



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106068610 A

(43)申请公布日 2016. 11. 02

(21)申请号 201480076081.1

(74)专利代理机构 北京市中咨律师事务所
11247

(22)申请日 2014.12.09

代理人 杨晓光 于静

(30)优先权数据

14/139,380 2013.12.23 US

(51)Int.Cl.

H02P 1/04(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

H02P 1/26(2006.01)

2016.08.22

H02P 23/14(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/069189 2014.12.09

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/099992 EN 2015.07.02

(71)申请人 伊顿公司

地址 美国俄亥俄州

(72)发明人 滑亚瀚 邬东晓 B·P·B·勒凯纳

D·L·克拉普斯汀 S·A·迪米诺

K·M·伍德利

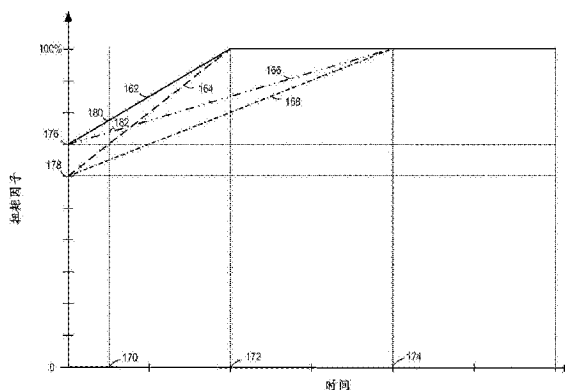
权利要求书3页 说明书12页 附图8页

(54)发明名称

软启动器系统和操作它的方法

(57)摘要

公开了一种用于针对具有最少操作者输入或不具有操作者输入的电动机控制装置自动定义和调整操作参数的系统和方法。系统包括可电连接到AC电动机的电动机控制装置,以及被编程成基于电动机的额定电流来定义电动机启动函数的控制器,该电动机启动函数包括初始扭矩因子和初始斜坡时间。控制器同样在第一试运行期间根据电动机启动函数触发电动机的切换装置,以将电流注入到电动机,在第一试运行期间监视电动机和电动机控制装置的操作状况,基于监视操作状况来修改电动机启动函数,以及在后续试运行期间根据修改的电动机启动函数触发多个切换装置以将电流注入到电动机。



1. 一种电动机控制装置,其可电连接到AC电动机,所述电动机控制装置包括:
多个切换装置,其包括对应于所述AC电动机的相应相的至少一个开关;以及
控制器,其被编程成:

基于所述AC电动机的额定电流来定义电动机启动函数,所述电动机启动函数包括初始
扭矩因子和初始斜坡时间;

在第一试运行期间根据所述电动机启动函数触发所述多个切换装置,以将电流注入到
所述AC电动机;

在所述第一试运行期间监视所述AC电动机和所述电动机控制装置中的至少一个的操
作状况;

基于所监视的操作状况来修改所述电动机启动函数;以及

在后续试运行期间根据所修改的电动机启动函数触发所述多个切换装置,以将电流注
入到所述AC电动机。

2. 根据权利要求1所述的电动机控制装置,其中所述控制器进一步被编程成定义并修
改无操作者输入的所述电动机启动函数。

3. 根据权利要求1所述的电动机控制装置,其中所述控制器进一步被编程成:

在预定义持续时间根据所述电动机启动函数来触发所述多个切换装置;

如果所述AC电动机在所述预定义持续时间结束时没有到达全速度,则停止触发所述多
个切换装置以将所述AC电动机与所述AC电源断开;

监视在所述预定义持续时间结束时的所述AC电动机的电压;以及

如果所述监视电压低于阈值,则通过增加所述初始扭矩因子来修改所述电动机启动函
数。

4. 根据权利要求1所述的电动机控制装置,其中所述控制器进一步被编程成:

在所述第一试运行期间接收来自电流传感器的反馈;

基于所接收的反馈来识别电流跳闸;以及

如果识别出电流跳闸,则通过增加所述初始斜坡时间来修改所述电动机启动函数。

5. 根据权利要求1所述的电动机控制装置,其中所述控制器进一步被编程成:

在所述第一试运行期间识别电流跳闸;

