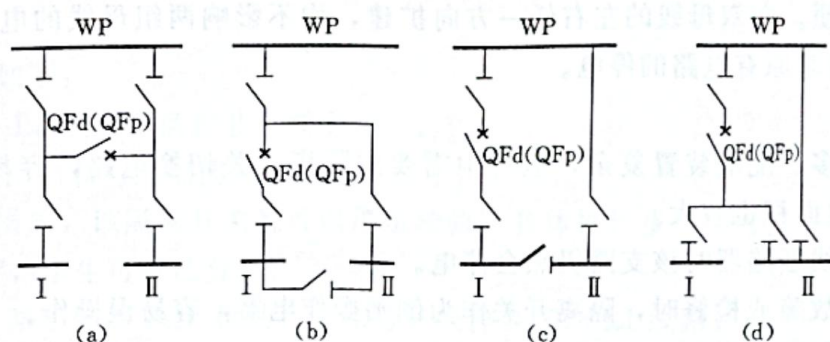


图 11-7 分段断路器兼旁路断路器的其他接线方式

认知3 双母线接线

一、双母线接线

1. 接线特点分析

图 11-8 所示为双母线接线，它有两组母线，一组为工作母线，另一组为备用母线。每一电源和每一出线都经一台断路器和两组隔离开关分别与两组母线相连，任一组母线都可以作为工作母线或备用母线。两组母线之间通过母线联络断路器（简称母联断路器 0QF）连接。采用两组母线后，使运行的可靠性和灵活性大为提高。

2. 双母线接线的优、缺点

(1) 优点。

1) 可靠性高。可轮流检修母线而不影响正常供电。

a. 当采用一组母线工作、另一组母线备用方式运行时，需要检修工作母线，可将工作母线转换为备用状态后，便可进行母线停电检修工作。

b. 检修任一母线侧隔离开关时，只影响该回路供电。

c. 工作母线发生故障后，所有回路短时停电并能迅速恢复供电。

d. 可利用母联断路器替代引出线断路器工作，使引出线断路器检修期间能继续向负荷供电。

2) 灵活性好。各个电源和各回路负荷可以任意分配到某一组母线上，能灵活适应电力系统中各种运行方式调度和潮流变化的需要。通过操作可以组成以下运行方式：

a. 母联断路器断开，进出线分别接在两组母线上，相当于单母线分段运行。

b. 母联断路器断开，一组母线运行，另一组母线备用。

c. 两组母线同时工作，母联断路器合上，两组母线并联运行，电源和负荷平均分配在两组母线上，这是双母线常采用的运行方式。

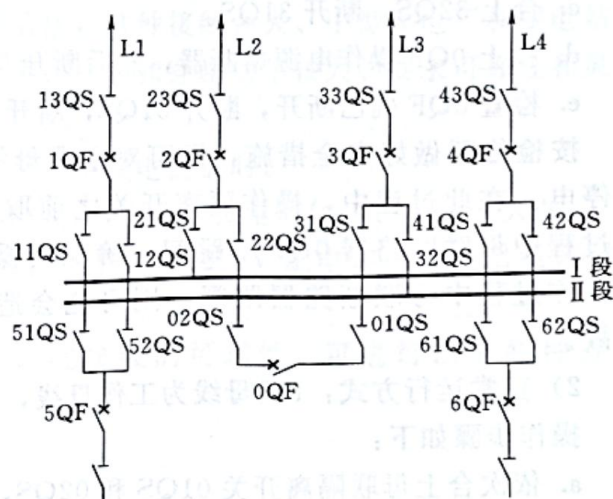


图 11-8 双母线接线

3) 扩建方便。向双母线的左右任一方向扩建, 均不影响两组母线的电源和负荷的均匀分配, 不会引起原有电路的停电。

(2) 缺点。

1) 设备较多、配电装置复杂, 运行中需要用隔离开关切换电路, 容易引起误操作; 同时投资和占地面积也较大。

2) 检修出线断路器时该支路仍然会停电。

3) 当母线故障或检修时, 隔离开关作为倒闸操作电器, 容易误操作。

3. 典型操作

以下操作均以图 11-8 所示为例。

(1) I 母线运行转检修操作。

1) 正常运行方式: 两组母线并联运行, L1、L3、5QF 接 I 段母线, L2、L4、6QF 接 II 段母线。

操作步骤如下:

