



接地装置功能。

5. 其他功能

随着风电场升压变电站自动化系统的发展，它能包括越来越多的功能。例如操作票专家系统功能，仿真培训功能等。

7.4 电气主接线

电气主接线是发电厂和变电站连接多种类型电气设备并进行电能汇集、分配和输送的电路，也被称为电气主系统或电气一次接线。通常采用电气主接线图的形式来表示电气主接线。在电气主接线图中，发电设备、变压器、载流导体、开关、互感器以及测量和保护设备等各类电气设备均使用规定的图形符号与文字符号来表示，并以工作顺序的方式进行排列。通过电气主接线图就可以详细展示整个发电厂或变电站的主要电气设备连接关系与组成关系。在风电场中，也不例外，其电气部分的描述同样要依靠电气主接线图。

由于风电场与其他发电厂有所不同，因此，其电气主接线包括风电机组、集电系统、升压变电站和场用电 4 个部分进行介绍。

7.4.1 风电机组部分的电气接线

风电机组部分的电气接线一般都采用单元接线，即一台风电机组接一台机组升压变压器，也称一机一变，如图 7-18 所示。对于单机容量特别小的风电机组有时也采用两台风电机组或多台风电机组配一台变压器。

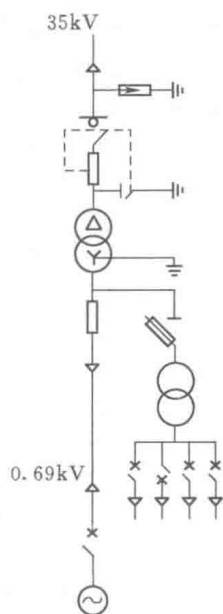


图 7-18 风电机组电气接线图

7.4.2 集电系统部分的电气接线

风电场集电系统部分的电气接线方式取决于风电机组的分组以及分组后的相互连接方式，在本章 7.2.8.2 中有详细阐述。图 7-19 为一种集电系统部分的电气接线图。

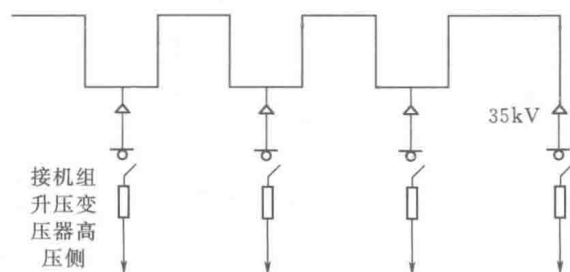


图 7-19 集电系统部分电气接线图



7.4.3 升压变电站部分的电气接线

风电场升压变电站的电气接线包括主变压器低压侧（10kV 或 35kV）接线，以及主变压器高压侧（110kV 或 220kV）接线。

由于主变压器低压侧与集电系统部分的相连，因此电气接线大多为单母线分段接线或单母线接线。具体选择什么样的接线形式，取决于集电系统部分汇集的风电机组分组数目：当风电场规模中等或较小，集电系统分组汇集的 10kV 或 35kV 线路数目较少时，一般采用单母线接线；对于规模中等及以上的风电场，10kV 或 35kV 线路数目较多时，一般采用单母线分段接线；对于特大型风电场，则可采用双母线接线的形式。每段母线的进线，是集电系统的并联输出，每段母线的出线是连接主变压器低压侧的输电线路。图 7-20 为某风电场升压变电站部分电气接线图。

