



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106816883 B

(45)授权公告日 2019.12.06

(21)申请号 201710128992.X

(22)申请日 2017.03.06

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106816883 A

(43)申请公布日 2017.06.09

(73)专利权人 天津平高智能电气有限公司

地址 300304 天津市东丽区华明镇鸿泰路
与华裕路交叉口

专利权人 平高集团有限公司

国家电网公司

(72)发明人 付明志 王子驰 刘易雄 孟宪乐

姚颖 秦猛 魏义涛 葛媛媛

高楠 郭英杰 彭朝德 禹锦绣

(74)专利代理机构 郑州睿信知识产权代理有限公司 41119

代理人 崔旭东

(51)Int.Cl.

H02J 3/26(2006.01)

(56)对比文件

CN 106026142 A, 2016.10.12, 说明书第
[0023]段-[0026]段、图1.

CN 106026142 A, 2016.10.12, 说明书第
[0023]段-[0026]段、图1.

CN 102195287 A, 2011.09.21, 说明书第
[0007]段-[0016]段、图1、2、5.

CN 105656062 A, 2016.06.08, 全文.

CN 201821108 U, 2011.05.04, 全文.

审查员 闫朝

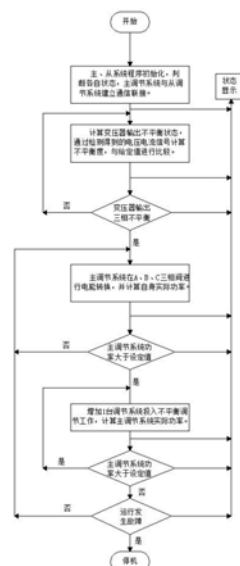
权利要求书2页 说明书6页 附图6页

(54)发明名称

三相不平衡调节系统并联投入系统、控制方法
及装置

(57)摘要

本发明涉及三相不平衡调节系统并联投入系统、控制方法及装置,将一台主三相不平衡调节系统并联投入电网的同时,该系统实时计算自身实际功率,当三相不平衡调节系统的实际功率大于设定的功率阈值时,将一台以上的从三相不平衡调节系统并联投入电网。本发明按照三相不平衡调节主系统中的实际功率情况,并联投入三相不平衡调节从系统的控制策略,满足了三相不平衡的调节需求,实现配电变压器输出侧三相不平衡的快速平滑调节,可以有效地降低配电线路的损耗、提高配电变压器的出力及提高配电系统安全运行能力,从而改善用户的供电质量。



1. 一种三相不平衡调节系统并联投入控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

1) 将一台三相不平衡调节系统作为主系统并联投入电网,进行三相不平衡调节;

2) 比较所述主系统的实际功率和设定的功率阈值,当主系统的实际功率大于功率阈值时,将至少一台备用三相不平衡调节系统作为从系统投入电网;待调节功率在主系统和从系统中平均分配;

其中,主系统和从系统均在用户负荷集群首端,从系统在不投入电网时,进行切除;

所述主系统和各从系统均包括连接电网的滤波充电单元,该滤波充电单元与信号采集处理单元、智能控制单元、功率变换单元依次连接;

所述智能控制单元用于根据信号采集处理单元采集到的三相电流中最大电流相的电流和最小电流相的电流,得到三相电流不平衡度实际值,将三相电流不平衡度实际值送入电压外环,并与三相电流不平衡度给定值作差,经过电压外环、电流内环的闭环控制,及帕克反变换,生成将三相电流中最大电流相向最小电流相进行有功功率补偿的控制信号,并将该控制信号发送至功率变换单元。

2. 根据权利要求1所述的三相不平衡调节系统并联投入控制方法,其特征在于,将至少一台三相不平衡调节系统作为从系统投入电网时,依次投入每台从系统,每投入一台从系统后,比较此时的主系统实际功率和功率阈值,当此时的主系统实际功率大于功率阈值时,投入下一台从系统。

3. 一种三相不平衡调节系统并联投入系统,其特征在于,包括一台三相不平衡调节主系统,和至少一台三相不平衡调节从系统,在投入时,将所述主系统投入电网,进行三相不平衡调节;比较所述主系统的实际功率和设定的功率阈值,当主系统的实际功率大于功率阈值时,将至少一台备用从系统投入电网;待调节功率在主系统和从系统中平均分配;其中,主系统和从系统均在用户负荷集群首端,从系统在不投入电网时,进行切除;所述主系统包括连接电网的滤波充电单元,该滤波充电单元与信号采集处理单元、智能控制单元、功率变换单元依次连接;

所述智能控制单元用于根据信号采集处理单元采集到的三相电流中最大电流相的电流和最小电流相的电流,得到三相电流不平衡度实际值,将三相电流不平衡度实际值送入电压外环,并与三相电流不平衡度给定值作差,经过电压外环、电流内环的闭环控制,及帕克反变换,生成将三相电流中最大电流相向最小电流相进行有功功率补偿的控制信号,并将该控制信号发送至功率变换单元。

4. 根据权利要求3所述的三相不平衡调节系统并联投入系统,其特征在于,将至少一台三相不平衡调节系统作为从系统投入电网时,依次投入每台从系统,每投入一台从系统后,比较此时的主系统实际功率和功率阈值,当此时的主系统实际功率大于功率阈值时,投入下一台从系统。

