



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112332425 B

(45) 授权公告日 2022. 04. 05

(21) 申请号 202011173892.7

(22) 申请日 2020.10.28

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 112332425 A

(43) 申请公布日 2021.02.05

(73) 专利权人 国网浙江杭州市萧山区供电有限公司

地址 311202 浙江省杭州市萧山区北干街道金城路1227号

专利权人 杭州电力设备制造有限公司
杭州电力设备制造有限公司萧山欣美成套电气制造分公司

(72) 发明人 王鹏程 陈炜 莫洪亮 王邢邢
鲁晓枫 马小平 沈狄龙 姚芳芳
朱连芳 张永军

(74) 专利代理机构 广州市诺丰知识产权代理事务所(普通合伙) 44714

代理人 任毅 黄国亮

(51) Int.Cl.

H02J 3/18 (2006.01)

审查员 郭桢

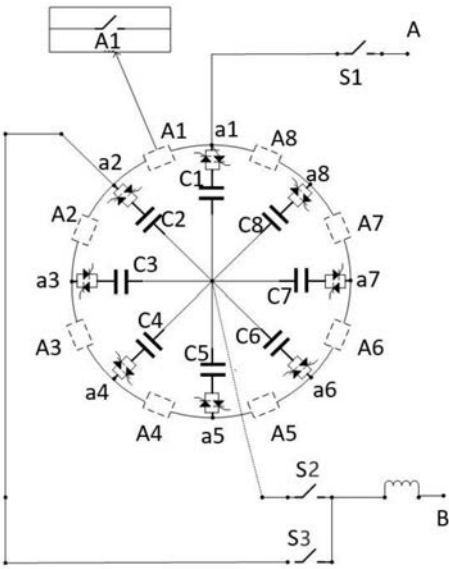
权利要求书2页 说明书10页 附图9页

(54) 发明名称

圆形电容阵列无功补偿装置

(57) 摘要

本申请公开了一种圆形电容阵列无功补偿装置,涉及电力设备,该装置中,第一至第N辅助开关依次串联成环状;第一至第N电容单元均由电容器和投切开关串联而成;第一电容单元的第一端连接在所述第一辅助开关和第N辅助开关的连接点,所述第M电容单元的第一端连接在所述第M-1辅助开关和第M辅助开关的连接点;第一至第N电容单元的第二端均相互连接;第一接入开关的第一端与第一电容单元的第一端连接,第二接入开关与第二电容单元的第一端连接,第三接入开关的第一端与第一电容单元的第二端连接。本发明通过开关的组合可以实现多种电容值的接入,满足了电力系统对于大容值和小容值的无功功率补偿需要。



1. 一种圆形电容阵列无功补偿装置, 其特征在于, 包括: 第一辅助开关、第二辅助开关、第三辅助开关、第四辅助开关、第五辅助开关、第六辅助开关、第七辅助开关和第八辅助开关、第一电容单元、第二电容单元、第三电容单元、第四电容单元、第五电容单元、第六电容单元、第七电容单元和第八电容单元, 第一接入开关、第二接入开关和第三接入开关;

所述第一辅助开关、所述第二辅助开关、所述第三辅助开关、所述第四辅助开关、所述第五辅助开关、所述第六辅助开关、所述第七辅助开关和所述第八辅助开关依次串联成环状;

所述第一电容单元、所述第二电容单元、所述第三电容单元、所述第四电容单元、所述第五电容单元、所述第六电容单元、所述第七电容单元和所述第八电容单元均由电容器和投切单元串联而成;

所述第一电容单元的第一端连接在所述第一辅助开关和第八辅助开关的连接点, 所述第二电容单元的第一端连接在所述第一辅助开关和第二辅助开关的连接点, 所述第三电容单元的第一端连接在所述第二辅助开关和第三辅助开关的连接点, 所述第四电容单元的第一端连接在所述第三辅助开关和第四辅助开关的连接点, 所述第五电容单元的第一端连接在所述第四辅助开关和第五辅助开关的连接点, 所述第六电容单元的第一端连接在所述第五辅助开关和第六辅助开关的连接点, 所述第七电容单元的第一端连接在所述第六辅助开关和第七辅助开关的连接点, 所述第八电容单元的第一端连接在所述第七辅助开关和第八辅助开关的连接点;

所述第一电容单元的第二端、所述第二电容单元的第二端、所述第三电容单元的第二端、所述第四电容单元的第二端、所述第五电容单元的第二端、所述第六电容单元的第二端、所述第七电容单元的第二端和所述第八电容单元的第二端均相互连接;

所述第一接入开关的第一端与所述第一电容单元的第一端连接, 所述第一接入开关的第二端作为第一接入点, 所述第二接入开关与所述第二电容单元的第一端连接, 所述第三接入开关的第一端与所述第一电容单元的第二端连接, 所述第二接入开关的第二端和所述第三接入开关的第二端连接且作为第二接入点。

2. 根据权利要求1所述的圆形电容阵列无功补偿装置, 其特征在于, 所述第二接入点还连接有接入电感。

3. 根据权利要求1所述的圆形电容阵列无功补偿装置, 其特征在于, 各所述投切单元均由两个方向相反的晶闸管并联而成。

4. 根据权利要求1所述的圆形电容阵列无功补偿装置, 其特征在于, 各所述电容器的电容值均相同。

5. 根据权利要求3所述的圆形电容阵列无功补偿装置, 其特征在于, 所述装置还包括控制器, 所述控制器用于控制所述第一辅助开关、所述第二辅助开关、所述第三辅助开关、所述第四辅助开关、所述第五辅助开关、所述第六辅助开关、所述第七辅助开关、所述第八辅助开关、第一接入开关、第二接入开关、第三接入开关以及各所述投切单元。

6. 根据权利要求5所述的圆形电容阵列无功补偿装置, 其特征在于, 所述控制器基于电网工频控制各所述投切单元, 使得所述投切单元中两个晶闸管随所述电网工频交替导通。

7. 一种圆形电容阵列无功补偿装置, 其特征在于, 包括: 第一至第N辅助开关, 第一至第N电容单元、第一接入开关、第二接入开关和第三接入开关, 其中, N大于等于三且不等于八

的正整数；

所述第一至第N辅助开关依次串联成环状；

所述第一至第N电容单元均由电容器和投切单元串联而成；

所述第一电容单元的第一端连接在所述第一辅助开关和第N辅助开关的连接点，所述第M电容单元的第一端连接在所述第M-1辅助开关和第M辅助开关的连接点，所述M为2~N的正整数；

所述第一至第N电容单元的第二端均相互连接；

所述第一接入开关的第一端与所述第一电容单元的第一端连接，所述第一接入开关的第二端作为第一接入点，所述第二接入开关与所述第二电容单元的第一端连接，所述第三接入开关的第一端与所述第一电容单元的第二端连接，所述第二接入开关的第二端和所述第三接入开关的第二端连接且作为第二接入点。

8. 根据权利要求7所述的圆形电容阵列无功补偿装置，其特征在于，各所述投切单元均由两个方向相反的晶闸管并联而成。

9. 根据权利要求8所述的圆形电容阵列无功补偿装置，其特征在于，所述装置还包括控制器，所述控制器用于控制所述第一至第N辅助开关、第一接入开关、第二接入开关、第三接入开关以及各所述投切单元。

10. 根据权利要求9所述的圆形电容阵列无功补偿装置，其特征在于，所述控制器基于电网工频控制各所述投切单元，使得所述投切单元中两个晶闸管随所述电网工频交替导通。

圆形电容阵列无功补偿装置

技术领域

[0001] 本申请涉及电力设备,特别是一种圆形电容阵列无功补偿装置。

背景技术

[0002] 在当前电网运行体系里,系统无功补偿主要采用固定电容器(FC)和晶闸管投切电容器(TSC),其可以进行快速深度无功补偿,以实现电能质量优化。FC和TSC具有简单、易操作、经济等优化,其也具备良好的补偿特性,但随着电能质量要求的提高,系统对无功调节精度提出了更高的要求,TSC的固定电容补偿已不能满足系统的无功需求。

发明内容

[0003] 有鉴于此,本申请的目的在于:提供一种圆形电容阵列无功补偿装置,以实现高精度的电容补偿。

[0004] 第一方面,本申请实施例提供了:

[0005] 一种圆形电容阵列无功补偿装置,包括:第一辅助开关、第二辅助开关、第三辅助开关、第四辅助开关、第五辅助开关、第六辅助开关、第七辅助开关和第八辅助开关、第一电容单元、第二电容单元、第三电容单元、第四电容单元、第五电容单元、第六电容单元、第七电容单元和第八电容单元,第一接入开关、第二接入开关和第三接入开关;

[0006] 所述第一辅助开关、所述第二辅助开关、所述第三辅助开关、所述第四辅助开关、所述第五辅助开关、所述第六辅助开关、所述第七辅助开关和所述第八辅助开关依次串联成环状;