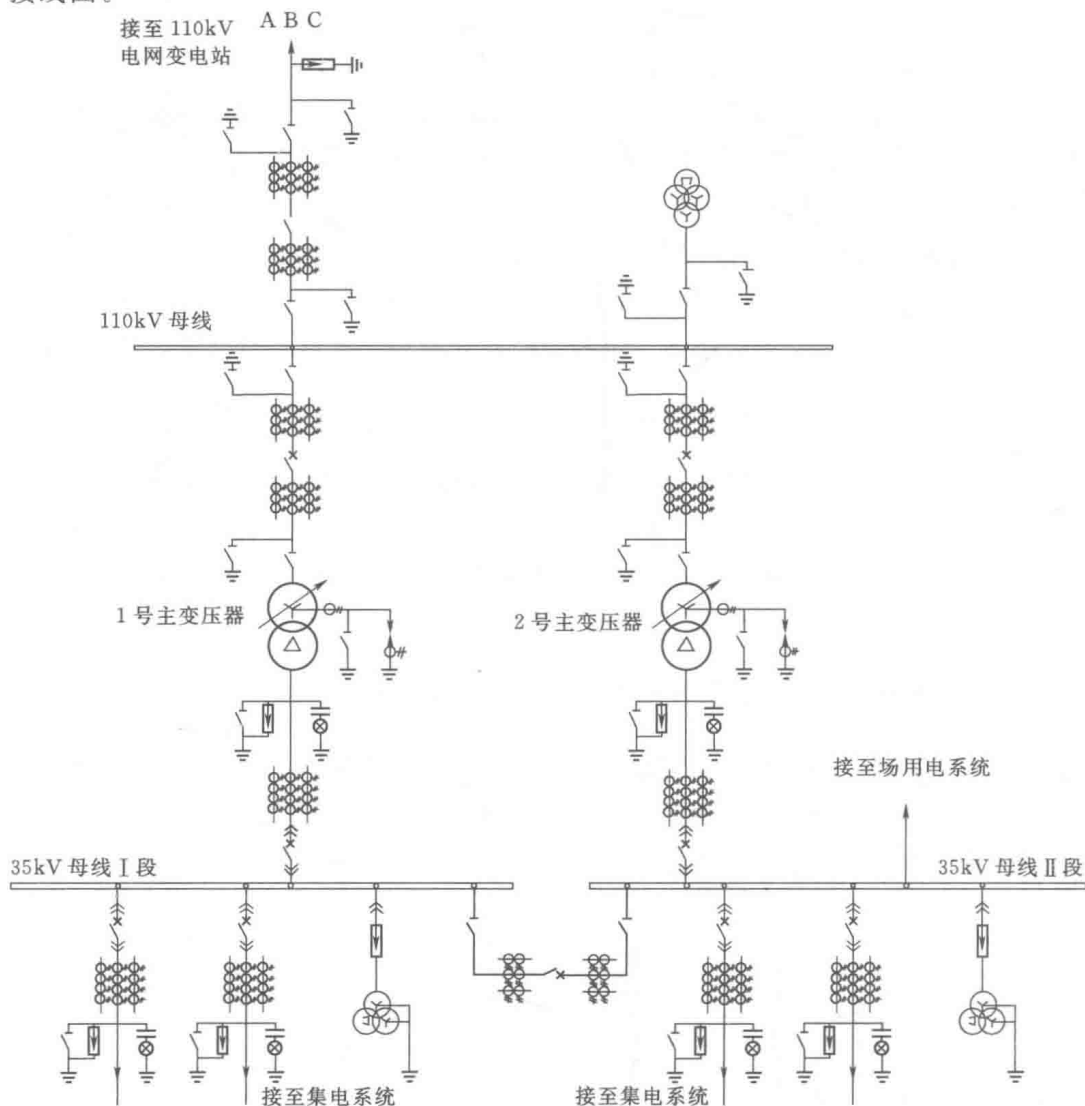


图 7-20 某风电场升压变电站部分电气接线图



7.4.4 场用电部分的电气接线

风电场的场用电系统部分，主要取自本风电场 35kV 母线段，经场用变压器降压至 400V（或 380V）后输送至场用电配电网。为了保证场用电系统的可靠性，同时还设一条备用电源引自外来 10kV 电网，经降压变压器降至 400V（或 380V）后同时接至场用电系统的 400V（或 380V）母线段。整个场用电部分采用单母线接线方式。图 7-21 为场用电部分电气接线图。

7.4.5 风电场电气主接线方案的选择与确定

风电场电气主接线的合理性与可靠性直接决定整个风电场电气系统的可靠性、灵活性和运行经济性，进而影响整个风电场的可靠性和经济性。因此，科学合理地选择和确定电气主接线方案是进行风电场电气系统计算、选型及设计的先决条件。

7.4.5.1 基本原则

风电场电气主接线方案在设计时，需要满足以下基本原则：

(1) 可靠性。供电可靠性是电力生产的基本要求，也是风电场电气主接线方案选择和设计首要考虑的因素。具体体现在：任何回路上的断路器检修时，尽可能不影响其所在回路的供电；断路器或母线发生故障以及母线检修时，尽可能减少停运回路的数目和停运时间；尽可能避免风电场、升压变电站全部停电的可能性。