5. 一种三相不平衡调节系统并联投入控制装置,其特征在于,包括以下单元:

投入单元:用于将一台三相不平衡调节系统作为主系统并联投入电网,进行三相不平衡调节;

比较单元:用于比较所述主系统的实际功率和设定的功率阈值;

判断单元:用于当主系统的实际功率大于功率阈值时,将至少一台备用三相不平衡调节系统作为从系统并联投入电网;待调节功率在主系统和从系统中平均分配;

其中,主系统和从系统均在用户负荷集群首端,从系统在不投入电网时,进行切除;

所述主系统包括连接电网的滤波充电单元,该滤波充电单元与信号采集处理单元、智能控制单元、功率变换单元依次连接;

所述智能控制单元用于根据信号采集处理单元采集到的三相电流中最大电流相的电流和最小电流相的电流,得到三相电流不平衡度实际值,将三相电流不平衡度实际值送入电压外环,并与三相电流不平衡度给定值作差,经过电压外环、电流内环的闭环控制,及帕克反变换,生成将三相电流中最大电流相向最小电流相进行有功功率补偿的控制信号,并将该控制信号发送至功率变换单元。

6. 根据权利要求5所述的三相不平衡调节系统并联投入控制装置,其特征在于,还包括用于将至少一台三相不平衡调节系统作为从系统投入电网时,依次投入每台从系统,每投入一台从系统后,比较此时的主系统实际功率和功率阈值,当此时的主系统实际功率大于功率阈值时,投入下一台从系统的单元。

三相不平衡调节系统并联投入系统、控制方法及装置

技术领域

[0001] 本发明属于电力系统配电网自动化技术领域,具体涉及三相不平衡调节系统并联投入系统、控制方法及装置。

背景技术

[0002] 在电力系统中三相电流或电压幅值的不一致,且幅值差超过规定范围,称为三相不平衡。低压配电网主要是经10KV/0.4KV配电变压器降压供电的电压网络,由于配电网是三相与单相用户混合用电网,因此电压配电网常采用三相四线制线路供电。配电变压器输出侧接三相低压配电网的低压交流母线,低压交流母线经低压配电开关分配出多条低压出线。低压出线结合配电网实际负载情况分为三相用电支线和单相用电支线,或三相与单相混合用电支线。其中,单相用电支线要根据单相负载情况分别分配到三相配电交流母线中的A、B、C三相中的某一项以及N线中,构成单相供电回路。当A、B、C三相中的单相负载不相等时,配电变压器输出就会产生三相不平衡现象。

[0003] 配电网中三相不平衡的存在对配电网线路的正常运行产生很多危害,主要包括增加线路的电能损耗、增加配电变压器的电能损耗、造成三相负载运行效率降低、影响用电设备安全运行、使配电变压器中产生零序电流、降低用电设备的使用寿命、降低变压器出力、增加配电网保护系统误动作造成的断电风险等,影响用户的正常生产与生活用电需求。

[0004] 而且,在接入单相用电负荷时,虽然供电部门按照将单相负荷均匀分配到A、B、C三相中,而实际情况是单相负荷具有用电时间不一致、用电负荷大小不相同等随机性差异的特点,造成电压配电网中配电变压器供电运行过程中时刻存在不平衡现象。因此,低压配电网中配电变压器三相不平衡问题是低压配电网改造与治理的必须要面对的关键问题之一。

[0005] 对于三相不平衡的问题国内学者进行了很多研究,但仍然没有完善的解决方案,目前,解决低压配电网三相不平衡的主要方法包括:

[0006] 第一,人工检测调节负载法。即人工检测单相负荷情况进行调节各项负载,该方法配电网工作人员根据日常的经验,定期手动进行单相负载的平衡调节,首先需要投入大量的配电网工作人员以及工作时间,造成电网运行成本高等问题;其次,反复多次分合配电开关,存在降低开关使用寿命等问题;并且调节效果只能是阶跃式分步量化调节,存在过调节或调节不足等情况,调节精度低。

[0007] 第二,相间无功补偿法。即在配电变压器低压侧采用相间无功补偿装置,使用相间无功补偿装置只能在一定程度上改善配电变压器输出运行情况,不能在根本上解决三相负载不平衡在成的电能需求不平衡问题,并且采用无功补偿会造成功率因数的变化,在实际应用中收到较大的限制,无法做到真正有效调节。

[0008] 第三,调相负荷开关调节法。即在用电负荷回路先串联调相负荷开关,通过调相负荷开关重新调节负荷在A、B、C三相中的分配,达到调节负荷不平衡的目的。但是要实现负荷的调节,需要串联多个调相负荷开关。若要实现精确的调节则需要很多个开关才能实现,增加了调节成本。此方法同样存在调节效果只能是阶跃式分步量化调节,存在过调节或调节

不足等情况,调节精度低。除非串联与线路中所有单相负载一样多的调相负荷开关,才能实现精确调节,但这样需要有一个很庞大的控制系统来控制调相负荷开关的调节运行,增加总体成本。