a. 确认 0QF 在合闸运行, 取下 0QF 操作电源熔断器。

b. 合上 52QS, 断开 51QS, 合上 12QS, 断开 11QS。

c. 合上 32QS, 断开 31QS。

d. 投上 0QF 操作电源熔断器, 然后断开 0QF。

e. 检查 0QF 确已断开, 断开 01QS, 断开 02QS, 然后退出 I 段母线电压互感器。

按检修要做好安全措施, 即可对 I 段母线进行检修, 而整个操作过程没有任何回路停电。在此过程中, 操作隔离开关之前取下 0QF 操作电源熔断器, 是为了使在操作过程中母联断路器 0QF 不跳闸, 确保所操作隔离开关两侧可靠等电位, 因为如果在操作过程中母联断路器跳闸, 则可能会造成带负荷断开 (合上) 隔离开关, 造成事故。

2) 正常运行方式: I 段母线为工作母线, II 段母线为备用母线。

操作步骤如下:

a. 依次合上母联隔离开关 01QS 和 02QS, 再合上母联断路器 0QF。用母联断路器向备用母线充电, 检验备用母线是否完好。若备用母线存在短路故障, 母联断路器立即跳闸; 若备用母线完好时, 合上母联断路器后不跳闸。

b. 取下 0QF 操作电源的熔断器, 合上 52QS, 断开 51QS; 合上 62QS, 断开 61QS; 合上 12QS, 断开 11QS; 合上 22QS, 断开 21QS; 合上 32QS, 断开 31QS; 合上 42QS, 断开 41QS。

c. 投上 0QF 操作电源熔断器, 由于母联断路器连接两套母线, 所以依次合上、断开以上隔离开关只是转移电流, 而不会产生电弧。

d. 断开母联断路器 0QF, 依次断开母联隔离开关 01QS 和 02QS。

至此, II 段母线转换为工作母线, I 段母线转换为备用母线, 在上述操作过程中, 任一回路的工作均未受到影响。

(2) 51QS 隔离开关检修。

正常运行方式: 两组母线并联运行, L1、L3、5QF 接 I 段母线, L2、L4、6QF 接 II



段母线。

操作步骤如下：

- a. 将 L1、L3 线路倒换到 II 母线上运行。
- b. 断开该回路和与此隔离开关相连接的 I 段母线。

做好安全措施，该隔离开关就可以停电检修，具体操作步骤参考操作 (1) “I 母线运行转检修操作”，学生可自己分析。

(3) L1 线路断路器 1QF 拒动，利用母联断路器切断 L1 线路。

正常运行方式：两组母线并联运行，L1、L3、5QF 接 I 段母线，L2、L4、6QF 接 II 段母线。

操作步骤如下：

a. 利用倒母线的方式，将 L3 回路和 5QF 回路从 I 母线上倒到 II 母线上运行，这时 L1 线路、1QF、I 段母线、母联、II 段母线形成串联供电电路。

- b. 断开母联断路器 0QF 切断电路。

即可保证线路 L1 可靠切断。具体操作步骤读者可以参考前面相关操作自己练习。

4. 适用范围

由于双母线接线具有较高的可靠性和灵活性，这种接线在大、中型发电厂和变电站中得到广泛的应用。一般用于引出线和电源较多、输送和穿越功率较大、要求可靠性和灵活性较高的场合。

(1) 6~10kV 配电装置，当短路容量大、有出线电抗器时。

(2) 35~66kV 配电装置，当出现超过 8 回及以上或连接电源较多、负荷较大时。

(3) 110kV 配电装置，当出线超过 6 回及以上时；220kV 配电装置，当出线超过 4 回及以上时。

为了弥补双母线接线的缺点，提高双母线接线的可靠性，可进行以下两种方式改进。

二、双母线分段接线

1. 接线特点分析

图 11-9 所示为工作母线分段的双母线接线。用分段断路器将工作母线 I 分段，每段用母联断路器与备用母线 II 相连。这种接线具有单母线分段和双母线接线的特点，有较高的供电可靠性与运行灵活性，但所使用的电气设备较多，使投资增大。另外，当检修某回路出线断路器时，则该回路停电，或短时停电后再用“跨条”恢复供电。双母线分段接线常用于大、中型发电厂的发电机电压配电装置中。