[0007] 所述第一电容单元、所述第二电容单元、所述第三电容单元、所述第四电容单元、所述第五电容单元、所述第六电容单元、所述第七电容单元和所述第八电容单元均由电容器和投切单元串联而成;

[0008] 所述第一电容单元的第一端连接在所述第一辅助开关和第八辅助开关的连接点,所述第二电容单元的第一端连接在所述第一辅助开关和第二辅助开关的连接点,所述第三电容单元的第一端连接在所述第二辅助开关和第三辅助开关的连接点,所述第四电容单元的第一端连接在所述第三辅助开关和第四辅助开关的连接点,所述第五电容单元的第一端连接在所述第四辅助开关和第五辅助开关的连接点,所述第六电容单元的第一端连接在所述第五辅助开关和第六辅助开关的连接点,所述第七电容单元的第一端连接在所述第六辅助开关和第七辅助开关的连接点,所述第八电容单元的第一端连接在所述第七辅助开关和第八辅助开关的连接点;

[0009] 所述第一电容单元的第二端、所述第二电容单元的第二端、所述第三电容单元的第二端、所述第四电容单元的第二端、所述第五电容单元的第二端、所述第六电容单元的第二端、所述第七电容单元的第二端和所述第八电容单元的第二端均相互连接;

[0010] 所述第一接入开关的第一端与所述第一电容单元的第一端连接,所述第一接入开关的第二端作为第一接入点,所述第二接入开关与所述第二电容单元的第一端连接,所述

第三接入开关的第一端与所述第一电容单元的第二端连接,所述第二接入开关的第二端和所述第三接入开关的第二端连接且作为第二接入点。

[0011] 在一些实施例中,所述第二接入点还连接有接入电感。

[0012] 在一些实施例中,各所述投切单元均由两个方向相反的晶闸管并联而成。

[0013] 在一些实施例中,各所述电容器的电容值均相同。

[0014] 在一些实施例中,所述装置还包括控制器,所述控制器用于控制所述第一辅助开关、所述第二辅助开关、所述第三辅助开关、所述第四辅助开关、所述第五辅助开关、所述第六辅助开关、所述第七辅助开关、所述第八辅助开关、第一接入开关、第二接入开关、第三接入开关以及各所述投切单元。

[0015] 在一些实施例中,所述控制器基于电网工频控制各所述投切单元,使得所述投切单元中两个晶闸管随所述电网工频交替导通。

[0016] 第二方面,本申请实施例提供了:

[0017] 一种圆形电容阵列无功补偿装置,包括:第一至第N辅助开关,第一至第N电容单元、第一接入开关、第二接入开关和第三接入开关,其中,N大于等于三且不等于八的正整数;

[0018] 所述第一至第N辅助开关依次串联成环状;

[0019] 所述第一至第N电容单元均由电容器和投切单元串联而成;

[0020] 所述第一电容单元的第一端连接在所述第一辅助开关和第N辅助开关的连接点,所述第M电容单元的第一端连接在所述第M-1辅助开关和第M辅助开关的连接点,所述M为2~N的正整数;

[0021] 所述第一至第N电容单元的第二端均相互连接;

[0022] 所述第一接入开关的第一端与所述第一电容单元的第一端连接,所述第一接入开关的第二端作为第一接入点,所述第二接入开关与所述第二电容单元的第一端连接,所述第三接入开关的第一端与所述第一电容单元的第二端连接,所述第二接入开关的第二端和所述第三接入开关的第二端连接且作为第二接入点。

[0023] 在一些实施例中,各所述投切单元均由两个方向相反的晶闸管并联而成。

[0024] 在一些实施例中,所述装置还包括控制器,所述控制器用于控制所述第一至第N辅助开关、第一接入开关、第二接入开关、第三接入开关以及各所述投切单元。

[0025] 在一些实施例中,所述控制器基于电网工频控制各所述投切单元,使得所述投切单元中两个晶闸管随所述电网工频交替导通。

[0026] 本申请实施例通过装置的结构,可以通过调整辅助开关的闭合状态以及三个接入开关的闭合状态来改变接入的电容大小,本发明通过开关的组合可以实现多种电容值的接入,满足了电力系统对于大容值和小容值的无功功率补偿需要。

附图说明

[0027] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图做一简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

- [0028] 图1是本发明实施例提供的一种圆形电容阵列无功补偿装置的结构示意图；
- [0029] 图2是本发明实施例提供的圆形电容阵列无功补偿装置的应用示意图；
- [0030] 图3是本发明实施例提供的圆形电容阵列无功补偿装置大容值补偿模式下的可选补充方式示意图；
- [0031] 图4是本发明实施例提供的容值为1C补偿路径的示意图；
- [0032] 图5是本发明实施例提供的容值为2C补偿路径的示意图；
- [0033] 图6是本发明实施例提供的容值为3C补偿路径的示意图；
- [0034] 图7是本发明实施例提供的容值为4C补偿路径的示意图；
- [0035] 图8是本发明实施例提供的容值为5C补偿路径的示意图；
- [0036] 图9是本发明实施例提供的容值为6C补偿路径的示意图；
- [0037] 图10是本发明实施例提供的容值为7C补偿路径的示意图；
- [0038] 图11是本发明实施例提供的容值为8C补偿路径的示意图；
- [0039] 图12是是本发明实施例提供的圆形电容阵列无功补偿装置小容值补偿模式下的可选补充方式示意图；
- [0040] 图13是本发明实施例提供的容值为 $C/2$ 补偿路径的示意图；
- [0041] 图14是本发明实施例提供的容值为 $2C/3$ 补偿路径的示意图；
- [0042] 图15是本发明实施例提供的容值为 $3C/4$ 补偿路径的示意图；
- [0043] 图16是本发明实施例提供的容值为 $4C/5$ 补偿路径的示意图；
- [0044] 图17是本发明实施例提供的容值为 $5C/6$ 补偿路径的示意图；
- [0045] 图18是本发明实施例提供的容值为 $6C/7$ 补偿路径的示意图；
- [0046] 图19是本发明实施例提供的容值为 $7C/8$ 补偿路径的示意图；
- [0047] 图20是本发明实施例提供的容值为C补偿路径的示意图；
- [0048] 图21是本发明实施例提供的容值为 $6C/5$ 补偿路径的示意图；
- [0049] 图22是本发明实施例提供的容值为 $4C/3$ 补偿路径的示意图；
- [0050] 图23是本发明实施例提供的容值为 $10C/7$ 补偿路径的示意图；
- [0051] 图24是本发明实施例提供的容值为 $3C/2$ 补偿路径的示意图；
- [0052] 图25是本发明实施例提供的容值为 $3C/2$ 的另一种补偿路径的示意图；
- [0053] 图26是本发明实施例提供的容值为 $12C/7$ 补偿路径的示意图；
- [0054] 图27是本发明实施例提供的容值为 $15C/8$ 补偿路径的示意图；
- [0055] 图28是本发明实施例提供的容值为2C补偿路径的示意图。

具体实施方式

[0056] 为使本申请的目的、技术方案和优点更加清楚，以下将参照本申请实施例中的附图，通过实施方式清楚、完整地描述本申请的技术方案，显然，所描述的实施例是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本申请保护的范围。

[0057] 本专利提出一种圆形电容阵列无功补偿装置，装置可根据实际情况需要选着适当的电容值进行串并联以及星、三角形连接，从而利用有限的电容搭配出阻抗值不同的等效电容，进而达到对无功较为精确地补偿。虽然不能跟踪无功需求的变化，即不能实现对无功

功率的动态补偿,但是将无功补偿连续曲线划分为阶梯式进行补偿,阶梯划分越细,分段越多,对无功补偿的精度也就越高,这样也能满足实际的需求。

[0058] 参照图2,本实施例公开一种圆形电容阵列无功补偿装置,其可以应用在如图2所示的交流输入场景中,本装置包括:第一辅助开关A1、第二辅助开关A2、第三辅助开关A3、第四辅助开关A4、第五辅助开关A5、第六辅助开关A6、第七辅助开关A7和第八辅助开关A8、第一电容单元(包括第一电容C1和第一投切开关a1)、第二电容单元(包括第二电容C2和第二投切开关a2)、第三电容单元(包括第三电容C3和第三投切开关a3)、第四电容单元(包括第四电容C4和第四投切开关a4)、第五电容单元(包括第五电容C5和第五投切开关a5)、第六电容单元(包括第六电容C6和第六投切开关a6)、第七电容单元(包括第七电容C7和第七投切开关a7)和第八电容单元(包括第八电容C8和第八投切开关a8),第一接入开关S1、第二接入开关S2和第三接入开关S3;