[0009] 现有技术中,三相不平衡调节系统如图1所示,该系统包括智能控制单元、电源单元、信号采集与处理单元、功率变换单元、滤波与充电单元、滤波与储能单元、显示与操作单元。滤波与充电单元的对应端子分别连接变压器输出侧A、B、C三相交流电和N线,滤波与充电单元连接功率变换单元及滤波与储能单元,电源单元电源进线与滤波与充电单元中A、B、C三相中的某一相以及N线连接,并将智能主控单元、功率变换单元、显示与操作单元等需要的电压送至各个用电单元。信号采集与处理单元中设有多个传感器,分别安装在A、B、C三相线路中,用于测量系统的电压、电流等信号。显示与操作单元通过屏蔽线与智能控制单元连接,通过标准通信协议进行实时的数据交换。智能控制单元通过信号线与各个被控制单元进行控制,协调整机的正常运行。

[0010] 当低压配电变压器的容量较大,并且三相不平衡情况较严重时,单台三相不平衡调节系统无法满足调节三相不平衡的要求,因此,需要提出一种三相不平衡调节系统投入控制方法,用来快速改善严重三相不平衡的情况。

发明内容

[0011] 本发明的目的是提供一种三相不平衡调节系统并联投入系统、控制方法及装置,用于解决一台三相不平衡调节系统无法满足调节三相不平衡要求的问题。

[0012] 为解决上述技术问题,本发明提出一种三相不平衡调节系统并联投入控制方法,包括以下步骤:

[0013] 1) 将一台三相不平衡调节系统作为主系统并联投入电网,进行三相不平衡调节;

[0014] 2) 比较所述主系统的实际功率和设定的功率阈值,当主系统的实际功率大于功率阈值时,将至少一台三相不平衡调节系统作为从系统投入电网。

[0015] 进一步,将至少一台三相不平衡调节系统作为从系统投入电网时,依次投入每台从系统,每投入一台从系统后,比较此时的主系统实际功率和功率阈值,当此时的主系统实际功率大于功率阈值时,投入下一台从系统。

[0016] 进一步,所述主系统和各从系统均包括连接电网的滤波充电单元,该滤波充电单元与信号采集处理单元、智能控制单元、功率变换单元依次连接;

[0017] 所述智能控制单元用于根据信号采集处理单元采集到的三相电流中最大电流相的电流和最小电流相的电流,得到三相电流不平衡度实际值,将三相电流不平衡度实际值送入电压外环,并与三相电流不平衡度给定值作差,经过电压外环、电流内环的闭环控制,及帕克反变换,生成将三相电流中最大电流相向最小电流相进行有功功率补偿的控制信号,并将该控制信号发送至功率变换单元。

[0018] 为解决上述问题,本发明还提出一种三相不平衡调节系统并联投入系统,包括一台三相不平衡调节主系统,和至少一台三相不平衡调节从系统,在投入时,将所述主系统投入电网,进行三相不平衡调节;比较所述主系统的实际功率和设定的功率阈值,当主系统的实际功率大于功率阈值时,将至少一台从系统投入电网。

[0019] 进一步,将至少一台三相不平衡调节系统作为从系统投入电网时,依次投入每台

从系统,每投入一台从系统后,比较此时的主系统实际功率和功率阈值,当此时的主系统实际功率大于功率阈值时,投入下一台从系统。

[0020] 进一步,所述主系统包括连接电网的滤波充电单元,该滤波充电单元与信号采集处理单元、智能控制单元、功率变换单元依次连接;

[0021] 所述智能控制单元用于根据信号采集处理单元采集到的三相电流中最大电流相的电流和最小电流相的电流,得到三相电流不平衡度实际值,将三相电流不平衡度实际值送入电压外环,并与三相电流不平衡度给定值作差,经过电压外环、电流内环的闭环控制,及帕克反变换,生成将三相电流中最大电流相向最小电流相进行有功功率补偿的控制信号,并将该控制信号发送至功率变换单元。

[0022] 为解决上述问题,本发明还提出一种三相不平衡调节系统并联投入控制装置,包括以下单元:

[0023] 投入单元:用于将一台三相不平衡调节系统作为主系统并联投入电网,进行三相不平衡调节;

[0024] 比较单元:用于比较所述主系统的实际功率和设定的功率阈值;

[0025] 判断单元:用于当主系统的实际功率大于功率阈值时,将至少一台三相不平衡调节系统作为从系统并联投入电网。

[0026] 进一步,还包括用于将至少一台三相不平衡调节系统作为从系统投入电网时,依次投入每台从系统,每投入一台从系统后,比较此时的主系统实际功率和功率阈值,当此时的主系统实际功率大于功率阈值时,投入下一台从系统的单元。

[0027] 本发明的有益效果是:将一台主三相不平衡调节系统并联投入电网的同时,该系统实时计算自身的功率,当三相不平衡调节系统的实际功率大于设定的功率阈值时,将一台以上的从三相不平衡调节系统并联投入电网。本发明按照三相不平衡调节主系统中的实际功率情况,并联投入三相不平衡调节从系统的控制策略,满足了三相不平衡的调节需求,实现配电变压器输出侧三相不平衡的快速平滑调节,可以有效地降低配电线路的损耗、提高配电变压器的出力及提高配电系统安全运行能力,从而改善用户的供电质量。