如果识别出的电流跳闸发生在所述第一试运行中的第一时间阈值之前,则通过降低所
述初始扭矩因子来修改所述电动机启动函数;以及

如果所述识别出的电流跳闸发生在所述第一时间阈值之后,则通过增加所述初始斜坡
时间来修改所述电动机启动函数。

6. 根据权利要求1所述的电动机控制装置,其中所述控制器进一步被编程成:

在所述第一试运行期间确定所述AC电动机是否达到全速度;以及

如果在所述第一试运行期间所述AC电动机达到全速度:

则确定针对所述AC电动机的实际启动时间;

将所述实际启动时间与所述初始斜坡时间比较;以及

基于所述比较,通过选择性调节所述初始斜坡时间来修改所述电动机启动函数。

7. 根据权利要求1所述的电动机控制装置,其中所述控制器进一步被编程成通过定义
初始发动扭矩因子和发动持续时间中的至少一个来修改所述电动机启动函数。

8. 根据权利要求1所述的电动机控制装置,其中所述控制器进一步被编程成通过基于查找表调节所述初始扭矩因子和所述初始斜坡时间中的至少一个来修改所述电动机启动函数。

9. 一种用于控制AC电动机的方法,包括:

提供具有多个切换装置的电动机控制装置以调节到所述AC电动机的电压和电流;

提供传感器系统以感测所述电动机控制装置和所述AC电动机的操作状况;

在AC电源和所述AC电动机之间耦接所述电动机控制装置;

从初始组的操作参数自动生成第一缺口宽度函数;

在第一电动机启动尝试期间根据所述第一缺口宽度函数控制所述多个切换装置;

在所述第一电动机启动尝试期间基于从所述传感器系统接收的反馈,自动修改所述第一缺口宽度函数;以及

在第二电动机启动尝试期间根据所述修改的缺口宽度函数控制所述多个切换装置。

10. 根据权利要求9所述的方法,其中修改所述第一缺口宽度函数包括修改所述第一缺口宽度函数的斜坡时间和修改所述第一缺口宽度函数的初始扭矩因子中的至少一个。

11. 根据权利要求9所述的方法,进一步包括:

在所述第一电动机启动尝试期间检测过电流状况;以及

基于所检测的过电流状况,通过延长所述第一缺口宽度函数的斜坡时间来自动修改所述第一缺口宽度函数。

12. 根据权利要求9所述的方法,进一步包括:

在所述第一电动机启动尝试期间检测过电流状况;以及

通过减少所述第一缺口宽度函数的初始扭矩因子来自动修改所述第一缺口宽度函数。

13. 根据权利要求9所述的方法,进一步包括自动修改所述第一缺口宽度函数以包括发动持续时间和初始发动扭矩因子。

14. 根据权利要求9所述的方法,进一步包括:

确定在所述第一运行期间所述AC电动机是否达到最终速度;以及

如果所述AC电动机没有达到所述最终速度,则通过增加所述第一缺口宽度函数的初始扭矩因子来自动修改所述第一缺口宽度函数。

15. 一种控制从AC电源到感应电动机的电压和电流传输的软启动器,所述软启动器包括:

多个电源线,每一个电源线对应于在所述感应电动机中的相;

多个固态开关,其包括位于所述多个电源线中的每一个电源线上的至少一个固态开关,以调节到所述感应电动机的电动机线路电压和相电流;以及

处理器,其被编程成:

根据电动机启动函数来触发所述多个固态开关;

自动修改无操作者输入的所述电动机启动函数的至少一个操作参数;

使用所修改的至少一个操作参数来自动更新所述电动机启动函数;以及

根据所更新的电动机启动函数来触发所述多个固态开关。

16. 根据权利要求15所述的软启动器,进一步包括被配置成监视所述多个电源线的电流和电压中的至少一个的传感器系统;以及

其中所述处理器进一步被编程成：

接收来自所述传感器系统的反馈；以及

基于所接收的反馈，自动修改所述电动机启动函数的至少一个操作参数。

17. 根据权利要求16所述的软启动器，其中所述处理器进一步被编程成：

检测电流跳闸；

识别检测到的电流跳闸发生的时间；以及

如果所述时间高于阈值，则基于所述检测到的电流跳闸来延长所述电动机启动函数的斜坡时间；以及

如果所述时间低于所述阈值，则基于所述检测到的电流跳闸来减少所述电动机启动函数的初始扭矩因子。

18. 根据权利要求17所述的软启动器，其中所述处理器进一步被编程成，如果所述时间低于所述阈值，则基于所述检测到的电流跳闸来延长所述电动机启动函数的所述斜坡时间。

