



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 202949227 U

(45) 授权公告日 2013. 05. 22

(21) 申请号 201220374970. 4

(22) 申请日 2012. 07. 13

(73) 专利权人 中电普瑞科技有限公司  
地址 102200 北京市昌平区南邵镇南中路  
16 号

专利权人 上海市电力公司  
国家电网公司

(72) 发明人 武守远 王轩 戴朝波 王柯  
刘慧文 包海龙

(74) 专利代理机构 北京安博达知识产权代理有  
限公司 11271  
代理人 徐国文

(51) Int. Cl.  
H02J 3/18(2006. 01)

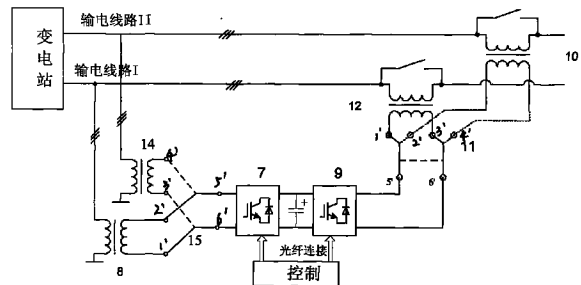
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 实用新型名称

一种采用模块化多电平换流器结构的可转换式静止补偿器

(57) 摘要

本实用新型涉及一种采用模块化多电平换流器结构的可转换式静止补偿器,包括静止同步补偿器、静止同步串联补偿器和串联变压器(12);静止同步补偿器包括换流器(7)和变压器;静止同步串联补偿器包括换流器(9)、串联变压器(10)和转换开关;换流器(7)一端通过并联变压器(8)并联接入输电线路 I 中;换流器(7)的另一端与换流器(9)的一端连接;换流器(9)的另一端依次通过转换开关和串联变压器(10)接入输电线路 II 中;串联变压器(12)串联接入输电线路 I 中。本实用新型提供的方案避免了器件串联的技术难点,便于分相控制和模块化设计,通过冗余技术可旁路故障单元,提高装置运行可靠性;且器件开关频率低,装置运行损耗小。



1. 一种采用模块化多电平换流器结构的可转换式静止补偿器,其特征在于,所述可转换式静止补偿器包括静止同步补偿器(1)、静止同步串联补偿器(2)和串联变压器(12);

所述静止同步补偿器(1)包括换流器(7)和启动电路(5);

所述静止同步串联补偿器(2)包括换流器(9)、串联变压器(10)和转换开关(11);

所述换流器(7)一端通过启动电路(5)并联接入输电线路 I 中;所述换流器(7)的另一端与换流器(9)的一端连接;

所述换流器(9)的另一端依次通过转换开关(11)和串联变压器(10)串联接入输电线路 II 中;

所述串联变压器(12)串联接入输电线路 I 中。

2. 如权利要求 1 所述的可转换式静止补偿器,其特征在于,在所述静止同步补偿器(1)和所述静止同步串联补偿器(2)之间设置支撑电容(3);所述支撑电容(3)分别与所述静止同步补偿器(1)和所述静止同步串联补偿器(2)并联。

3. 如权利要求 1 所述的可转换式静止补偿器,其特征在于,所述静止同步补偿器(1)包括并联变压器(8)、并联变压器(14)和转换开关(15);所述换流器(7)的一端依次通过启动电路(5)、转换开关(15)和并联变压器(8)并联接入输电线路 I 中;

所述并联变压器(14)并联接入输电线路 II 中。

4. 如权利要求 3 所述的可转换式静止补偿器,其特征在于,所述启动电路(5)包括并联的电阻和开关。

5. 如权利要求 3 所述的可转换式静止补偿器,其特征在于,所述并联变压器(8)原边并联接入输电线路 I 中,所述并联变压器(8)副边与转换开关(15)一端连接。

6. 如权利要求 1 所述的可转换式静止补偿器,其特征在于,所述转换开关(15)另一端与启动电路(5)连接;所述转换开关(15)包括触头 I (1')、触头 II (2')和触头 III (3');

所述启动电路(5)通过转换开关(15)的(1')触头 I 和(3')触头 III 与并联变压器(8)并联接入输电线路 I 中;

所述启动电路(5)通过转换开关(15)的(2')触头 II 和(3')触头 III 与并联变压器(14)并联接入输电线路 II 中。

7. 如权利要求 1 所述的可转换式静止补偿器,其特征在于,所述静止同步串联补偿器(2)包括启动电路(6);所述启动电路(6)一端与所述换流器(9)连接;所述启动电路(6)另一端与所述转换开关(11)连接。