附图说明

[0028] 图1为配变三相不平衡自动调节系统的结构原理图;

[0029] 图2为功率变换单元将电能由A相、B相向C相进行转换的工作状态示意图;

[0030] 图3为三相不平衡自动调节系统的控制框图;

[0031] 图4为单套配变三相不平衡自动调节系统调节变压器输出三相不平衡工作流程图;

[0032] 图5为多台配变三相不平衡自动调节系统并联工作状态示意图;

[0033] 图6为多套配变三相不平衡自动调节系统随着不平衡度增加并联投入工作流程图;

[0034] 图7为多套配变三相不平衡自动调节系统随着不平衡度减少并联移除工作流程图。

具体实施方式

[0035] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作进一步的说明。

[0036] 本发明如图1所述的三相不平衡调节系统的控制方法主要是通过智能控制单元和功率变换单元完成的,包括以下步骤:

[0037] 信号采集与处理单元实时采集三相电网电压、三相电网电流等信息,获取三相电流中最大电流相的电流和最小电流相的电流,并发送至智能控制单元,智能控制单元最大电流相的电流和最小电流相的电流得到三相电流不平衡度实际值,计算式如下:

$$[0038] \quad K = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max}} \times 100\%$$

[0039] 式中,K为三相电流不平衡度实际值, I_{\max} 为三相电流中最大电流相的电流, I_{\min} 为三相电流中最小电流相的电流。

[0040] 将上述三相电流不平衡度实际值送入电压外环,并与三相电流不平衡度给定值作差,经过电压外环、电流内环的闭环控制,及正负序dq/abc坐标变换,生成将三相电流中最大电流相向最小电流相进行有功功率补偿的总调制波。三上述相电流不平衡度给定值计算式如下:

$$[0041] \quad K_{ref} = \frac{|(I_{\max} - I) - (I_{\min} + I)|}{I_{\max} - I}$$

[0042] 式中, K_{ref} 为三相电流不平衡度给定值, I_{\max} 为三相电流中最大电流相的电流, I_{\min} 为三相电流中最小电流相的电流,I为实际的三相电流有效值。

[0043] 上述总调制波即为功率变换单元调整有功功率的控制信号,其中有功功率的补偿值计算式如下:

$$[0044] \quad P = U \cdot \frac{I_{\max} \cdot (1 - K_{ref}) - I_{\min}}{2 - K_{ref}}$$

[0045] 式中,P为所述有功功率的补偿值,U为采集的三相电压有效值。功率变换单元接收到智能控制单元的控制信号后生成功率变换单元内部绝缘栅双极晶体管(IGBT)的±15驱动信号,触发IGBT的导通与关断,功率变换单元的结构原理图如图2所示。

[0046] 例如,智能控制单元检测到变压器输出侧三相不平衡,并判断出C相负载电流较大,A、B相负载电流较小后,智能控制单元计算出A、B相需要向C相进行电能变换的电流值,同时计算出C相的瞬时相位,智能控制单元生成可与C相并网的功率变换单元的控制信号,功率变换单元将智能控制单元下发的控制信号转换成IGBT的驱动信号并触发IGBT高速导通与关断工作,将A、B相的电能经升压整流输入到储能电容,同时将储能电容中的电能转换成与C相同频率、同相位、同幅值的并网电能输送到C相,实现三相不平衡的自动调节。

[0047] 本发明三相不平衡自动调节系统调节变压器输出三相不平衡工作流程如图4所示,配变三相不平衡自动调节系统初始化后检测所有外设工作情况以及系统所有故障检测点的状态信号,判断存在故障时,重新进行初始化,判断不存在故障信息时,进行母线电容预充电,及储能电容高压储能充电,当预充电和充电储能工作不正常时,重新初始化并显示系统状态,当预充电和充电储能工作正常时,检测配电变压器输出侧相关三相电压、电流信号,计算三相不平衡度,与系统设定值进行比较,当三相不平衡度小于设定值时,重新检测

并计算三相不平衡度,当三相不平衡度大于或等于设定值时,智能控制单元计算需要转换的电流值、电压值、频率、相位等参数,生成功率变换单元的控制信号,并下发功率变换单元,功率变换单元接受控制信号后进行功率变换,调节配电变压器输出三相不平衡。智能控制单元实时判断配变三相不平衡自动调节系统运行过程的状态,无故障出现,则持续进行三相不平衡调节,若出现故障则配变三相不平衡自动调节系统停止工作,显示故障状态。

[0048] 当低压配电变压器的容量较大,并且三相不平衡情况较严重时,需要多个配变三相不平衡自动调节系统并联进行不平衡自动调节。

[0049] 本发明的三相不平衡调节系统并联投入控制方法如图6所示,为多台配变三相不平衡自动调节系统随着不平衡度增加并联投入的流程图,主配变三相不平衡自动调节系统初始化后,与从配变三相不平衡自动调节系统建立通信连接,并检测配电变压器输出侧三相电压电流信号,获取三相不平衡度,将三相不平衡度与系统设定值进行比较。若不平衡度小于设定值,重新检测并计算三相不平衡度,若不平衡度大于设定值,主配变三相不平衡自动调节系统根据控制信号在A、B、C三相间进行电能变换,调节配电变压器输出侧三相不平衡情况。