19. 根据权利要求17所述的软启动器，其中所述处理器进一步被编程成，基于所述检测到的电流跳闸来减少所述电动机启动函数的初始扭矩因子。

20. 根据权利要求15所述的软启动器，其中所述处理器进一步被编程成自动更新所述电动机启动函数以包括发动持续时间和初始发动扭矩因子。

21. 根据权利要求15所述的软启动器，其中所述处理器进一步被编程成，基于所述感应电动机的额定电流来定义所述电动机启动函数。

22. 根据权利要求15所述的软启动器，其中所述处理器进一步被编程成：

在预定持续时间根据所述电动机启动函数来触发所述多个固态开关；

估计在所述预定持续时间结束时的所述感应电动机的速度；

如果估计的速度大于阈值，则在后续电动机启动期间根据所述电动机启动函数触发所述多个固态开关；以及

如果所述估计的速度小于阈值，则在后续电动机启动期间根据所述更新的电动机启动函数触发所述多个固态开关。

软启动器系统和操作它的方法

技术领域

[0001] 本发明的实施例一般涉及交流(AC)电动机,以及更具体地涉及用于为软启动器定义操作参数的自动化系统和方法。

背景技术

[0002] 电动机软启动器是控制从AC电源到感应电动机的电压和电流的传输的装置。将软启动器配置成在启动期间限制涌入感应电动机的瞬态电压和电流,产生“软”电动机启动。在操作中,来自AC电源的电力通过在软启动器中的切换装置(诸如以晶闸管或硅控整流器(SCR)形式的反并联或背对背的固态开关对)以控制电流并且转而控制感应电动机的端子电压。

[0003] 一般地,软启动器经由晶闸管的选择性控制来暂时减少在启动期间电动机的动力传动系(powertrain)中的扭矩。该减少允许对电动机和电气网络的减少应力(stress),这增加了系统的寿命。将晶闸管控制成在如当电压变为正时测量的给定角度 γ 处接通。所得电流流过给定的相,直到他们达到零,在该点处晶闸管关断。该模式创建在电压中的“缺口(notch)”。缺口宽度越大,施加到电动机的有效(rms)电压越小。由于扭矩是有效电压的平方的函数,所以缺口宽度越大,扭矩越小。如果缺口宽度为零,则全电压(full voltage)施加到电动机。通常,软启动过程持续几秒钟,在该过程结束时系统达到其最终速度,并且接触器闭合以旁通软启动器。

[0004] 为了操作典型的电动机软启动器,操作者必须手动地输入多个操作参数到用户界面中来定义贯穿软启动过程的晶闸管的接通角度和软启动器的所得的缺口宽度轮廓(profile)。这些操作参数包括合适的启动时间、电流限制、初始扭矩、扭矩限制、缺口宽度,以及发动(kick-start)持续时间和发动扭矩(如适用的话)。通常,基于在用户手册中的建议或基于来自现场工程师的输入来手动选择操作参数。基于该反复试验法(trial-and-error)参数的选择,正确地设定导致可靠平滑启动的各种电动机和负载的参数可能是困难的,因为必须考虑机器和负载评估以确定正确的启动模式。

[0005] 因此,期望具有采用最少用户输入为软启动器自动地定义操作参数的系统。同样将期望这种软启动器系统随时间推移重新计算并调节操作参数,以增加电动机启动的概率并对随时间推移的负载变化负责。