8. 如权利要求 7 所述的可转换式静止补偿器,其特征在于,所述启动电路(6)包括并联的电阻和开关。

9. 如权利要求 1 所述的可转换式静止补偿器,其特征在于,所述串联变压器(10)原边串联接入输电线路 II 中,所述串联变压器(10)的副边与转换开关(11)连接;所述串联变压器(10)连接负载。

10. 如权利要求 1 所述的可转换式静止补偿器,其特征在于,所述统一潮流控制器包括旁路开关(13);所述旁路开关(13)与所述串联变压器(12)并联。

11. 如权利要求 1 所述的可转换式静止补偿器,其特征在于,所述换流器(7)由三相六个桥臂构成,每个桥臂包括一个电抗器和 N 个结构相同的子模块;每个桥臂的子模块级联后一端通过电抗器与所述启动电路(5)连接;另一端与另两个桥臂的级联的子模块一端连

接,形成所述换流器(7)的正负极母线;或

所述换流器(7)由三相六个桥臂构成,每个桥臂包括一个电抗器和N个结构相同的子模块;每个桥臂的子模块级联后一端与所述启动电路(5)连接,另一端串联电抗器后与另两个桥臂的电抗器连接,形成所述换流器(7)正负极母线。

12. 如权利要求1所述的可转换式静止补偿器,其特征在于,所述换流器(9)由3相六个桥臂构成,每个桥臂包括1个电抗器和M个结构相同的子模块;每个桥臂的子模块级联后一端通过电抗器与所述变压器(10)连接;另一端与另两个桥臂的级联的子模块一端连接,形成所述换流器(9)正负极母线,与所述换流器(7)的正负极母线连接;或

所述换流器(9)由3相六个桥臂构成,每个桥臂包括1个电抗器和M个结构相同的子模块;每个桥臂的子模块级联后一端与所述变压器(10)连接;另一端串联电抗器后与另两个桥臂的电抗器连接,形成所述换流器(9)正负极母线,与所述换流器(7)的正负极母线连接。

13. 如权利要求11-12中任一项所述的可转换式静止补偿器,其特征在于,所述子模块由半桥结构与直流电容并联构成,所述半桥结构包括两个串联的IGBT模块,每个IGBT模块包括反并联的IGBT和二极管;

所述半桥结构中点与IGBT发射极之间并联子模块旁路电路;

所述直流电容通过取能电源为子模块的控制电路提供电源。

14. 如权利要求1所述的可转换式静止补偿器,其特征在于,所述转换开关(11)包括触头I(1')、触头II(2')和触头III(3');

若所述启动电路(6)通过转换开关(11)的(1')触头I和(3')触头III与串联变压器(12)串联接入输电线路I中,则所述可转换式静止补偿器为统一潮流控制器UPFC;

若所述启动电路(6)通过转换开关(11)的(2')触头II和(3')触头III与串联变压器(10)串联接入输电线路II中,则所述可转换式静止补偿器为线间潮流控制器IPFC。

## 一种采用模块化多电平换流器结构的可转换式静止补偿器

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种灵活交流输电领域的静止补偿器,具体涉及一种采用模块化多电平换流器结构的可转换式静止补偿器。

### 背景技术

[0002] 随着灵活交流输电 (FACTS) 技术的发展,出现了一系列具有新的拓扑结构的控制器。可转换式静止补偿器 (Convertible Static Compensator, CSC) 就是近几年推出的一种全新的 FACTS 控制装置。该装置结合了包括统一潮流控制器在内的现有串、并联控制器的研究成果和运行经验,通过耦合变压器连接方式的改变实现对若干个电压源换流器的不同组合,以优化控制器结构,灵活应对系统变化,是灵活交流输配电系统中最新一代的控制器。

[0003] 可转换式静止补偿器 (CSC) 是最近推出的 FACTS 控制器的一种新产品,它实际上是将基于同步变流器的串并联补偿器技术,通过在结构上实现柔性化,使其可以更加灵活地应对不断变化的电力系统要求。CSC 是由两台电压源换流器、一个与输电线路并联的变压器和两个串联的变压器组成。通过开关的转换实现补偿器的不同运行工作状态,根据控制目标的不同, CSC 可以提供静止同步补偿器,静止同步串联补偿器,统一潮流控制器和线间潮流控制器 4 种基本控制方式以及上述方式的任何组合,并相互转换。