[0059] 所述第一辅助开关A1、所述第二辅助开关A2、所述第三辅助开关A3、所述第四辅助开关A4、所述第五辅助开关A5、所述第六辅助开关A6、所述第七辅助开关A7和所述第八辅助开关A8依次串联成环状;

[0060] 所述第一电容单元、所述第二电容单元、所述第三电容单元、所述第四电容单元、所述第五电容单元、所述第六电容单元、所述第七电容单元和所述第八电容单元均由电容器和投切开关串联而成;

[0061] 所述第一电容单元的第一端连接在所述第一辅助开关A1和第八辅助开关A8的连接点,所述第二电容单元的第一端连接在所述第一辅助开关A1和第二辅助开关A2的连接点,所述第三电容单元的第一端连接在所述第二辅助开关A2和第三辅助开关A3的连接点,所述第四电容单元的第一端连接在所述第三辅助开关A3和第四辅助开关A4的连接点,所述第五电容单元的第一端连接在所述第四辅助开关A4和第五辅助开关A5的连接点,所述第六电容单元的第一端连接在所述第五辅助开关A5和第六辅助开关A6的连接点,所述第七电容单元的第一端连接在所述第六辅助开关A6和第七辅助开关A7的连接点,所述第八电容单元的第一端连接在所述第七辅助开关A7和第八辅助开关A8的连接点;

[0062] 所述第一电容单元的第二端、所述第二电容单元的第二端、所述第三电容单元的第二端、所述第四电容单元的第二端、所述第五电容单元的第二端、所述第六电容单元的第二端、所述第七电容单元的第二端和所述第八电容单元的第二端均相互连接;

[0063] 所述第一接入开关的第一端与所述第一电容单元的第一端连接,所述第一接入开关的第二端作为第一接入点,所述第二接入开关与所述第二电容单元的第一端连接,所述第三接入开关的第一端与所述第一电容单元的第二端连接,所述第二接入开关的第二端和所述第三接入开关的第二端连接且作为第二接入点。

[0064] 在一些实施例中,所述第二接入点还连接有接入电感。

[0065] 在一些实施例中,各所述投切单元均由两个方向相反的晶闸管并联而成。

[0066] 在一些实施例中,各所述电容器的电容值均相同,且均为C。

[0067] 在一些实施例中,所述装置还包括控制器,所述控制器用于控制所述第一辅助开关、所述第二辅助开关、所述第三辅助开关、所述第四辅助开关、所述第五辅助开关、所述第六辅助开关、所述第七辅助开关、所述第八辅助开关、第一接入开关、第二接入开关、第三接入开关以及各所述投切单元。

[0068] 在一些实施例中,所述控制器基于电网工频控制各所述投切单元,使得所述投切单元中两个晶闸管随所述电网工频交替导通。

[0069] 基于以上结构可知,该装置一共有两个输出端口(即两个接入端),其中端口A与第一接入开关S1相连,第一接入开关S1另一端与圆上边节点相连,该节点的位置是可以变动的,一共有八个位置可供选择,由于该系统的对称性,加上这八个位置是八个等位点,这样就大大地增加了系统电容器接入电路的多样性,同时也大大提高了整个系统工作时的容错率。另一端B同过一电感值很小的电感与第二接入开关S2和第二接入开关S3相连,此时的电感主要是为了抑制电容接入电路时所产生的冲击电流,第二接入开关S3能与圆上任意边节点相连,第二接入开关S2主要与圆的中心节点相连。第二接入开关S2和第三接入开关S3并不能同时接入,由于接入开关接入的不同,也决定了整个电容器阵列的工作模式的不同。

[0070] 补偿功能的实现主要通过闭合辅助开关A1~A8和第一接入开关S1、第二接入开关S2、第三接入开关S3,将若干个电容串并联起来,利用串并联以及星形三角形连接组合出不同的电容器容量规格,进而可以根据电网需要补偿的无功需求来决定投入系统电容的容量,从而选择合适大小的电容的接入,进而实现对于无功功率的动态补偿。接入开关的闭合,决定了电容无功补偿阵列的工作模式,第一接入开关S1和第二接入开关S2的闭合,主要是进行倍容补偿,此种模式下主要是为了满足较大数值的无功功率补偿模式。第二接入开关S2和第三接入开关S3的闭合,主要是实现小数值的无功补偿。为了方便描述,用A1~A8表示第一至第八辅助开关,用S1表示第一接入开关,S2表示第二接入开关,S3表示第三接入开关,C1~C8表示第一至第八电容,以0表示C1~C8的连接点,a1~a8表示C1~C8对应的投切开关。

[0071] 下面对本发明的工作原理进行说明:

[0072] 由于电路图的对称性,所选的点不同,实现的路径也不同,因此通过路径的举例来分析等效电容值。为了方便叙述,简化电路模型。将开关S1和开关S3的活动端点分别与边节点A1、A2连接起来,并将其固定住。A端的电容的串并联选取法:按顺时针方向进行选择。B端的电容串并联选取法则:按逆时针方向进行选取。两个子电容模块分别选择不同数量的电容进行并联,然后将两个子模块进行串联起来,得到更加精细的电容值。

[0073] 大数值补偿模式:

[0074] 当接入开关S1/S2闭合之后,无功补偿单元主要进行倍容补偿。此时,A端口和B端口只需要任选取一端作为输出端。根据实际需要的无功补偿,首先确定合适的无功补偿空间,再闭合相对数量的辅助开关A1~A8就能获得C~8C的电容容量,可选的电容值情况如图3所示。为了方便叙述,此时选用A端口作为输出端,并按A1至A8的顺序依次闭合辅助开关。

[0075] 参照图4,当只有辅助开关A1闭合时,此时只有电容(例如C1)被接入电路,系统进行C的无功补偿。

[0076] 参照图5,当辅助开关有A1、A2闭合时,此时有两只电容(C1、C2)并联接入电路,系统进行2C的无功补偿。

[0077] 参照图6,当辅助开关有A1、A2、A3闭合时,此时有三只电容(C1、C2、C3)被接入电路,系统进行3C的无功补偿。

[0078] 参照图7,当辅助开关有A1、A2、A3、A4闭合时,此时有四只电容(C1、C2、C3、C4)被接入电路,系统进行4C的无功补偿。

[0079] 参照图8,当辅助开关有A1、A2、A3、A4、A5闭合时,此时有五只电容(C1、C2、C3、C4、C5)被接入电路,系统进行5C的无功补偿。

[0080] 参照图9,当辅助开关有A1、A2、A3、A4、A5、A6闭合时,此时有六只电容(例如C1、C2、C3、C4、C5、C6)被接入电路,系统进行6C的无功补偿。

[0081] 参照图10,当辅助开关有A1、A2、A3、A4、A5、A6、A7闭合时,此时有七只电容(例如C1、C2、C3、C4、C5、C6、C7)被接入电路,系统进行7C的无功补偿。

[0082] 参照图11,当全部辅助开关闭合时,此时全部电容被接入电路,系统进行8C的无功补偿。

[0083] 表1示出所有的可选的电容值。

[0084] 表1

无功输出状态	闭合开关									
C	S1 S2									
2C	S1 S2 A1									
3C	S1 S2 A1 A2									
4C	S1 S2 A1 A2 A3									
5C	S1 S2 A1 A2 A3 A4									
6C	S1 S2 A1 A2 A3 A4 A5									
7C	S1 S2 A1 A2 A3 A4 A5 A6									
8C	S1 S2 A1 A2 A3 A4 A5 A6 A7									

[0085] 小数值补偿模式:

[0087] 下面就是本实施例新型电容阵列的第二种工作模式:参照图12,本实施例将0~2C的区间划分为15个小段。细化分区区间,进而能大大提高电容阵列的补偿精度,提高了电容无功补偿的动态特性。为了方便说明电路的工作原理。与A端相连接的电容从C1-C8-C7-C6-C5-C4-C3-C2-C1的顺序依次选取。与B端直接相连的电容从C2-C3-C4-C5-C6-C7-C8-C1-C2的顺序依次相连。

[0088] 如图13所示,当接入开关S1、S3闭合、无任何辅助开关接入时,此时有C1和C2两只电容串联接入电路,此时电容阵列的电容等效值为C/2,系统进行C/2无功补偿。

[0089] 参照图14,当接入开关S1、S3闭合、只有辅助开关A2接入电路时,此时有3只电容接入电路,其中C2C3并联之后与C1串联接入电路,此时电容阵列的等效电容为2C/3,系统进行了2C/3的无功补偿。

[0090] 参照图15,当接入开关S1、S3闭合、辅助开关A2和A3接入电路时,此时有4只电容接入电路,其中C2、C3、C4并联之后与C1串联接入电路,此时电容阵列的等效电容为3C/4,系统进行了3C/4的无功补偿。