发明内容

[0006] 本发明提供了用于为电动机软启动器自动定义并调整操作参数的系统和方法。

[0007] 根据本发明的一方面,可电连接到AC电动机的电动机控制装置包括:多个切换装置和控制器,该多个切换装置包括对应于AC电动机的相应相的至少一个开关。将控制器编程成:基于AC电动机的额定电流来定义电动机启动函数,电动机启动函数包括初始扭矩因子和初始斜坡时间(ramp time);以及在第一试运行(trial run)期间根据电动机启动函数触发多个切换装置,以将电流注入到AC电动机。同样将控制器编程成在第一试运行期间监

视AC电动机和电动机控制装置中的至少一个的操作状况；基于所监视的操作状况来修改电动机启动函数；以及在后续试运行期间根据修改的电动机启动函数来触发多个切换装置，以将电流注入到AC电动机。

[0008] 根据本发明的另一方面，一种用于控制AC电动机的方法包括：提供具有多个切换装置的电动机控制装置以调节到AC电动机的电压和电流；提供传感器系统以感测电动机控制装置和AC电动机的操作状况；以及在AC电源和AC电动机之间耦接电动机控制装置。该方法同样包括：从操作参数的初始组自动生成第一缺口宽度函数；在第一电动机启动尝试期间根据第一缺口宽度函数控制多个切换装置；在第一电动机启动尝试期间基于从传感器系统接收的反馈，自动修改第一缺口宽度函数；以及在第二电动机启动尝试期间根据修改的缺口宽度函数控制多个切换装置。

[0009] 根据本发明的另一方面，提供了一种控制从AC电源到感应电动机的电压和电流的传输的软启动器。软启动器包括：多个电源线，每一个电源线对应于在感应电动机中的相；以及多个固态开关，其包括位于多个电源线中的每一个电源线上的至少一个固态开关，以调节到感应电动机的电动机线路电压和相电流。软启动器同样包括处理器，其被编程成根据电动机启动函数来触发多个固态开关；以及自动修改无操作者输入的电动机启动函数的至少一个操作参数。处理器进一步被编程成使用修改的至少一个操作参数来自动更新电动机启动函数；以及根据更新的电动机启动函数来触发多个固态开关。

[0010] 本发明的各种其它特征和优点将从以下详细描述和附图中显而易见。

附图说明

[0011] 附图示出目前预期用于执行本发明的优选实施例。

[0012] 在附图中：

[0013] 图1是用于本发明的实施例的软启动器的透视图。

[0014] 图2是根据本发明的实施例的结合软启动器的AC电动机系统的示意图。

[0015] 图3是示出根据本发明的实施例的用于确定和修改软启动器操作参数的技术的流程图。

[0016] 图4是根据本发明的实施例的用于在没有发动情况下启动电动机的示例性缺口宽度函数。

[0017] 图5是根据本发明的实施例的用于在具有发动情况下启动电动机的示例性缺口宽度函数。

[0018] 图6是示出根据本发明的实施例的基于所监视的电流值来调整缺口宽度函数的操作参数的图3的技术的子例程的流程图。

[0019] 图7示出根据本发明的各种实施例的用于在已经检测到过电流状况之前和之后启动电动机的随时间推移的扭矩因子的示例性图。

[0020] 图8是示出根据本发明的实施例的基于在试运行结束时的所监视的电动机速度来调整缺口宽度函数的操作参数的图3的技术的子例程的流程图。

[0021] 图9是示出根据本发明的实施例的基于电动机的实际启动时间来调整缺口宽度函数的斜坡时间的图3的技术的子例程的流程图。

具体实施方式

[0022] 在此阐述的本发明的实施例涉及一种系统和自动化方法,用于采用最少用户输入为电动机软启动器生成和调整启动轮廓或缺口宽度函数。虽然在此将本发明的实施例描述为结合多相AC电源使用,但是本领域的技术人员将认识到本发明的实施例适用于单相AC电源。

[0023] 参考图1,示出了可用于实施下面阐述的本发明的实施例的电动机控制装置10。在本发明的示例性实施例中,电动机控制装置10包括被配置成在电动机启动期间限制到多相AC电动机的瞬态电压和电流的软启动器,并且在此将被如此涉及。软启动器10包括遮盖物组件12,其具有在电动机连接端或负载端16上的空气入口14。类似的空气出口18位于软启动器10的电源端或线路端20上。遮盖物组件12同样容纳电子控制器22。软启动器10同样包括容纳开关组件26、28、30中的每一个开关组件的底座组件24。开关组件26-30中的每一个开关组件对于给定的软启动器10在构造上是相同的,并且对应于到多相AC电动机的多相输入的给定相。