[0004] 大容量 CSC 装置中,电压源换流器通常采用可关断电力电子器件 (典型器件如绝缘栅双极型晶体管 IGBT) 串联的方式提高装置的耐压能力。可关断器件 IGBT 串联的技术难点主要表现在:受技术垄断的影响,具有自身限制短路电流特性的 IGBT 器件难以采购,IGBT 串联均压的控制技术在理论上研究的不够深入。为降低装置输出谐波,需要采用较高的开关频率,因而装置运行损耗较大。这些限制了大容量 CSC 的应用。

### 实用新型内容

[0005] 针对现有技术的不足,本实用新型提供的采用模块化多电平换流器结构的可转换式静止补偿器,避免了器件串联的技术难点,便于分相控制和模块化设计,通过冗余技术可旁路故障单元,提高装置运行可靠性;且器件开关频率低,装置运行损耗小。

[0006] 本实用新型的目的是采用下述技术方案实现的:

[0007] 一种采用模块化多电平换流器结构的可转换式静止补偿器,其改进之处在于,所述可转换式静止补偿器包括静止同步补偿器 1、静止同步串联补偿器 2 和串联变压器 12;

[0008] 所述静止同步补偿器 1 包括换流器 7 和启动电路 5;

[0009] 所述静止同步串联补偿器 2 包括换流器 9、串联变压器 10 和转换开关 11;

[0010] 所述换流器 7 一端通过启动电路 5 并联接入输电线路 I 中;所述换流器 7 的另一端与换流器 9 的一端连接;

[0011] 所述换流器 9 的另一端依次通过转换开关 11 和串联变压器 10 串联接入输电线路 II 中;

[0012] 所述串联变压器 12 串联接入输电线路 I 中。

[0013] 其中,在所述静止同步补偿器 1 和所述静止同步串联补偿器 2 之间设置支撑电容 3;所述支撑电容 3 分别与所述静止同步补偿器 1 和所述静止同步串联补偿器 2 并联。

[0014] 其中,所述静止同步补偿器 1 包括并联变压器 8、并联变压器 14 和转换开关 15;所述换流器 7 的一端依次通过启动电路 5、转换开关 15 和并联变压器 8 并联接入输电线路 I 中;

[0015] 所述并联变压器 14 并联接入输电线路 II 中。

[0016] 其中,所述启动电路 5 包括并联的电阻和开关。

[0017] 其中,所述并联变压器 8 原边并联接入输电线路 I 中,所述并联变压器 8 副边与转换开关 15 一端连接。

[0018] 其中,所述转换开关 15 另一端与启动电路 5 连接;所述转换开关 15 包括触头 1'、触头 2' 和触头 3';

[0019] 所述启动电路 5 通过转换开关 15 的 1' 和 3' 触头与并联变压器 8 并联接入输电线路 I 中;

[0020] 所述启动电路 5 通过转换开关 15 的 2' 和 3' 触头与并联变压器 14 并联接入输电线路 II 中。

[0021] 其中,所述静止同步串联补偿器 2 包括启动电路 6;所述启动电路 6 一端与所述换流器 9 连接;所述启动电路 6 另一端与所述转换开关 11 连接。

[0022] 其中,所述启动电路 6 包括并联的电阻和开关。

[0023] 其中,所述串联变压器 10 原边串联接入输电线路 II 中,所述串联变压器 10 的副边与转换开关 11 连接;所述串联变压器 10 连接负载。

[0024] 其中,所述统一潮流控制器包括旁路开关 13;所述旁路开关 13 与所述串联变压器 12 并联。

[0025] 其中,所述换流器 7 由三相六个桥臂构成,每个桥臂包括一个电抗器和 N 个结构相同的子模块;每个桥臂的子模块级联后一端通过电抗器与所述启动电路 5 连接;另一端与另两个桥臂的级联的子模块一端连接,形成所述换流器 7 的正负极母线;或

[0026] 所述换流器 7 由三相六个桥臂构成,每个桥臂包括一个电抗器和 N 个结构相同的子模块;每个桥臂的子模块级联后一端与所述启动电路 5 连接,另一端串联电抗器后与另两个桥臂的电抗器连接,形成所述换流器 7 正负极母线。

[0027] 其中,所述换流器 9 由 3 相六个桥臂构成,每个桥臂包括 1 个电抗器和 M 个结构相同的子模块;每个桥臂的子模块级联后一端通过电抗器与所述变压器 10 连接;另一端与另两个桥臂的级联的子模块一端连接,形成所述换流器 9 正负极母线,与所述换流器 7 的正负极母线连接;或

[0028] 所述换流器 9 由 3 相六个桥臂构成,每个桥臂包括 1 个电抗器和 M 个结构相同的子模块;每个桥臂的子模块级联后一端与所述变压器 10 连接;另一端串联电抗器后与另两个桥臂的电抗器连接,形成所述换流器 9 正负极母线,与所述换流器 7 的正负极母线连接。