[0050] 同时,主配变三相不平衡自动调节系统实时计算功率变换单元IGBT模块的当前实际功率,当实际功率小于设定的功率阈值时,持续进行三相不平衡自动调节,当实际功率大于功率阈值时,增加一台从配变三相不平衡自动调节系统投入三相不平衡自动调节工作,同时实时计算主配变三相不平衡自动调节系统中的功率变换单元IGBT模块的当前实际功率,当实际功率大于功率阈值时,再增加一台从配变三相不平衡自动调节系统,直到投入的主配变三相不平衡自动调节系统功率变换单元IGBT模块的当前实际功率小于功率阈值,不再增加从配变三相不平衡自动调节系统。

[0051] 多台配变三相不平衡自动调节系统并联独立持续进行三相不平衡调节,判断各自工作状态,若发生运行故障,则本台配变三相不平衡自动调节系统停止工作,其他配变三相不平衡自动调节系统正常运行。

[0052] 如图7所示,为本发明多台配变三相不平衡自动调节系统随着不平衡度减少并联移除的流程图,主配变三相不平衡自动调节系统初始化后按照以下步骤控制从配变三相不平衡自动调节系统移除调节工作,实现三相不平衡自动调节:

[0053] 主配变三相不平衡自动调节系统实时计算功率变换单元IGBT模块当前的实际功率,与设定的功率阈值进行比较,若大于该设定的功率阈值,则持续进行三相不平衡自动调节,若小于功率阈值,主配变三相不平衡自动调节系统统计当前参与三相不平衡自动调节的调节系统数量,当数量大于1时,减少一台参与三相不平衡调节的从配变三相不平衡自动调节系统,减少一台系统后,比较该主配变三相不平衡自动调节系统的IGBT模块当前的实际功率与功率阈值,当功率小于功率阈值时,再减少一台三相不平衡自动调节的调节系统,直到三相不平衡自动调节的调节系统数量等于1时,不再减少调节系统;当主配变三相不平衡自动调节系统实时计算当前功率变换单元的实际功率大于功率阈值时,持续进行三相不平衡调节。

[0054] 本发明的三相不平衡调节系统并联投入系统如图5所示,包括一台三相不平衡调节主系统,和两台三相不平衡调节从系统,在投入时,将主系统首先投入电网,进行三相不平衡的调节,调节过程中实时计算主系统的实际功率,当实际功率大于设定的功率阈值时,

投入一台从系统,该从系统和主系统进行三相调节时,同时检测主系统实际功率,当主系统实际功率大于设定的功率阈值时,投入另一台从系统参与三相不平衡调节工作,实现三相待调节功率在主系统和两台从系统中的平均分配。由于主、从系统间待调节的三相功率是平均分配的,主、从系统的自身实际功率近似等于系统平均待调节的功率,因此各系统的实际功率不论主、从系统都是近似相等的,因此,在判定是否要增加一台从系统的条件时,可以判定任一系统的实际功率是否大于设定的功率阈值。

[0055] 本发明通过多台配变三相不平衡自动调节系统并联运行提高每一台配变三相不平衡自动调节系统的工作效率,降低系统的整体损耗,减少电能治理过程中消耗的电能,实现配变三相不平衡自动调节系统标准化设计,降低成本,提高产品的可靠性与一致性。

[0056] 在并联投入控制过程中,用于比较主配变三相不平衡自动调节系统功率的设定阈值,及在并联切除控制过程中,用于比较主配变三相不平衡自动调节系统的功率阈值,都是用户根据系统需要而自由设定的。两个功率阈值的设定值是不一样的,一般情况下,并联投入过程中的功率阈值要大于系统切除过程中的阈值。另外,本发明主系统的实际功率是根据功率变换单元中流过三极管的最大电流和对应的电压计算得到的。

[0057] 本发明还提出一种三相不平衡调节系统并联投入控制装置,包括以下单元:

[0058] 投入单元:用于将一台三相不平衡调节系统作为主系统并联投入电网,进行三相不平衡调节;

[0059] 比较单元:用于比较所述主系统的实际功率和设定的功率阈值;

[0060] 判断单元:用于当主系统的实际功率大于功率阈值时,将至少一台三相不平衡调节系统作为从系统并联投入电网。

[0061] 上述所指的三相不平衡调节系统并联投入控制装置,实际上是基于本发明三相不平衡调节系统并联投入控制方法的流程的一种计算机解决方案,即一种软件构架,可以应用到三相不平衡调节系统的并联投入系统中,上述装置即为与方法流程相对应的处理进程。由于对上述方法的介绍已经足够清楚完整,而本实施例声称的装置实际上是一种软件构架,故不再详细进行描述。