[0024] 应当认识到,在图1中所示的软启动器10仅是可用于实施本发明的实施例的软启动器架构/结构的示例,而用于或需要满足特定应用需求的其它各种软启动器架构/结构同样应被理解为包含在本发明的范围之内。例如,众多的打开底盘的软启动器配置可用于实施本发明的实施例,而不是在图1中示出的封装的软启动器。

[0025] 参考图2,根据本发明的实施例示意性示出三相感应电动机或AC电动机40,并通常标为参考标号40。如传统上所示,AC电动机40表示为三个定子绕组42、44、46。在该情况下,将AC电动机40示为以Y型布置来连接。可理解,AC电动机40可以替代地并根据本发明的等价以三角形(delta)布置来连接,而不背离本发明的范围。AC电动机40的定子绕组42-46在电动机端子56、58、60处通过相应的多相电源线50、52、54操作性地连接到AC电源48。

[0026] 在图2中所示的实施例中,软启动器10连接在AC电源48和AC电动机40之间,并位于AC电动机40的外侧(即,三角形外侧)。可替代地,软启动器10可位于AC电动机40的内侧(即,三角形内侧)。如本领域的技术人员将认识的,在此所述的实施例可适于这种配置。

[0027] 将软启动器10配置成在启动期间限制到AC电动机40的瞬态电压和电流,产生“软”电动机启动。软启动器10的基本结构在图2中(即,软启动器电路)示为包括与电源的每一个电源线50-54或每一相对应接触的接触器62、64、66。软启动器10同样包括在每一个电源线50-54上的切换装置68、70、72。在示例性实施例中,每一个切换装置68-72由诸如以晶闸管或可控硅整流器(SCR)形式的固态开关的反并联开关对形成,以控制电流并且转而控制电动机40的端子电压。如图所示,开关对68包括晶闸管74、76,该晶闸管74、76极性相反并且并联连接,用于电源线50。同样地,开关对70包括晶闸管78、80,该晶闸管78、80极性相反并且并联连接,用于电源线52。最后,开关对72包括晶闸管82、84,该晶闸管82、84极性相反并且并联连接,用于电源线54。在优选的实施例中,晶闸管74、78、82向前传导并且晶闸管76、80、84向后传导。

[0028] 虽然每一相被示为包括晶闸管对74-84,但是同样设想到,软启动器10可具有在仅一个或两个电源线(例如,仅电源线50)上的晶闸管对。此外,同样应当认识到,对于特定的电源线,晶闸管可与二极管而不是另一晶闸管并联布置。在上述的任何实施例中,如下所

述,可将在单个电源线上的晶闸管74-84控制成使由AC电动机40接收的输入电压和电流失真。

[0029] 同样在软启动器10中包括的是控制器或处理器86,其被配置成经由到其中的栅极驱动信号的传输来控制晶闸管74-84的操作,以及控制接触器62-66的打开和闭合。在AC电动机40的启动/斜坡上升期间(以及同样在斜坡下降期间),软启动器10在“启动”或“斜坡”模式中操作,在此期间控制器86使与电源线50-54对应的接触器62-66中的一个或多个接触器打开,以使得来自AC电源48的电力通过晶闸管对68-74,从而控制施加于AC电动机40的电流(从而控制电压)。继AC电动机40的启动之后,软启动器10进入“旁通”模式,其中控制器86使在每一个电源线50-54上的接触器62-66关闭,以便旁通切换装置68、70、72并且最小化功耗。旁通模式因此被视为用于软启动器98和AC电动机40的操作的“正常”模式。