[0029] 其中,所述子模块由半桥结构与直流电容并联构成,所述半桥结构包括两个串联的 IGBT 模块,每个 IGBT 模块包括反并联的 IGBT 和二极管;

[0030] 所述半桥结构中点与 IGBT 发射极之间并联子模块旁路电路;

- [0031] 所述直流电容通过取能电源为子模块的控制电路提供电源。
- [0032] 其中,所述转换开关 11 包括触头 1'、触头 2' 和触头 3' ;
- [0033] 若所述启动电路 6 通过转换开关 11 的 1' 和 3' 触头与串联变压器 12 串联接入输电线路 I 中,则所述可转换式静止补偿器为统一潮流控制器 UPFC ;
- [0034] 若所述启动电路 6 通过转换开关 11 的 2' 和 3' 触头与串联变压器 10 串联接入输电线路 II 中,则所述可转换式静止补偿器为线间潮流控制器 IPFC。
- [0035] 与现有技术比,本实用新型达到的有益效果是 :
- [0036] 1、本实用新型提供的采用模块化多电平换流器结构的可转换式静止补偿器,可大幅提高装置容量,无需采用复杂的 IGBT 器件串联技术 ;
- [0037] 2、本实用新型提供的采用模块化多电平换流器结构的可转换式静止补偿器,可实现分相控制 ;
- [0038] 3、本实用新型提供的采用模块化多电平换流器结构的可转换式静止补偿器,可实现模块化设计 ;
- [0039] 4、本实用新型提供的采用模块化多电平换流器结构的可转换式静止补偿器,通过冗余技术可旁路故障单元,提高装置运行可靠性 ;
- [0040] 5、本实用新型提供的采用模块化多电平换流器结构的可转换式静止补偿器,为降低输出谐波,IGBT 器件串联方案开关频率通常较高,装置损耗大 ;本方案采用了模块化多电平换流器技术,各个器件的开关频率低,但可实现对外等效开关频率很高,减少输出谐波,因此装置运行损耗小。

#### 附图说明

- [0041] 图 1 是本实用新型提供的采用模块化多电平换流器结构的可转换式静止补偿器的基本电路结构图 ;
- [0042] 图 2 是本实用新型提供的采用模块化多电平换流器结构的可转换式静止补偿器主电路方案一的结构图 ;
- [0043] 图 3 是本实用新型提供的采用模块化多电平换流器结构的可转换式静止补偿器主电路方案二的结构图 ;
- [0044] 图 4 是本实用新型提供的采用模块化多电平换流器结构的可转换式静止补偿器子模块的结构图。

#### 具体实施方式

- [0045] 下面结合附图对本实用新型的具体实施方式作进一步的详细说明。
- [0046] 如图 1 所示,图 1 是本实用新型提供的采用模块化多电平换流器结构的可转换式静止补偿器的基本电路结构图,可转换式静止补偿器包括静止同步补偿器 1、静止同步串联补偿器 2 和串联变压器 12 ;静止同步补偿器 1 包括换流器 7 和启动电路 5 ;静止同步串联补偿器 2 包括换流器 9、串联变压器 10 和转换开关 11 ;换流器 7 一端通过启动电路 5 并联接入输电线路 I 中 ;换流器 7 的另一端与换流器 9 的一端连接 ;换流器 9 的另一端依次通过转换开关 11 和串联变压器 10 串联接入输电线路 II 中 ;串联变压器 12 串联接入输电线路 I 中。

**[0047] 实施例 1**

**[0048]** 本实施例提供了一种采用模块化多电平换流器结构的可转换式静止补偿器如图 2 所示,包括静止同步补偿器 1、静止同步串联补偿器 2 和串联变压器 12;静止同步补偿器 1 包括换流器 7 和启动电路 5;静止同步串联补偿器 2 包括换流器 9、串联变压器 10 和转换开关 11;

**[0049]** 换流器 7 由三相六桥臂构成,六个桥臂结构相同,每个桥臂包括 1 个电抗器和  $N$  ( $N$  为自然数) 个结构相同的子模块;所述子模块级联后通过电抗器与启动电路 5 连接;具体的,子模块的半桥结构中点与下管 IGBT 发射极分别作为子模块引出端,依次与前后的模块级联,再与一个电抗器串联构成 1 个桥臂,上下两个桥臂串联,构成 1 相换流装置,3 相换流装置整体并联,并引出换流器 7 正负母线。上下桥臂中点处作为静止同步补偿器的输出端,即在子模块串联电抗器后与启动电路 5 串联后并联接入输电线路 I。启动电路 5 包括并联的电阻和开关。