[0091] 参照图16,当接入开关S1、S3闭合、只有辅助开关A2、A3、A4接入电路时,此时有5只

电容接入电路,其中C2、C3、C4、C5并联之后与C1串联接入电路,此时电容阵列的等效电容为 $4C/5$,系统进行了 $4C/5$ 的无功补偿。

[0092] 参照图17,当接入开关S1、S3闭合、只有辅助开关A2、A3、A4、A5接入电路时,此时有6只电容接入电路,其中C2、C3、C4、C5、C6并联之后与C1串联接入电路,此时电容阵列的等效电容为 $5C/6$,系统进行了 $5C/6$ 的无功补偿。

[0093] 参照图18,当接入开关S1、S3闭合、只有辅助开关A2、A3、A4、A5、A6接入电路时,此时有7只电容接入电路,其中C2、C3、C4、C5、C6、C7并联之后与C1串联接入电路,此时电容阵列的等效电容为 $6C/7$,系统进行了 $6C/7$ 的无功补偿。

[0094] 参照图19,当接入开关S1、S3闭合、只有辅助开关A2、A3、A4、A5、A6、A7接入电路时,此时有8只电容接入电路,其中C2、C3、C4、C5、C6、C7、C8并联之后与C1串联接入电路,此时电容阵列的等效电容为 $7C/8$,系统进行了 $7C/8$ 的无功补偿。

[0095] 参照图20,当接入开关S1、S3闭合、只有辅助开关A8、A2接入电路时,此时有4只电容接入电路,其中C2、C3两两并联形成第一个电容子模块、C1、C8两两并联形成第二个电容子模块,这两个电容子模块再串联接入电路,此时电容阵列的等效电容为C,系统进行了C的电容补偿。

[0096] 参照图21,当接入开关S1、S3闭合、只有辅助开关A8、A2、A3接入电路时,此时有5只电容接入电路,其中第一个电容子模块由C2、C3、C4并联与第二个电容子模块由C1、C8两个电容并联形成,然后这两个电容子模块再串联接入电路,此时电容阵列的等效电容为 $6C/5$,系统进行了 $6C/5$ 的无功补偿。

[0097] 参照图22,当接入开关S1、S3闭合、只有辅助开关A8、A2、A3、A4接入电路时,此时有6只电容接入电路,其中C2、C3、C4、C5并联形成第一个电容子模块,C1、C8并联形成第二个电容子模块,这两个串联接入电路,此时电容阵列的等效电容为 $4C/3$,系统进行了 $4C/3$ 的无功补偿。

[0098] 参照图23,当接入开关S1、S3闭合、只有辅助开关A8、A2、A3、A4、A5接入电路时,此时有7只电容接入电路,其中C2、C3、C4、C5、C6并联形成第一个电容子模块,C1、C8并联形成第二个电容子模块,之后串联接入电路,此时电容阵列的等效电容为 $10C/7$,系统进行了 $10C/7$ 的无功补偿。

[0099] 参照图24,当接入开关S1、S3闭合、只有辅助开关A8、A2、A3、A4、A5、A6接入电路时,此时有8只电容接入电路,其中C2、C3、C4、C5、C6、C7并联形成第一个电容子模块,C1、C8并联形成第二个电容子模块,再串联接入电路。此时电容阵列的等效电容为 $3C/2$,系统进行了 $3C/2$ 的无功补偿。

[0100] 参照图25,当接入开关S1、S3闭合、只有辅助开关A8、A7、A2接入电路时,此时有6只电容接入电路,其中C2、C3、C4并联形成第一个电容子模块与C1、C8、C7并联形成第二个电容子模块,再串联接入电路,此时电容阵列的等效电容也为 $3C/2$,系统进行了 $3C/2$ 的无功补偿。

[0101] 参照图26,当接入开关S1、S3闭合、只有辅助开关A8、A7、A2、A3、A4接入电路时,此时有7只电容接入电路,其中C2、C3、C4、C5并联形成第一个电容子模块、C1、C8、C7并联形成第二个电容子模块,再串联接入电路,此时电容阵列的等效电容为 $12C/7$,系统进行了 $12C/7$ 的无功补偿。

[0102] 参照图27,当接入开关S1、S3闭合、只有辅助开关A8、A7、A2、A3、A4、A5接入电路时,此时有8只电容接入电路,其中C2、C3、C4、C5、C6并联形成第一个电容器子模块,C1、C8、C7并联形成第二个电容器子模块,再串联接入电路,此时电容阵列的等效电容为 $15C/8$,系统进行了 $15C/8$ 的无功补偿。

[0103] 参照图28,当接入开关S1、S3闭合、只有辅助开关A8、A7、A6、A2、A3、A4接入电路时,此时有8只电容接入电路,其中C2、C3、C4、C5并联形成第一个电容器子模块、C1、C8、C7、C6并联形成第二个电容器子模块,之后再串联接入电路,此时电容阵列的等效电容为 $2C$,系统进行了 $2C$ 的电容补偿。表2示出了所有可调电容值。

[0104] 表2

[0105]	C/2	2C/3	3C/4	4C/5	5C/6	6C/7	7C/8	C
	6C/5	8C/6	10C/7	3C/2	12C/7	15C/8	2C	

[0106] 本实施例公开了一种圆形电容阵列无功补偿装置,包括:第一至第N辅助开关,第一至第N电容单元、第一接入开关、第二接入开关和第三接入开关,其中,N大于等于三且不等于八的正整数;

[0107] 所述第一至第N辅助开关依次串联成环状;

[0108] 所述第一至第N电容单元均由电容器和投切单元串联而成;

[0109] 所述第一电容单元的第一端连接在所述第一辅助开关和第N辅助开关的连接点,所述第M电容单元的第一端连接在所述第M-1辅助开关和第M辅助开关的连接点,所述M为 $2 \sim N$ 的正整数;

[0110] 所述第一至第N电容单元的第二端均相互连接;

[0111] 所述第一接入开关的第一端与所述第一电容单元的第一端连接,所述第一接入开关的第二端作为第一接入点,所述第二接入开关与所述第二电容单元的第一端连接,所述第三接入开关的第一端与所述第一电容单元的第二端连接,所述第二接入开关的第二端和所述第三接入开关的第二端连接且作为第二接入点。

[0112] 在一些实施例中,各所述投切单元均由两个方向相反的晶闸管并联而成。

[0113] 在一些实施例中,所述装置还包括控制器,所述控制器用于控制所述第一至第N辅助开关、第一接入开关、第二接入开关、第三接入开关以及各所述投切单元。

[0114] 在一些实施例中,所述控制器基于电网工频控制各所述投切单元,使得所述投切单元中两个晶闸管随所述电网工频交替导通。

[0115] 在图1所示的结构中示出了 $N=8$ 的情形,在本实施例中认为基于上述结构可以推导出N为除了8以外的情形,并且这些实施例亦可以达到上述的技术效果。

[0116] 针对上述实施例的优点进行论述:

[0117] 由于当前晶闸管投切电容器属于一种固定电容器,其组合使用,往往只能搭配出几个固定数值用于系统的无功补偿。由于这种补偿机制天然的存在着一定的缺陷,有限的搭配方式决定了其有限的数值,从而严重的影响其的补偿精度,导致其动态性能大打折扣。因此,本专利提出了一种新型的电容阵列无功补偿方式,目的就是利用数目有限的固定电容值,尽可能多的搭配出多样化的电容组合方案。这样做的目的就是,将一个区间合理地拆分为若干个小区间,在每个小区间里选择一个合适的值,用一条数值合适大小的直线来近似替代相应的曲线,这就数学中常用的化曲为直的思想。随着区间划分的越细,一条条直线

就能近似的看作为一条曲线。这种利用有限的电容数值,进行多样化的排列组合,这样不仅丰富了系统使用的灵活性,而且也大大提高了传统电容器组的补偿精度和动态特性,同时其控制操作方式十分方便。简单可靠的电路设计,降低了整个系统的制造成本,为其大规模运用创造了巨大优势。同时电路结构的对称性,加之点是不固定的,这样电容是可以随机选择的,这样大大避免了对于一个电容的反复使用的情况,对延长整个系统的应用价值具有更加深远的意义。

[0118] 以上实施例公开的新型电容阵列无功补偿装置,小数值补偿模式一共有15种补偿模式,大数值补偿模式一共有8种补偿模式。当圆形系统的电容数量增加,该系统的可输出方案会大大丰富,整体的无功调节精度得到有效的提升。

[0119] 对于同一种无功输出,电容阵列具备多种工作模式,比如大数值补偿模式下,想要得到几倍C电容的无功补偿,只要相应闭合一定数量的辅助开关就能得到,闭合时可以随机选择,这大大地提高了系统的灵活性,提高了系统的容错率。如果系统有若干只电容发生了损坏,可以选用其他的电容进行替换。电容器的多样性的选择,相应又避免了单一电容器长时间投入运行的情况,这样大大延长整个系统电容器的使用寿命;同时,灵活的工作方式也提高了电容阵列补偿的可靠性,当出现某条电容支路出现损坏时,电容阵列的整体补偿不会受到太大的影响。