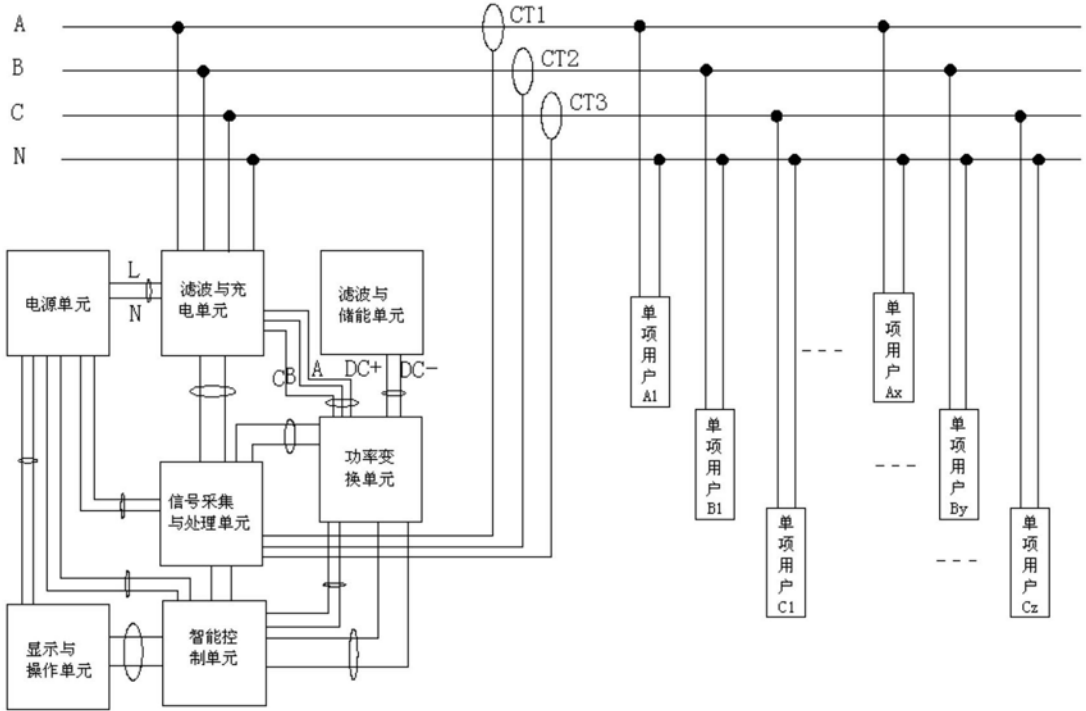


图1

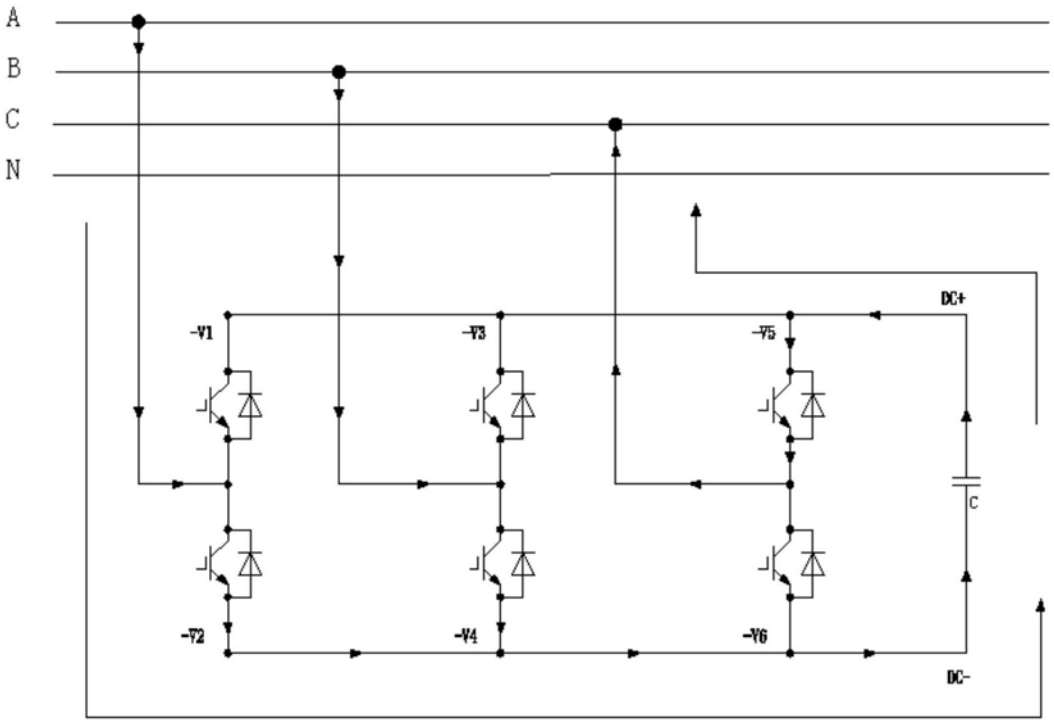


图2