**[0050]** 换流器 9 和换流器 7 结构相同,由三相六桥臂构成,每个桥臂包括 1 个电抗器和  $M$  ( $M$  为自然数,  $M$  可以等于  $N$ ,也可以不等于  $N$ ) 个结构相同的子模块;子模块级联后通过电抗器、串联变压器 10 后和负载连接。换流器 7 的正负母线和换流器 9 的正负母线对应连接。本实施例的子模块通过电抗器与系统连接,一方面可以抑制来自电网的雷电、操作波对设备的侵害,另一方面可以抑制换流装置输出谐波。

**[0051]** 串联变压器 10 原边串联接入输电线路 II 中,串联变压器 10 的副边与转换开关 11 连接;串联变压器 10 连接负载。

**[0052]** 优选的,本实施例在所述静止同步补偿器 1 和所述静止同步串联补偿器 2 之间设置支撑电容 3;换流器 7 的正负母线和换流器 9 的正负母线之间并联支撑电容 3。两个换流装置通过由支撑电容 3 构成的中间直流环节相连,这样有功功率可以在两个换流装置之间进行双向传递;无功功率可由每个换流装置在其交流侧独立地与系统进行交换。

**[0053]** 优选的,本实施例的静止同步补偿器 1 包括还可以并联变压器 8、并联变压器 14 和转换开关 15;换流器 7 的一端依次通过启动电路 5、转换开关 15 和并联变压器 8 并联接入输电线路 I 中;并联变压器 14 并联接入输电线路 II 中。

**[0054]** 其中,并联变压器 8 原边并联接入输电线路 I 中,并联变压器 8 副边与转换开关 15 一端连接。

**[0055]** 其中,转换开关 15 另一端与启动电路 5 连接;转换开关 15 包括触头 1'、触头 2' 和触头 3';启动电路 5 通过转换开关 15 的 1' 和 3' 触头与并联变压器 8 并联接入输电线路 I 中;启动电路 5 通过转换开关 15 的 2' 和 3' 触头与并联变压器 14 并联接入输电线路 II 中。并联变压器 8 和并联变压器 14 用于实现电网电压与静止同步补偿器输出电压的匹配。

**[0056]** 优选的,本实施例的静止同步串联补偿器 2 还可以包括启动电路 6,启动电路 6 由并联的电阻和开关组成。启动电路 6 一端与换流器 9 连接,另一端与串联变压器 10 一端连接,变压器 10 另一端串联接入电网。启动电路 6 可以实现换流器 9 平稳启动。变压器 10 用于实现电网电压与静止同步串联补偿器输出电压的匹配。

**[0057]** 优选的,本实施例的统一潮流控制器为了安全设置,还设置了旁路开关 4 和旁路开关 13,旁路开关 4 与串联变压器 10 并联,旁路开关 13 与串联变压器 12 并联,用于实现静止同步串联补偿器的退出。

[0058] 本实施例的子模块用于输出所需电压,采用模块化多电平换流器结构的可转换式静止补偿器子模块得结构如图 4 所示,其由半桥结构与直流电容构成,所述半桥结构包括上下两个串联的 IGBT 模块,上管 IGBT 集电极与下管 IGBT 发射极之间并联直流电容,半桥结构中点与下管 IGBT 发射极之间并联子模块旁路电路,取能电源从直流电容器取电,为子模块的控制电路提供控制电源。子模块的直流电容用于提供子模块电压支撑。子模块内部故障时,其旁路电路用于使子模块退出运行,实现静止同步补偿器的冗余运行。取能电源用于给子模块控制电路提供控制电源。控制电路用于实现对子模块的控制、监测及保护。本实施例的旁路电路可由开关实现,控制电路可由数字或模拟电路实现。取能电源可参考专利 201010624225.6 或 ZL201020700480.X 实现。

[0059] 转换开关 11 包括触头 1'、触头 2'和触头 3';若启动电路 6 通过转换开关 11 的 1'和 3' 触头与串联变压器 12 串联接入输电线路 I 中,则可转换式静止补偿器可以看作是统一潮流控制器 UPFC;若启动电路 6 通过转换开关 11 的 2'和 3' 触头与串联变压器 10 串联接入输电线路 II 中,则所述可转换式静止补偿器可以看作是线间潮流控制器 IPFC。

[0060] 实施例 2

[0061] 本实施例提供的另一采用模块化多电平换流器结构的可转换式静止补偿器如图 3 所示,本实施例与实施例 1 基本相同,但区别点在于:

[0062] 换流器 7 和换流器 9 中的电抗器的位置不同。本实施例的电抗器串联在换流器 7 和换流器 9 正负母线侧,如图 3 所示。其用于抑制换流装置输出谐波。

[0063] 具体的,换流器 7 由三相六个桥臂构成,每个桥臂包括一个电抗器和 N 个结构相同的子模块;每个桥臂的子模块级联后一端与所述启动电路 5 连接,另一端串联电抗器后与另两个桥臂的电抗器连接,形成换流器 7 正负极母线。

[0064] 换流器 9 由 3 相六个桥臂构成,每个桥臂包括 1 个电抗器和 M 个结构相同的子模块;每个桥臂的子模块级联后一端与所述变压器 10 连接;另一端串联电抗器后与另两个桥臂的电抗器连接,形成换流器 9 正负极母线,与换流器 7 的正负极母线连接。

[0065] 本实用新型提供的采用模块化多电平换流器结构的可转换式静止补偿器,其中串联变压器可以有 2 台,通过转换开关 15 接入不同线路;或者并联变压器有 2 台,通过转换开关 11 接入不同线路;也可以两者都有,分别接入不同的线路中。

[0066] 最后应当说明的是:以上实施例仅用以说明本实用新型的技术方案而非对其限制,尽管参照上述实施例对本实用新型进行了详细的说明,所属领域的普通技术人员应当理解:依然可以对本实用新型的具体实施方式进行修改或者等同替换,而未脱离本实用新型精神和范围的任何修改或者等同替换,其均应涵盖在本实用新型的权利要求范围当中。