[0120] 本专利电容阵列的输出状态切换是通过控制开关的闭合来实现,控制简单、便捷,可实现无功功率的快速深度的补偿,数值上的丰富多样提高了整体电容阵列的动态性能。

[0121] 本专利采用化曲为直的思想,原本连续的无功变化曲线,为了减少无功电容阵列的频繁接入,我们拟采用的思想就是,将其划分为合适的区间,每个区间我们用一条直线近似替代相应的曲线。在合适的区间内,我们选择与之最接近的数值,这样大大减少开关接入电路的频率,延长电容阵列的寿命。

[0122] 电容器采用了新型的拓扑连接方式,通过控制不同电容的接入方式,改变电容器组的串并联组合方式,让原本数量有限的电容,进行有序的组合,构建出数值不同的电容值,增加其等效输出电容的选择,大大提高了整个系统的灵活性,优化了电容器组阶梯式补偿的无功精度,改善了电容器组无功补偿性能。

[0123] 新型电容阵列具有多种组合串并联连接方式,大大提高了选用的灵活性,同时无功输出功率可采用不同的连接方式,电容阵列具有更灵活调节能力。这些灵活性的调节能力也大大地提高了系统的实际应用性。新型电容阵列的灵活配置方式,可有效提高电容器组的运行安全可靠。当电容阵列中出现部分电容器组损坏时,更换接入方式,电容阵列仍能正常工作。

[0124] 该装置电路拓扑结构简单,制造成本较低,制造工序也比较少,适应于大规模工业制造,由于其低成本的优势,能在行业上的进行大规模应用和推广,其控制方式简单。在不增加电容器组的情况下,能够通过简单的控制优化电容器组的无功补偿精度,可提高对电网的无功补偿效果,具有很强的推广性和实际应用价值。

[0125] 注意,上述仅为本申请的较佳实施例及所运用技术原理。本领域技术人员会理解,本申请不限于这里所述的特定实施例,对本领域技术人员来说能够进行各种明显的变化、重新调整和替代而不会脱离本申请的保护范围。因此,虽然通过以上实施例对本申请进行了较为详细的说明,但是本申请不仅仅限于以上实施例,在不脱离本申请构思的情况下,还