(2) 灵活性。风电场电气主接线的灵活性，主要体现在风电场运行调度、设备检修以及后续改建、扩建等方面。首先在调度时，风电机组、各类变压器和线路等能灵活地投入和切除；其次在检修时，可以方便地停运断路器、母线及其继电保护设备，进行安全检修不会影响整个风电场的供电以及电力系统的运行；最后在扩建时，简单快捷地从初期接线过渡到最终接线，在不影响连续供电或停电时间最短的情况下，投入新装机组、变压器或线路而不互相干扰，并且对一次和二次部分的改建工作量最小。

(3) 经济性。在满足可靠性、灵活性要求的前提下，所选择的电气主接线方案还应经济合理，主要包括：

1) 建设投资少。电气主接线形式简单，可以减少断路器、隔离开关、互感器、

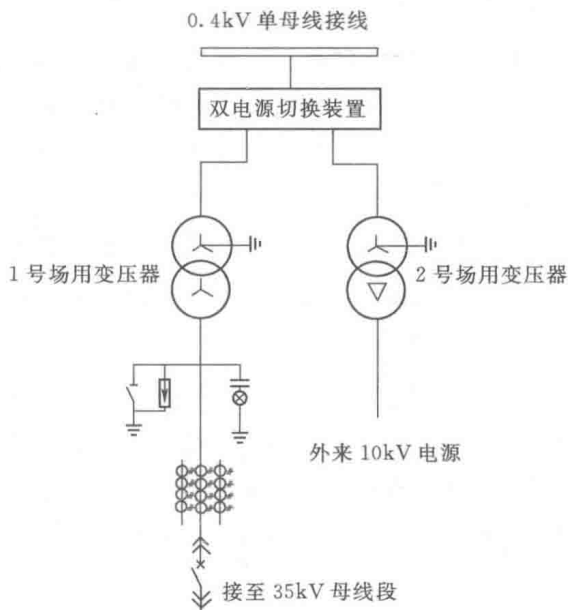


图 7-21 场用电部分电气接线图



避雷器等一次设备的数量,也可以使继电保护和二次回路较为简单,从而节省二次设备的数量。

2) 占地面积小。电气主接线方案应选择的科学合理,占地面积小,有利于各类设备和装置的布置。

3) 电能损失少。在风电场中,电能损耗主要来自变压器,经济合理地选择主变压器以及机组变压器和场用变压器的型式、容量和数量,并尽可能避免因多次变压而增加电能损耗。

7.4.5.2 步骤

进行一个风电场电气主接线方案的选择和确定,主要步骤如下:

(1) 收集与风电场电气系统设计相关的各类原始资料,根据具体设计要求,依据国家和行业的电气及风电场相关设计规范,分析拟定风电场内各电压等级的电气接线方式,在此基础上,拟定数个风电场电气主接线方案。

(2) 对拟订的各个电气主接线方案进行技术经济比选,最终获得最优方案。

(3) 依据最终的最优电气主接线方案,绘制电气主接线图。

7.4.5.3 方案

风电场电气主接线方案在具体选择和确定时,可先从风电机组部分至集电系统部分,再至升压变电站部分和场用电部分,依次进行。

风电机组部分电气接线较为简单,依据风电场装机台数和每台风电机组的单机装机容量,在选择好风电机组升压变压器后,采用单元接线方式进行一机一变连接。

集电系统部分电气接线可结合集电线路设计与优化结果,按照技术经济最优的原则选择和确定。

升压变电站部分电气接线应根据升压变电站的规划容量、输电线路电压等级、升压变电站功能、主变压器连接元件总数、设备特点等进行设计,并对设计方案进行技术经济比较与分析论证,最终确定升压变电站电气接线方案。其中,主变压器低压侧(35kV或10kV)接线一般是单母线分段接线方式,分段数宜与主变压器台数一致,各个母线段间设置分段断路器,便于主变压器检修时其母线段电能的送出。另外在风资源比较匮乏的时候,也可用来使空载主变压器退出运行,以节约主变压器的空载损耗。

场用电部分应由两路独立的电源组成,一路引自主变压器低压侧,另一路从外电网引接,每个回路中各设一台场用降压变压器。场用电系统应采用三相四线制,系统的中性点直接接地。一般情况下,风电场输出电能的电压等级为220kV时,其场用电系统采取单母线分段接线;输出电能的电压等级为110kV时,场用电系统采取单母线接线。