[0030] 在软启动器10的操作期间,正在进行的处理在软启动器98内发生,其中执行由AC电动机40作出的电流的测量和/或计算。用于这些测量和/或计算的数据从一组电流传感器88获得。在一个实施例中,在输入线路频率的大约每半个周期处执行这些测量和/或计算。然而,这些测量和/或计算可在替代实施例中更多或更少地频繁执行。在所示实施例中,该组电流传感器88包括在三相中的两相中的电流传感器。替代实施例可包括用于三相中的每一相的相应电流传感器,或仅在相中的一相中使用的单个传感器。软启动器10同样配备有测量横跨切换装置的电压的一个或多个电压传感器90。虽然在图2中仅示出一个电压传感器,但是替代实施例可包括一个或多个附加电压传感器。同样提供了包括一个或多个温度传感器的温度感测单元92以监视软启动器98的温度。电流传感器、电压传感器和温度感测单元(如果使用的话)形成向控制器86提供反馈的传感器系统94。

[0031] 根据本发明的实施例,在图3中示出了用于确定和调整操作参数的自动化技术96,该自动化技术96定义用于操作软启动器10的电动机启动函数或缺口宽度轮廓。总之,技术96定义作为时间函数的第一缺口宽度或接通角 γ ,修改该选择直到获得适当的或可接受的电动机启动,监视随时间推移的电动机启动系统的行为,并基于监视行为连续地调节该选择以保持启动质量。因为技术96基于电动机和软启动器的监视操作状况采用极少至没有的操作者输入来操作,并且为随后的电动机启动自动调整电动机启动轮廓,所以技术96生成稳健和可靠的电动机启动轮廓。

[0032] 技术96在多个步骤中执行电动机启动轮廓或缺口宽度轮廓的自动化调整,该多个步骤一般可划分成四个主要阶段:用于系统设置的初始阶段;其中选择初始操作参数的第二阶段;包括用于成功的第一运行或电动机启动(也就是说,其中达到最终电动机速度的运行,尽管可能不平滑或最优)的一组操作参数的搜索的第三阶段,以及包括用于平滑运行或电动机启动(也就是说,其中平滑或最优地达到最终电动机速度的运行)的一组操作参数的搜索的最终阶段。虽然在此将技术96的各个步骤描述为属于四个一般阶段,但是在此完成了将技术96的步骤划分为一定数量的已定义的阶段,以便于在此公开的技术的解释。本领域的技术人员将认识到,技术96的步骤可在替代实施例中划分成多于或少于四个阶段,而不背离本发明的一般范围。

[0033] 当诸如图2的控制器86的软启动器控制器进入其中将自动确定并调整软启动器操作参数的自动调整例程时,技术96的系统设置阶段在步骤98处开始。在步骤100处,技术96确定是否使用用于软启动器的初始默认操作参数。这些默认参数可包括例如针对缺口宽度

和斜坡时间和/或最小满负载安培(FLA)值(从给定的软启动器的马力范围的低端确定)的制造商默认设定。满负载安培(FLA)值是以额定速度提供额定扭矩的对于电动机的电流的额定值。使用初始默认操作参数的决定102或不使用初始默认操作参数的决定104可作为在诸如操作界面106(图2)的软启动器的操作界面上的用户输入的结果。可替代地,可将技术96编程为使用默认参数并且在无任何操作者输入的情况下自动继续进行。如果技术96使用初始默认操作参数102继续进行,则技术96将控制器86编程以在步骤108处基于默认值根据由第一缺口宽度轮廓定义的电动机启动轮廓来操作软启动器。

[0034] 可替代地,如果技术96不使用初始默认操作参数104继续进行,则技术96在步骤110处接收一个或多个用户输入选择。在优选实施例中,用户输入选择是与电动机的满负载安培(FLA)对应的单个数值。可替代地,用户输入选择可包括与电动机铭牌数据相关的一个或多个输入,以及可选地,如下所述的一个或多个附加的用户选择。根据一个实施例,这些用户输入选择可由在操作界面106上提供给用户的以下提示进行。电动机铭牌数据可包括以下项中的一个或多个:电动机额定功率,额定电流或满负载安培(FLA)、额定功率因数、额定电压或额定效率,作为示例。