可以包括更多其他等效实施例,而本申请的范围由所附的权利要求范围决定。

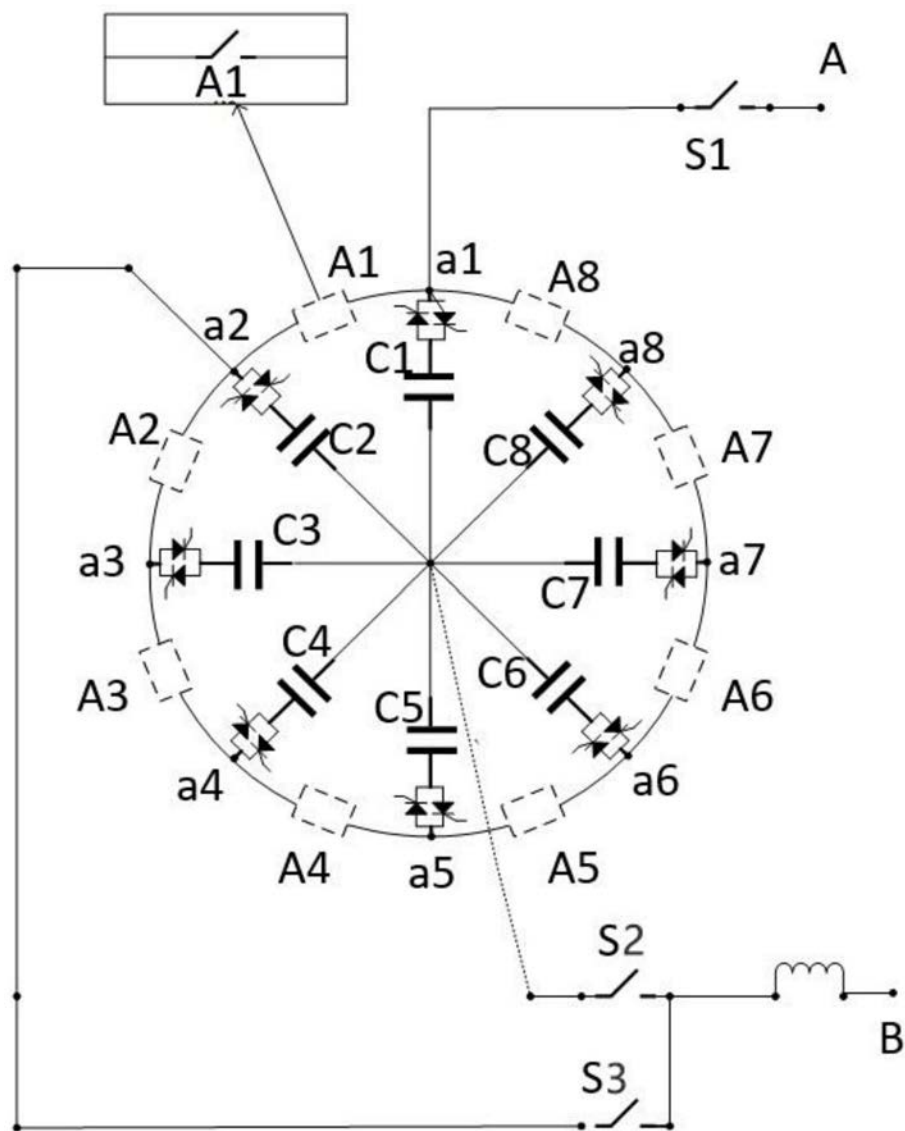


图1

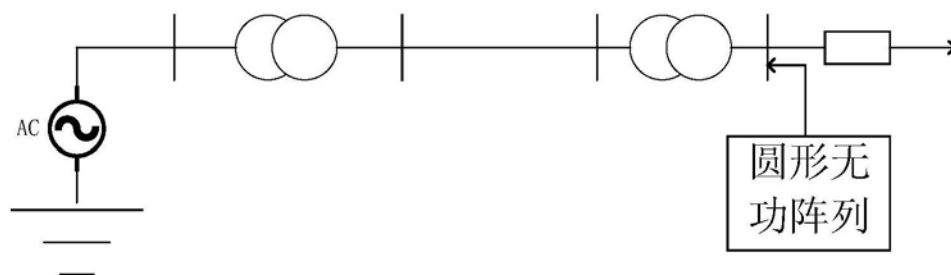


图2

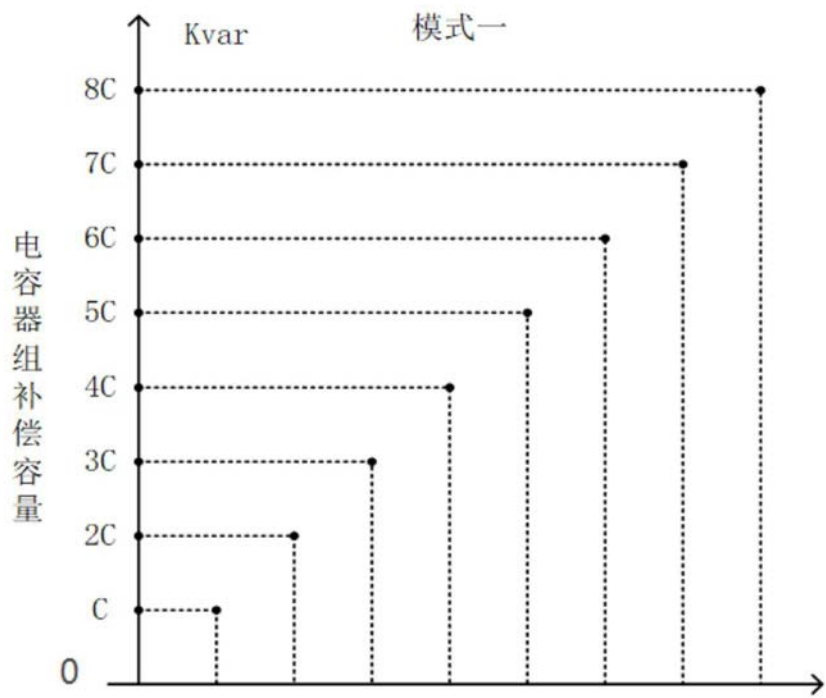


图3

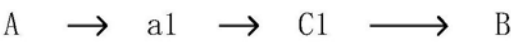


图4

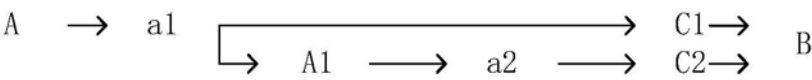


图5

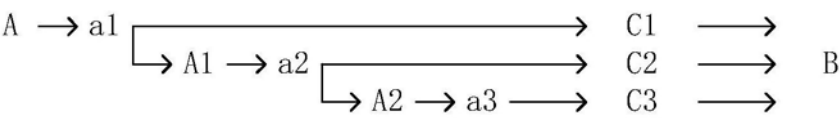


图6

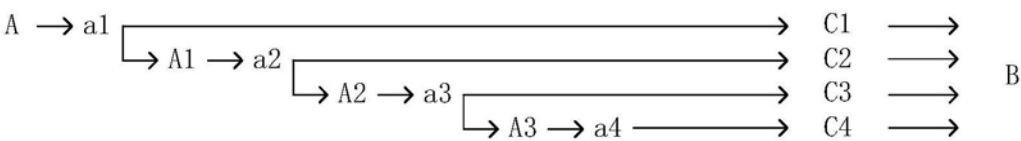


图7

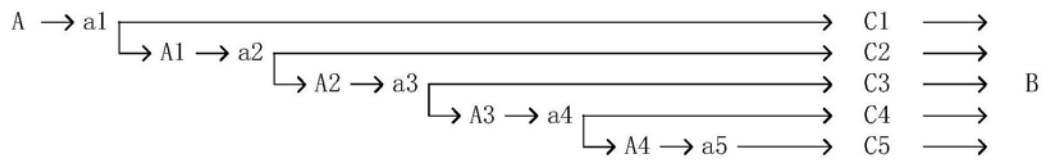


图8

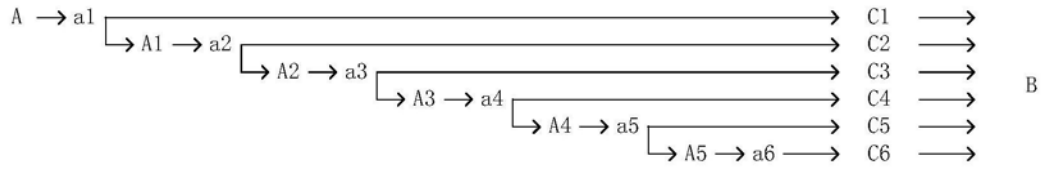