2. 适用回路范围

(1) 当进出线回路数为 10~14 回时，在一组母线上用断路器分段，称为双母线三分段接线。

(2) 当进出线回路数为 15 回及以上时，在两组母线上均用断路器分段，称为双母线四分段接线。

有专用旁路断路器的双母线带旁路母线接线如图 11-10 所示。

当出线回路数较少时，为了减少断路器的数目，可不设专用的旁路断路器，而用母联



断路器兼作旁路断路器，其接线如图 11-11 所示。

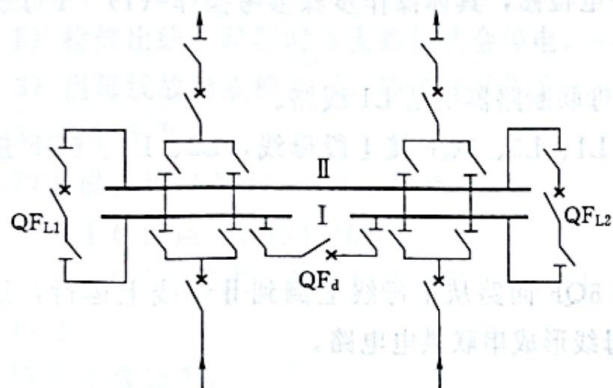


图 11-9 双母线分段接线

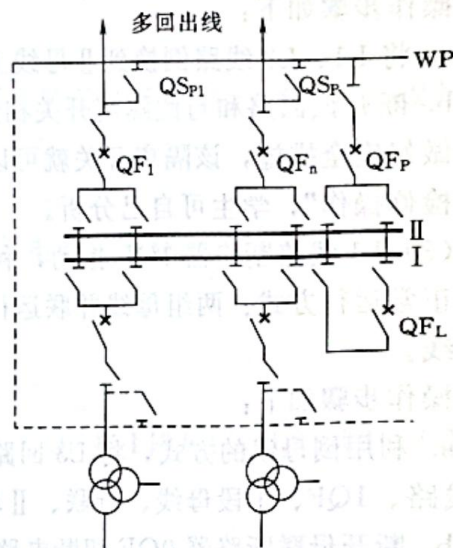


图 11-10 有专用旁路断路器的
双母线带旁路母线接线

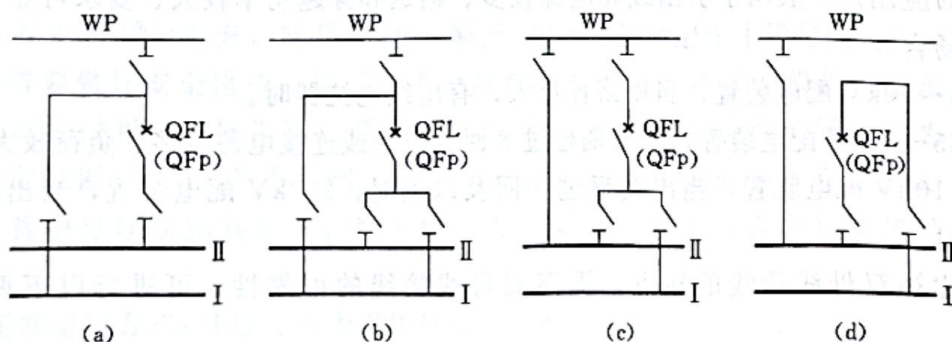


图 11-11 用母联断路器兼做旁路断路器的几种接线形式

(a) 母联兼做旁路的常用接线；(b) 母联兼旁路（两组母线均能带旁路）；

(c) 旁路兼母联（以旁路为主）；(d) 母联兼旁路（设跨条）

认知 4 一台半断路器接线

一、接线特点分析

如图 11-12 所示，两组母线之间接有若干串断路器，每一串有 3 台断路器，中间一台称为联络断路器，每两台之间接入一条回路，共有两条回路。平均每条回路装设一台半（3/2）断路器，故称为一台半断路器接线，又称 3/2 接线。

为提高供电可靠性，防止同名回路（双回路出线或主变压器）同时停电的缺点，可按下列原则成串配置：

(1) 同名回路应接在不同串内。以免当一串的中间断路器故障或一串中母线侧断路器检修，同时串中另一侧回路故障时，使该串中两个同名回路同时断开。