[0035] 可选地,在步骤110处用户可输入一个或多个附加输入,包括对于电动机的期望启动时间(在此定义为 $t_{\text{用户启动}}$)、用户定义的电流限制值,以及与软启动器用于的应用程序或负载的类型相关的信息。这种应用程序或负载的非限制性示例包括泵、风扇、离心机、输送带、破碎机、高惯性负载等。用户可通过在允许用户选择诸如例如“泵”和“高惯性负载”的一个或多个应用程序条目的操作界面106上提供的下拉菜单或其它选择工具来输入该信息。

[0036] 在接收到用户输入选择之后,技术96进入自动调整例程的第二阶段,并且基于用户输入选择在步骤112处,通过选择作为时间函数的第一缺口宽度或接通角 γ 来定义针对试运行的第一缺口轮廓或初始电动机启动轮廓。

[0037] 技术96在步骤114处开始初始或第一试运行。基于在步骤108或步骤112处编程的第一缺口宽度轮廓,确定第一试运行的操作参数。两个示例性第一缺口宽度轮廓在图4和图5中示出。图4示出一般的线性缺口宽度轮廓116;图5示出用于发动应用程序的缺口宽度轮廓118。首先参考图4,试运行的操作参数最初定义为在初始缺口宽度120处开始并且在时间点122处线性降低至零的斜坡函数(在此定义为 $t_{\text{斜坡}}$)。在如在图5中所示的发动应用程序的情况下,将初始发动扭矩因子或初始发动缺口宽度124选择为小于初始扭矩因子或初始斜坡缺口宽度126的值。软启动器在发动持续时间128内在初始发动缺口宽度124处操作,在该持续时间之后缺口宽度增加到初始斜坡缺口宽度126。

[0038] 根据一个实施例,斜坡函数126的初始缺口宽度120或初始斜坡缺口宽度值根据如下定义:

[0039] $\text{缺口宽度} = \text{maxNotch} - (k_{\text{torque}} * (\text{maxNotch} - \text{minNotch}) / 100)$ (方程1)

[0040] 其中maxNotch和minNotch是预定义的最大和最小缺口角度,并且 k_{torque} 定义为间接确定初始扭矩的百分比值(例如,50%)。变量 k_{torque} 以下称为初始扭矩因子。在一个实施例中,将初始扭矩因子选择为在约45-50%之间的百分比值。

[0041] 如果在步骤110处操作者将预期启动时间值 $t_{\text{用户启动}}$ 输入操作者界面中,则初始斜坡时间 $t_{\text{斜坡}}$ 基于 $t_{\text{用户启动}}$ 来初始定义。在一个实施例中,根据 $t_{\text{斜坡}} = x(t_{\text{用户启动}})$

户_启动), $t_{\text{斜坡}}$ 定义为 $t_{\text{用户_启动}}$ 的预定义倍率 x 。预定义倍率 x 是诸如例如 1 或 1.5 或 2 的标量值。可替代地, 如果在步骤 110 处用户没有输入预期启动时间值, 则技术 96 使用用于 $t_{\text{斜坡}}$ 的默认值。如果可用的话, 该默认值可基于启动的类型来改变, 其可基于指示软启动器用于的应用程序或负载的类型的所接收的用户输入来确定。例如, $t_{\text{斜坡}}$ 的默认值在正常启动的应用程序中可设定为 60 秒, 或在延长启动的应用程序(诸如与高惯性负载、离心机或类似系统相关联的应用程序)中设定为 180 秒。

[0042] 再次参考图 3, 在为试运行的电动机启动轮廓确定初始操作参数之后, 技术 96 进入自动调整例程的第三阶段, 在该阶段期间寻找出用于第一成功运行或启动的一组操作参数, 同时在步骤 130 和 132 处运行一组调整子例程。在步骤 130 和 132 期间, 技术 96 尝试通过根据在步骤 108 或步骤 112 处定义的操作参数操作软启动器来尝试电动机启动。在该启动尝试的持续时间期间, 如下所述, 基于监视的操作状况, 监视诸如电压、电流和温度的电动机和软启动器的操作状况, 并且采取纠正性动作(如果适用的话)。基于在步骤 130 和 132 处操作的子例程的结果, 电动机启动的操作参数中的一个或多个操作参数可被修改以供后续试运行或后续启动尝试使用。试运行在步骤 134 处结束。