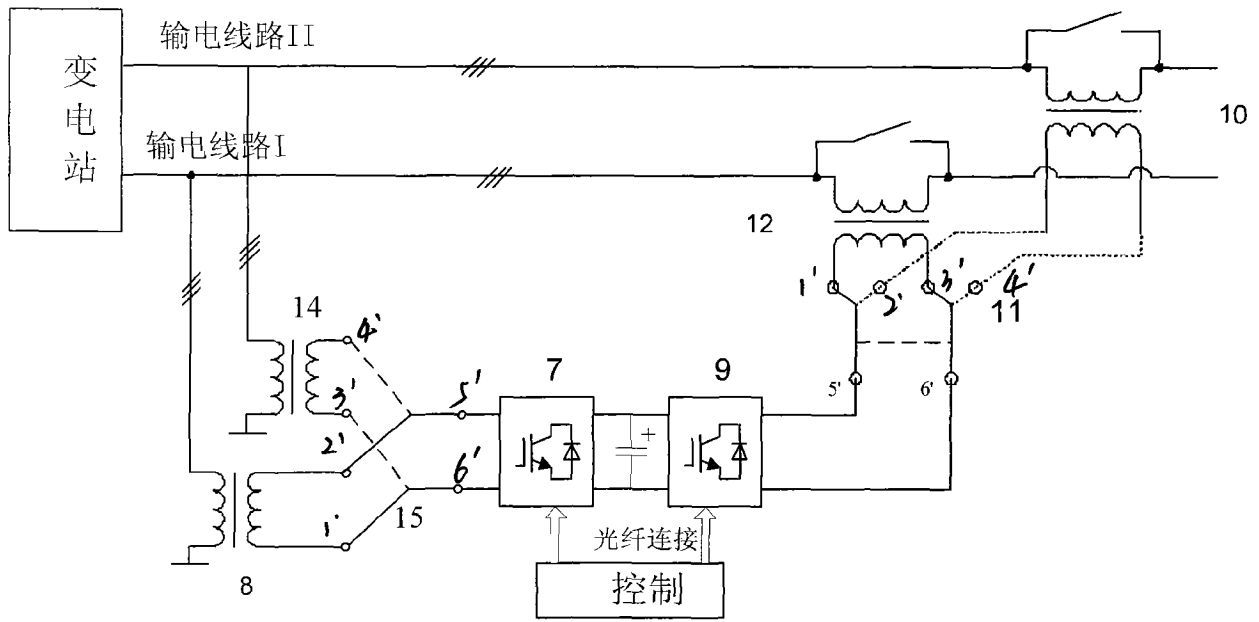


图 1

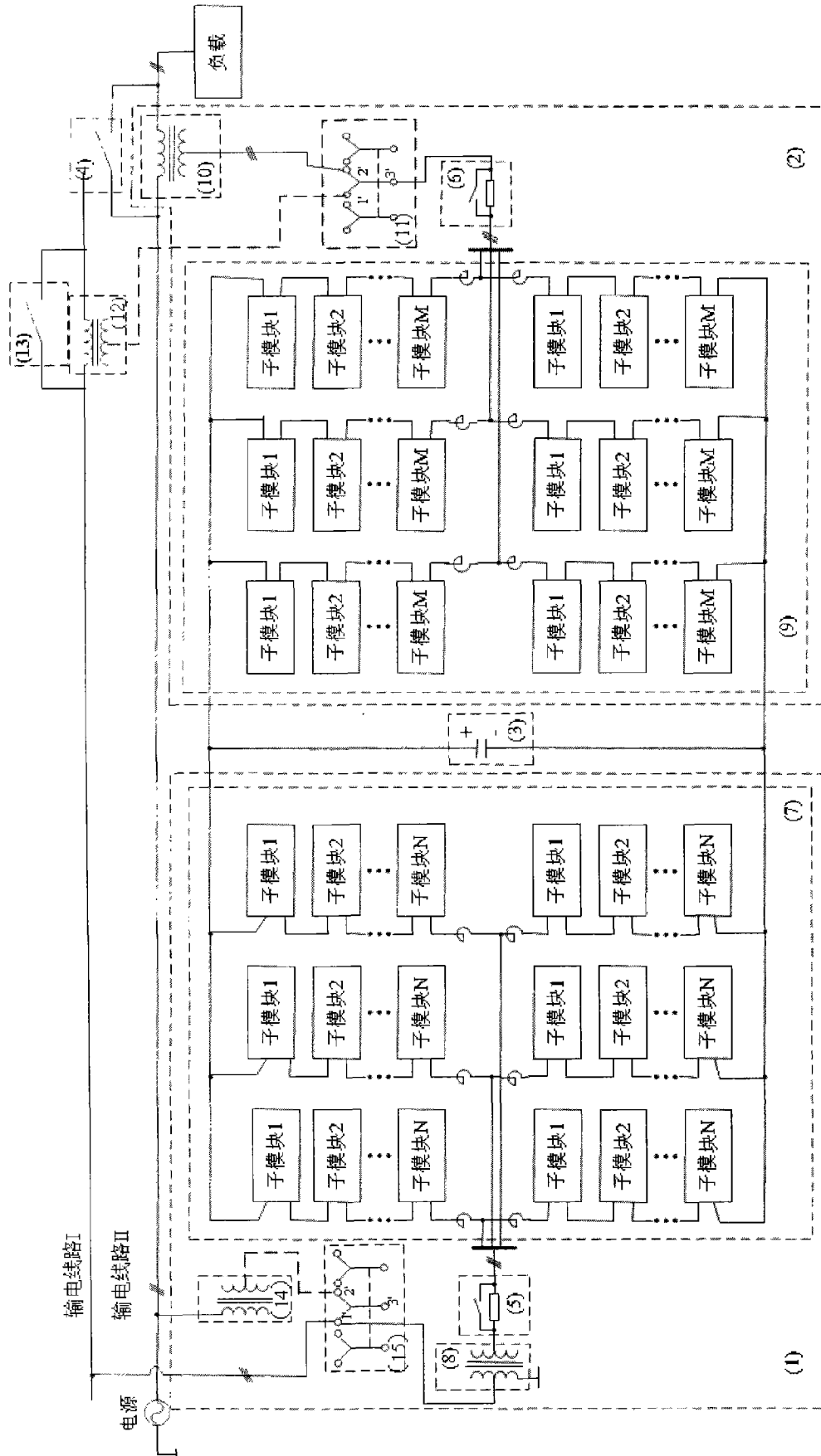


图 2