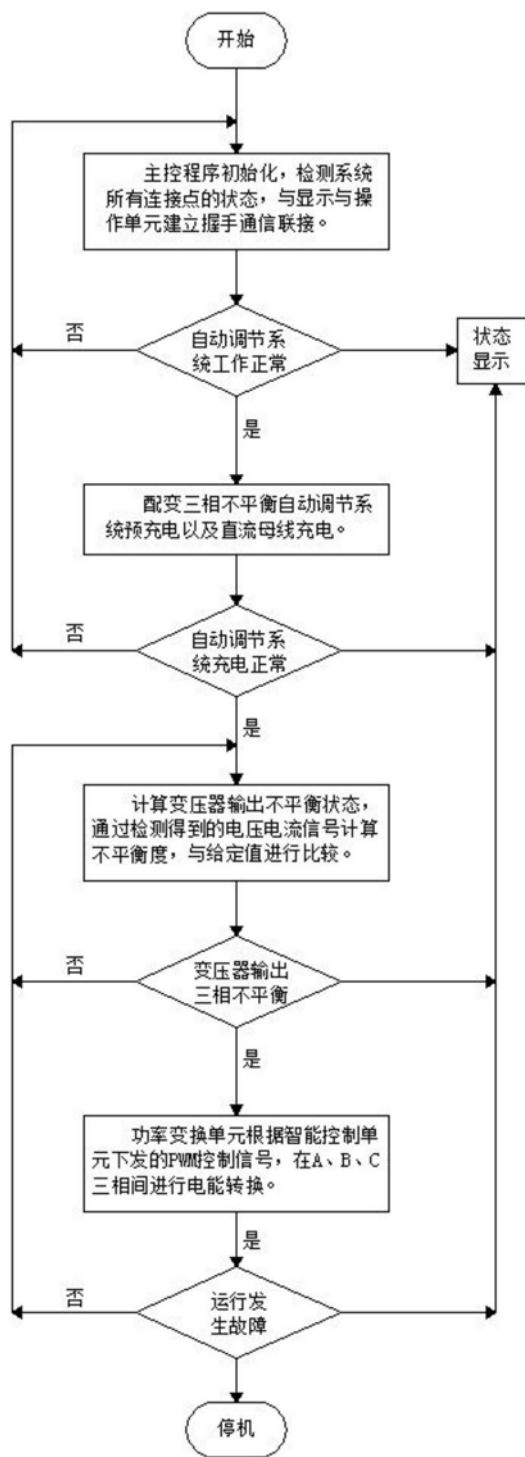


图4

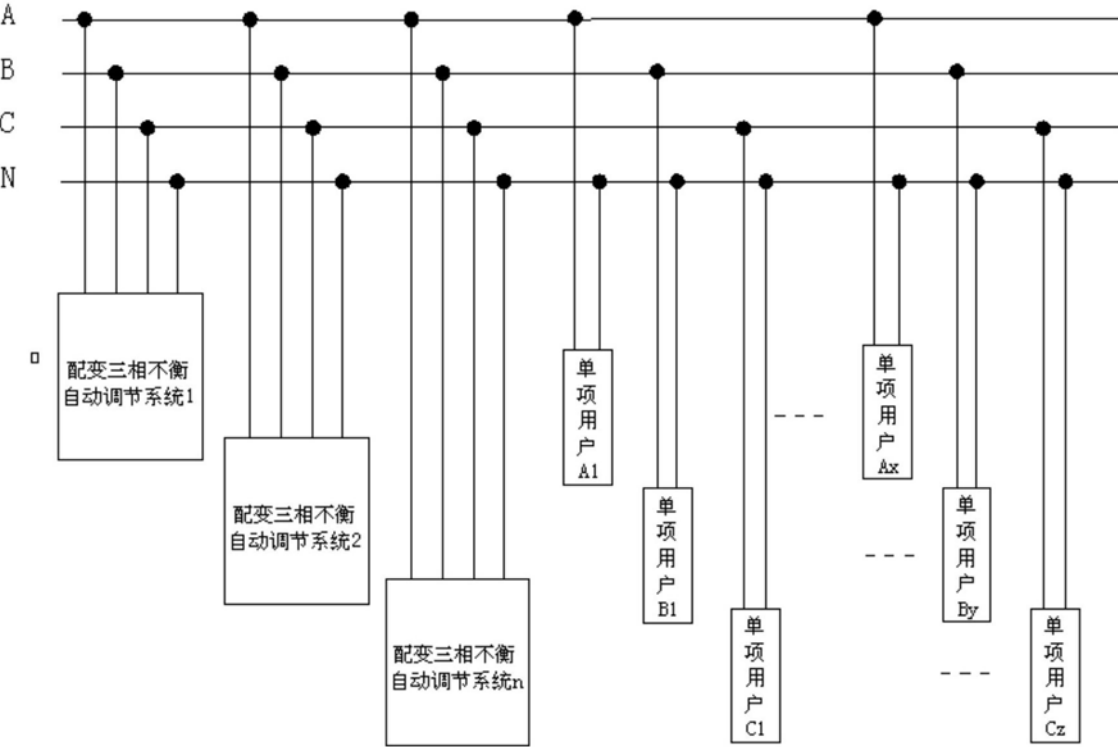


图5