图7-22为某陆上风电场电气主接线图示例。



海上风电
场电气主
接线图

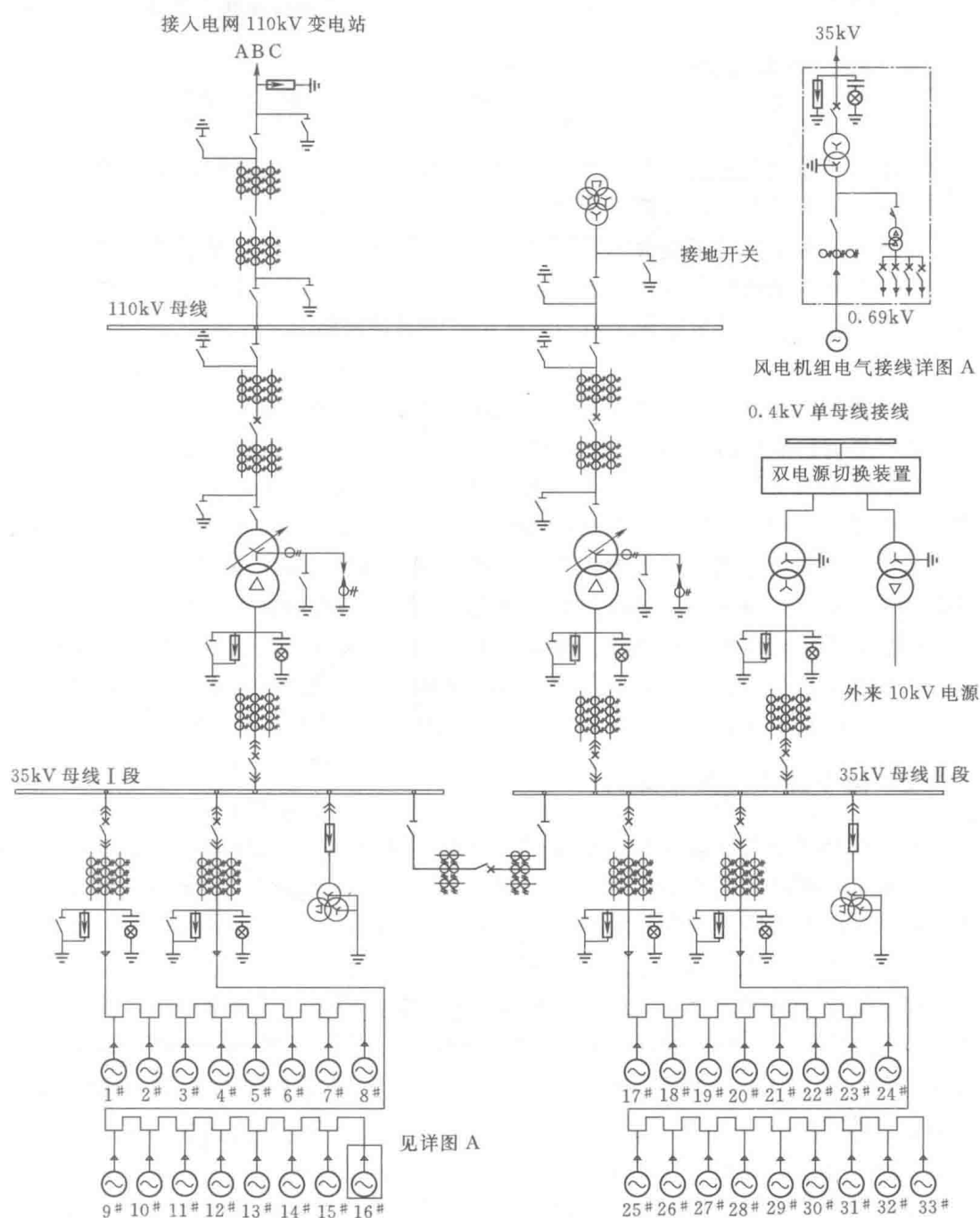


图 7-22 某陆上风电场电气主接线图

7.5 通 信 系 统

风电场的通信系统主要包括系统通信和场内通信两个部分。在设计过程中，需依照 DL/T 5391—2007《电力系统通信设计技术规定》、DL/T 5225—2016《220kV~