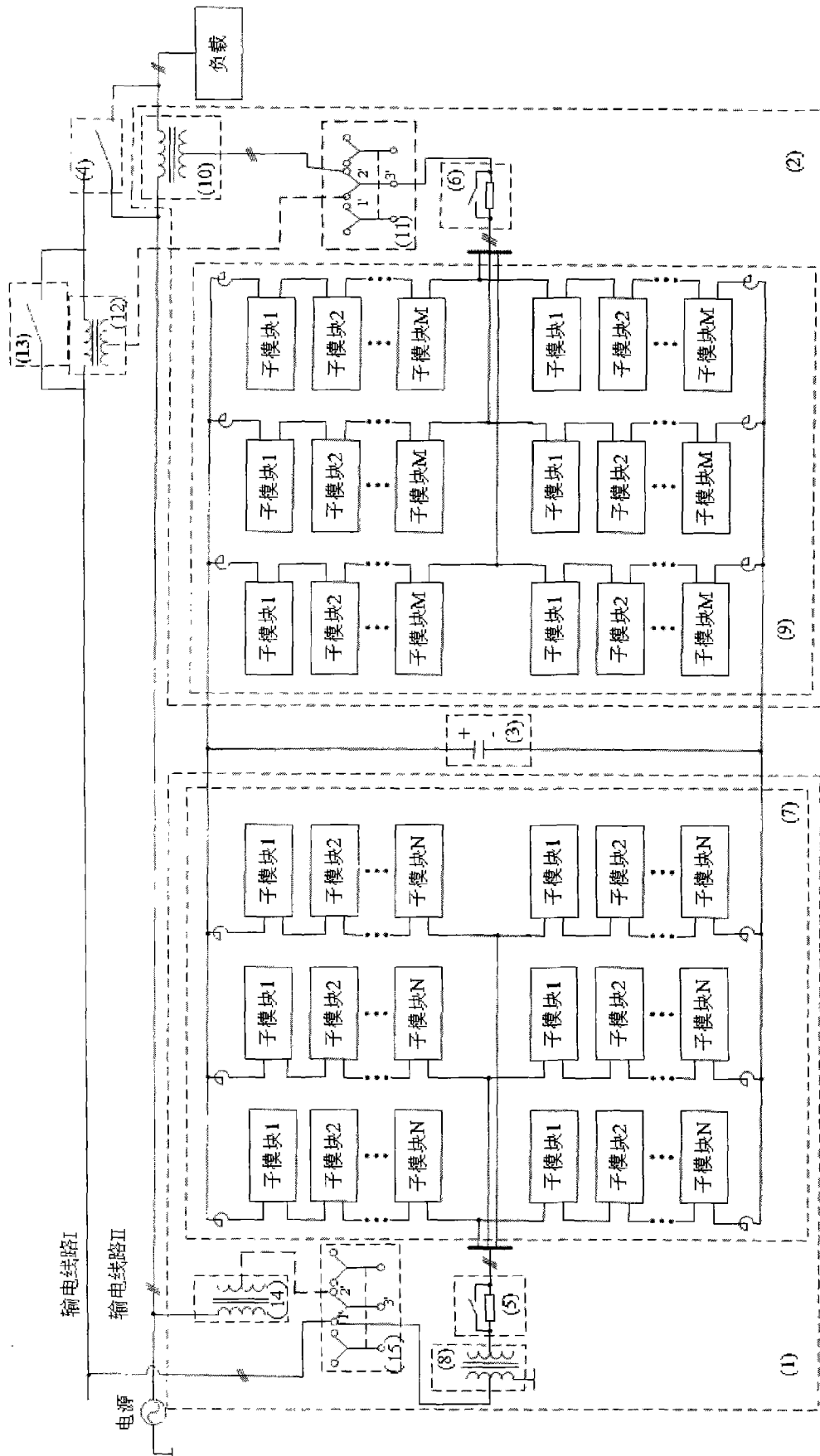


图 3

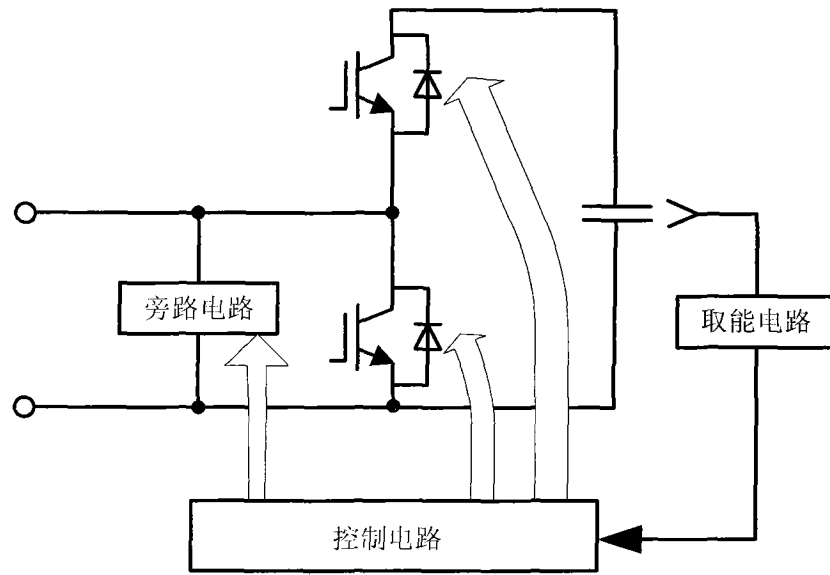


图 4