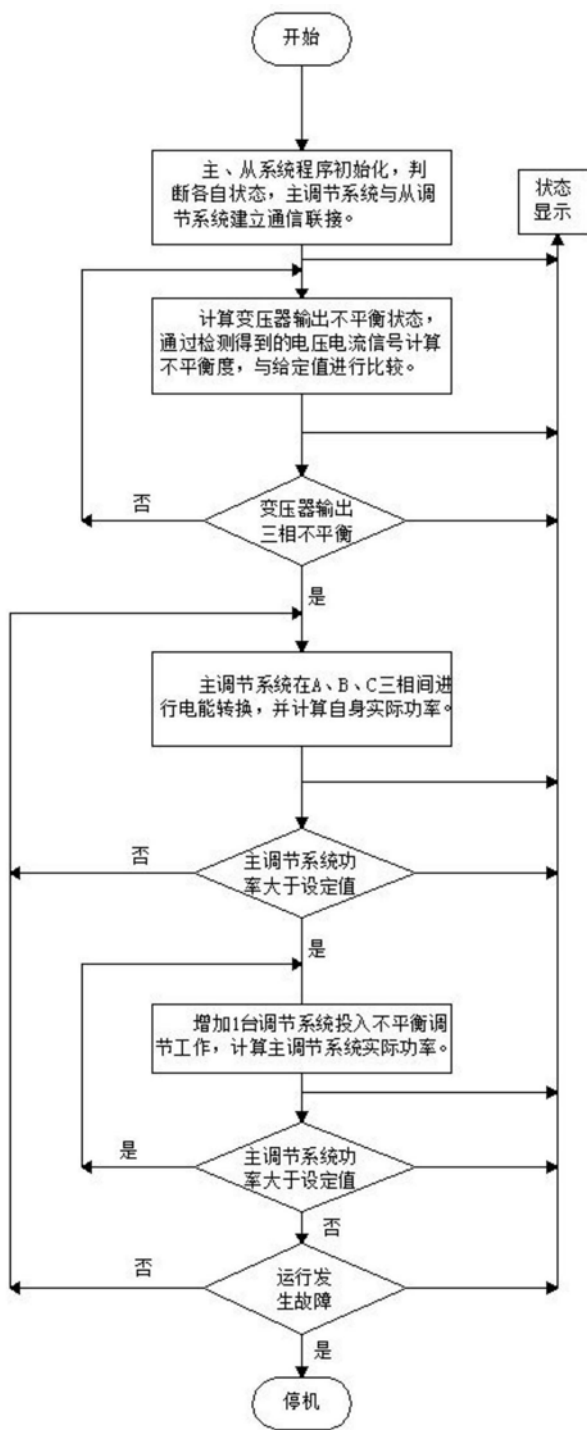


图6

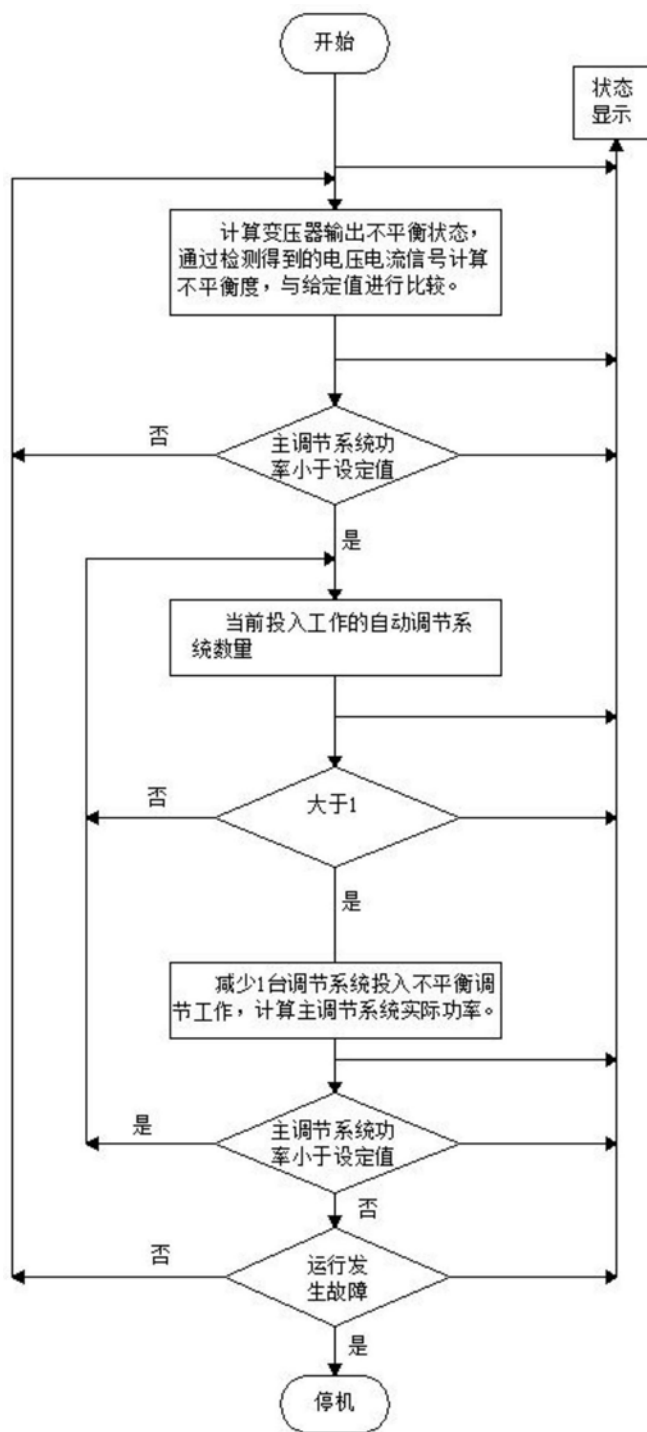


图7