图9

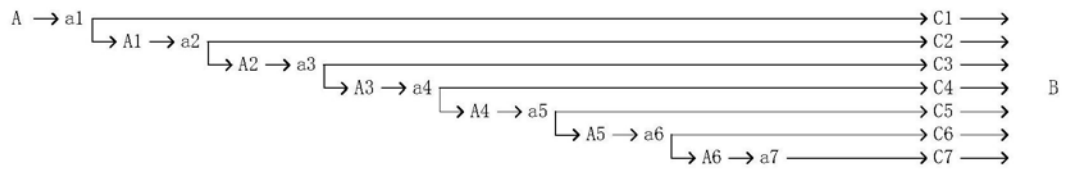


图10

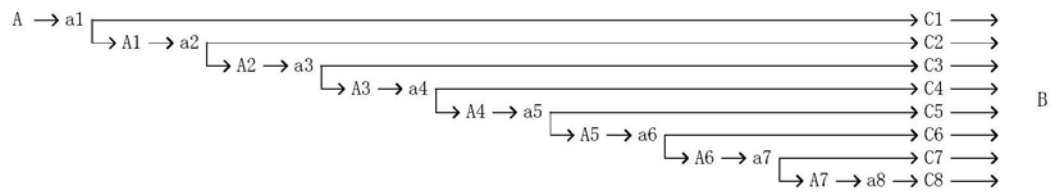


图11

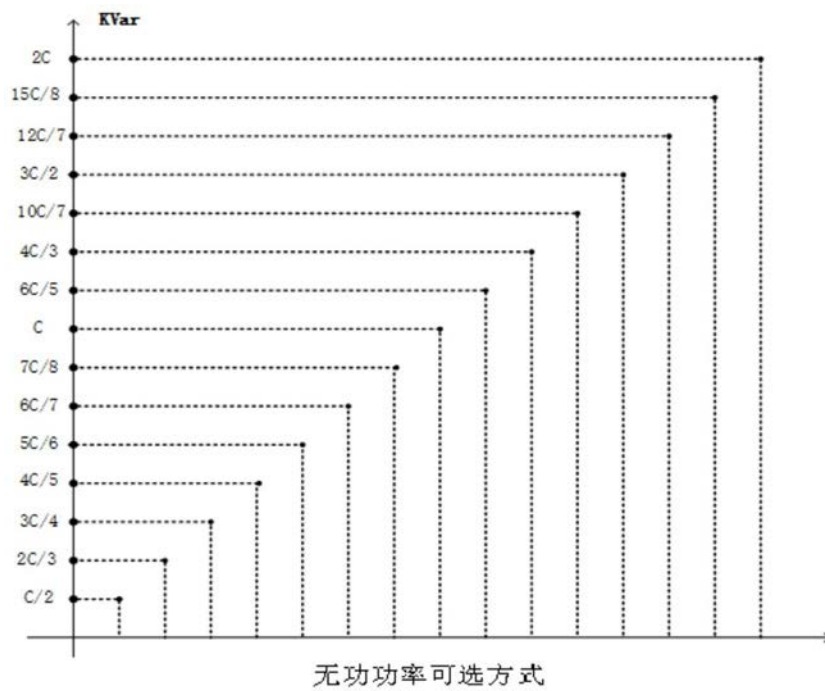


图12



图13

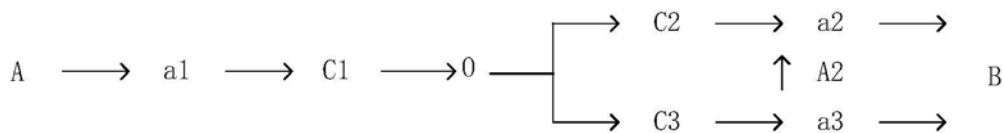


图14

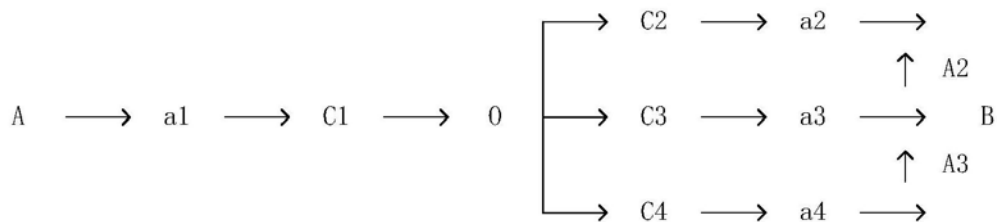


图15

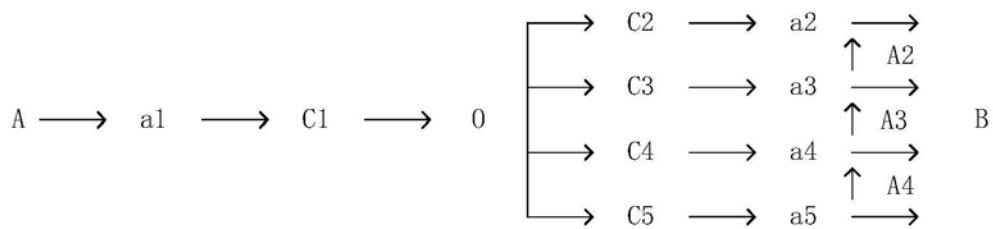


图16

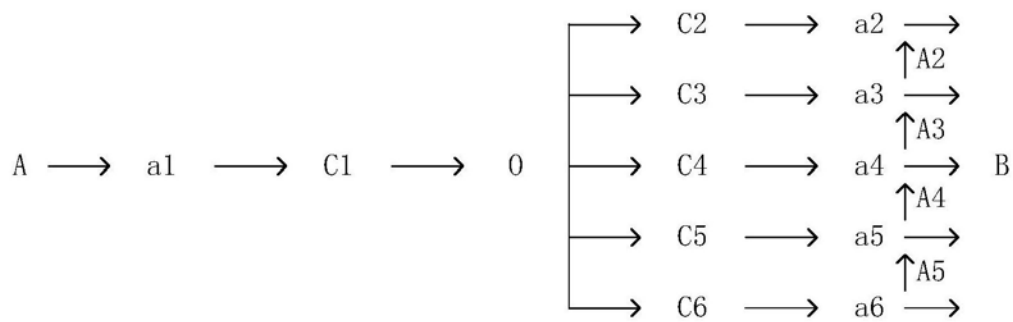


图17

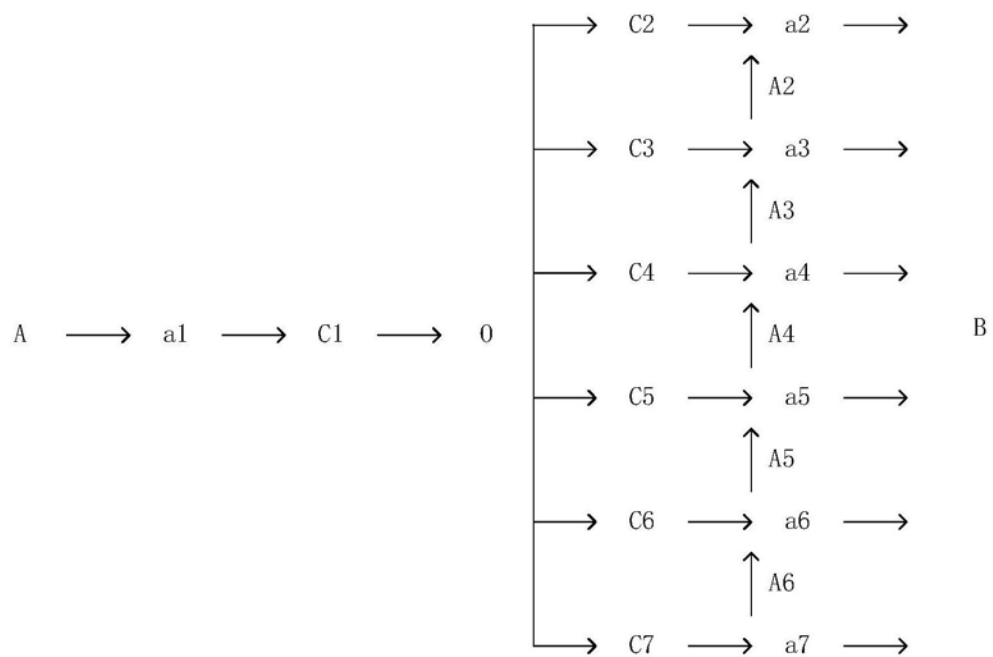


图18

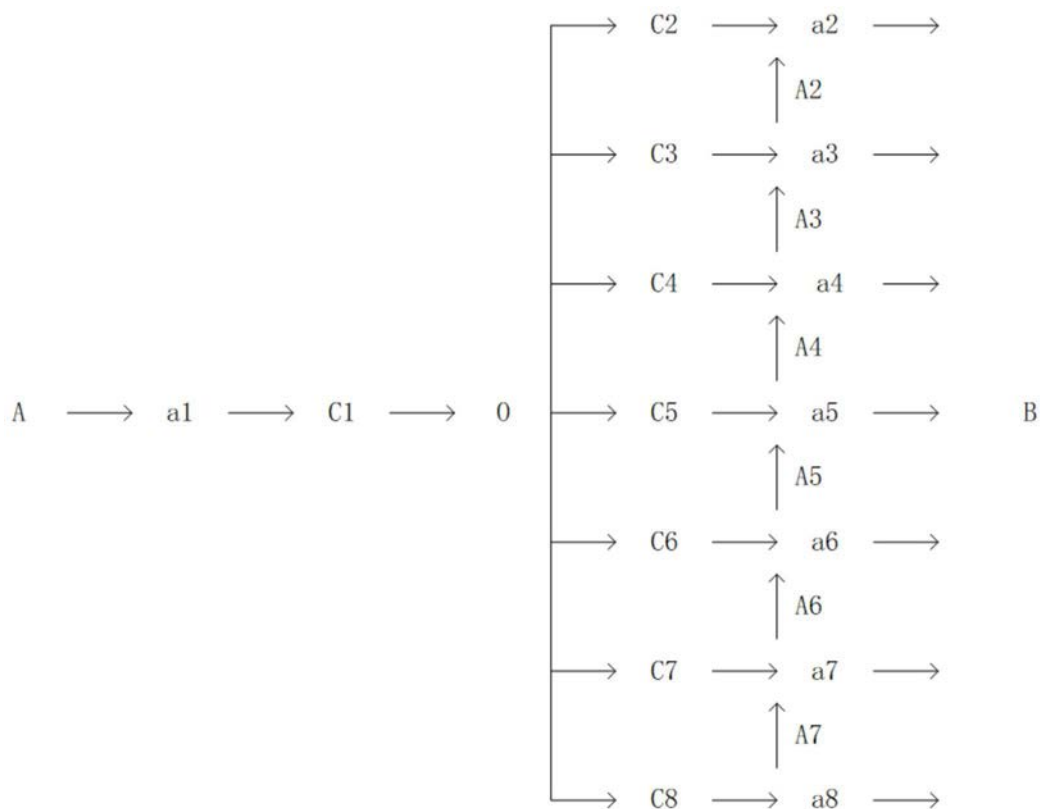


图19

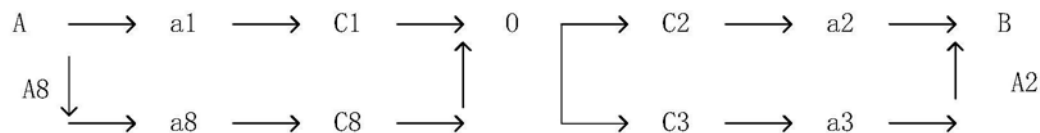


图20

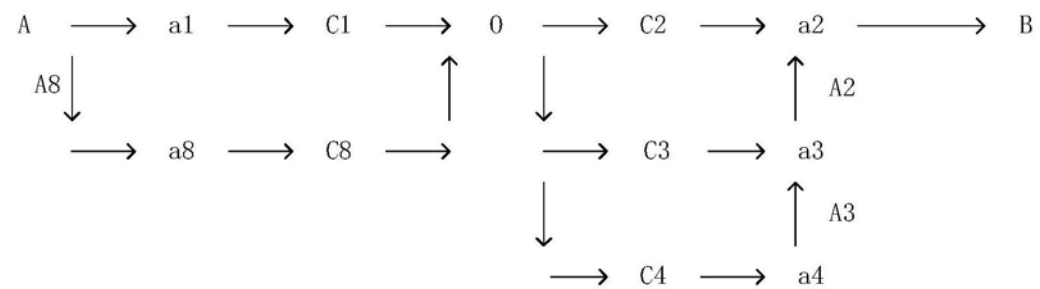


图21

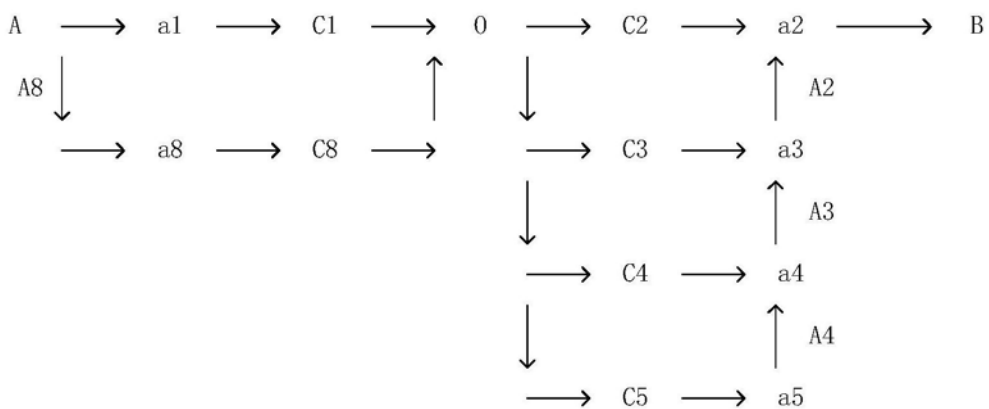


图22

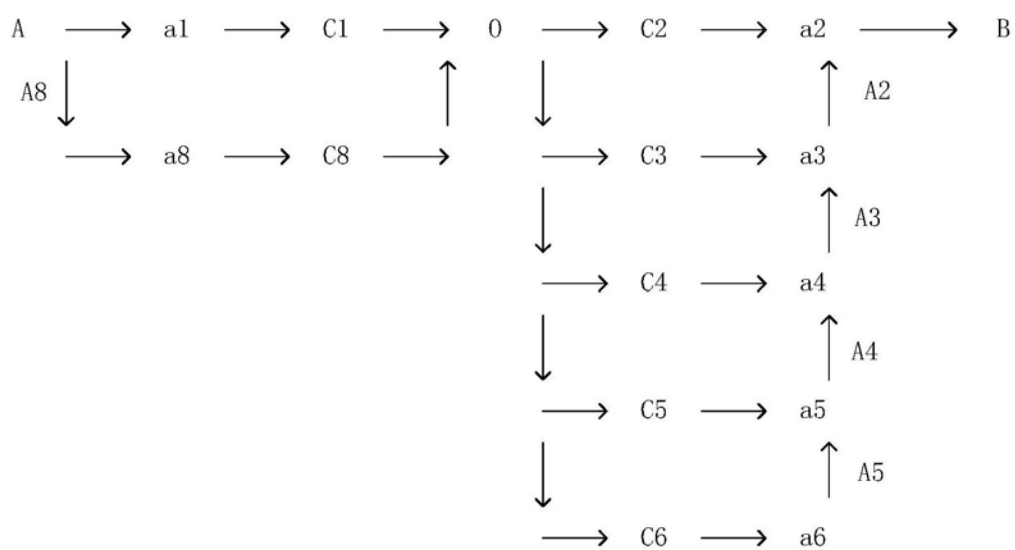


图23

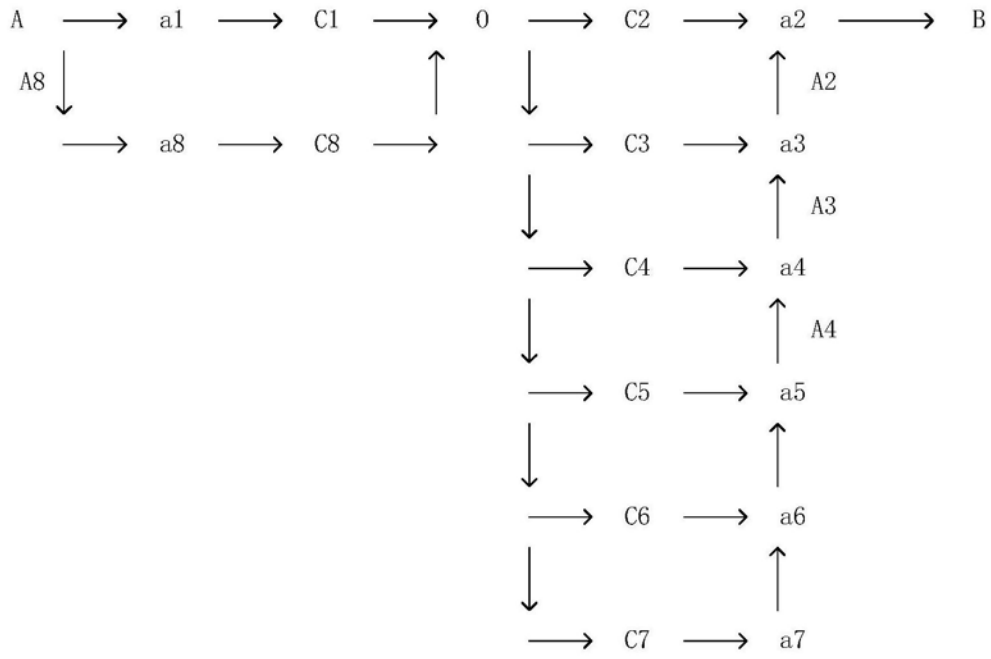


图24

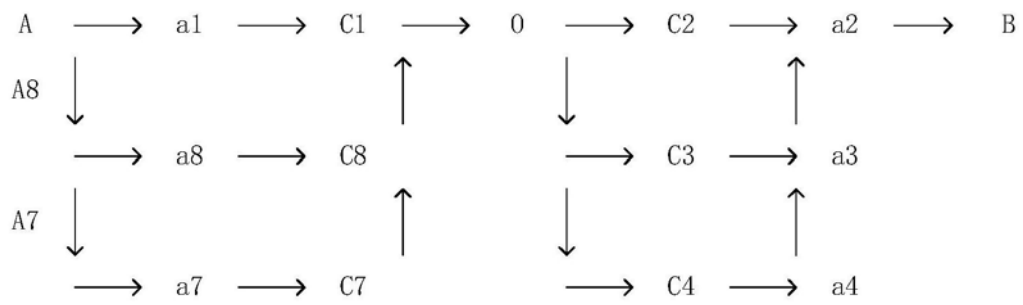


图25

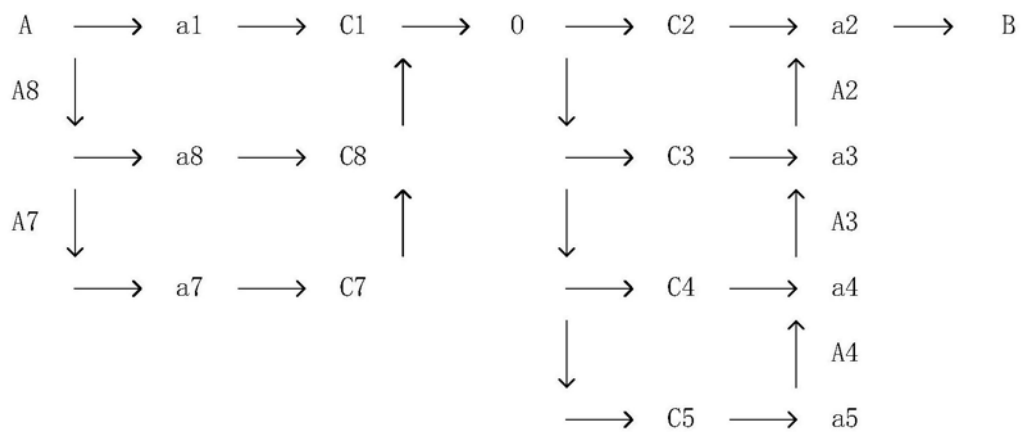


图26

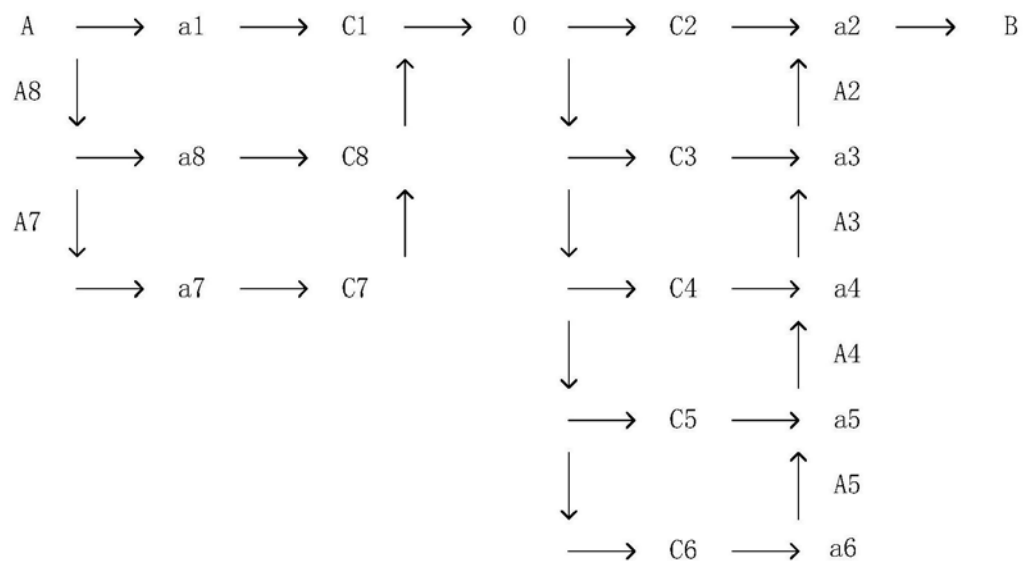


图27

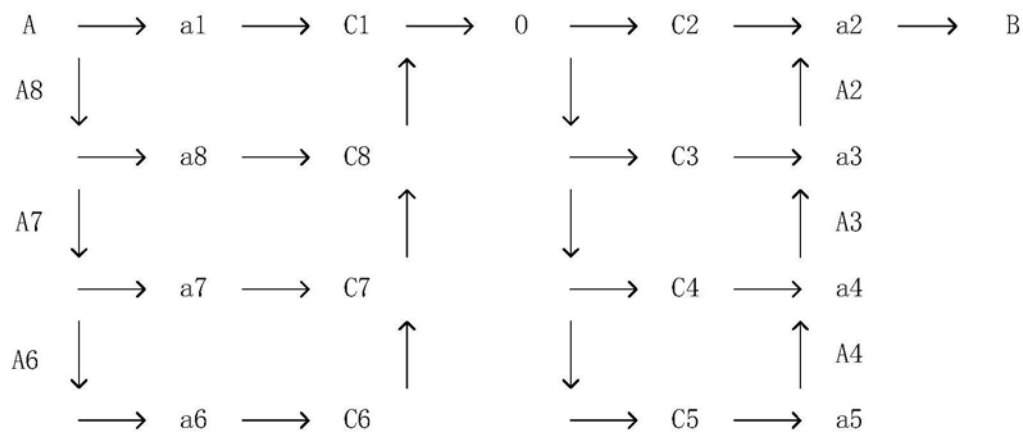


图28