[0043] 根据一个实施例, 将该第一或初始试运行的持续时间设定为预定义值, 诸如对于正常启动应用程序为 10 秒, 或对于延长的启动应用程序为 60 秒。仅将这些试运行持续时间值提供为示例, 并且其它默认值可在本发明的范围内使用。可替代地, 试运行持续时间可定义为电动机或负载的额定功率的函数。例如, 对于低功率电动机, 试运行持续时间可被定义为诸如 10 秒的较短时间周期, 对于高功率电动机, 成比例地延长到诸如 15 秒的更长时间周期。作为另一个替代, 试运行的持续时间可被定义为等于用户提供的启动时间 $t_{\text{用户_启动}}$ 或是用户提供的启动时间 $t_{\text{用户_启动}}$ 的预定义分数(fraction)。

[0044] 在整个试运行持续时间中, 技术 96 运行电流跳闸调整子例程 130, 其中的细节在图 6 中示出。一般地, 电流跳闸调整子例程 130 操作以延长斜坡时间, 并且在其中早期跳闸发生的情况下, 减少在后续试运行中使用的缺口轮廓的初始扭矩因子。调整子例程 130 在步骤 136 处开始, 并且使用电流传感器 88(图 2) 在步骤 138 处监视电流跳闸。如果监视的电流超过电流阈值, 则识别出电流跳闸。在一个实施例中, 将电流阈值设定为 FLA 的倍数, 诸如例如三倍的 FLA 或四倍的 FLA。可替代地, 在步骤 110 处电流限制可由操作者输入。如果在试运行 140 期间电流不超过电流阈值, 则调整算法子例程 130 在步骤 142 处结束。该电流跳闸值是用于软启动器设置的操作参数, 其可取决于多个因素由用户修改。其它一般较高的电流阈值一般用于保护, 以操作断路器和其它硬件。这种较高的电流阈值不是技术 96 的一部分, 除了在故障的情况下中断, 如在本领域中保护电路和机械所做的。

[0045] 另一方面, 如果监视的电流大于电流阈值, 则跳闸发生 144, 并且在步骤 146 处电动机断开, 并且电动机开始滑到停止点。根据一个实施例, 如果在一定的时间持续时间上监视的电流大于电流阈值, 则电流跳闸调整子例程 130 识别出电流跳闸 144, 其中持续时间可定义为几分之一秒(诸如 0.2 或 0.5 秒)以这种方式以避免由于噪声或其它乱真事例(spurious event)的滋扰中断。通过切换装置 68-72 的触发或点火实现电动机的断开, 从而将电动机端子与线路电压电气隔离。在步骤 148 处, 在断开时以及在随着电动机减速或滑到停止点的时间段期间横跨电动机端子测量电压的代表值。代表值可例如是峰值或有效值。电压的监视代表值用于确定电动机的速度。如在下面更详细解释的, 电动机速度可用作用于确定在重

启之前需要等待的时间的因子。此外,监视的电动机速度包含涉及系统负载和惯性的信息,其可用于生成用于诊断和调试的精细操作参数以及其它函数。在步骤150期间,技术96保持等待步骤。等待步骤继续,直到电动机已经停止,其可以以诸如设定时间(诸如1分钟)的多种方式来确定,或根据监视电动机电压的代表值来推断。等待步骤的持续时间可以可选地基于来自温度感测单元92的输入来延长,例如直到温度读数低于设计用于单元的安全后续操作的阈值。此外,等待步骤可包括来自用户的可选输入,以使得重启仅随着用户的默许发生。

[0046] 可选地,在步骤152处(以虚线(phantom)示出),技术96确定电流跳闸是否是“早期跳闸”。如果跳闸在试运行中的第一时间阈值之前或在紧随试运行的初始化的预定时间周期内(诸如例如在试运行的第一秒内)发生,则电流跳闸可被确定为“早期跳闸”。如果电流跳闸没有在预定时间周期内发生154(也就是说,电流跳闸在第一时间阈值之后发生),则技术96直接继续进行到延长斜坡时间的步骤156。另一方面,如果电流跳闸没有在试运行中的第一时间阈值之前发生158,则电压在启动操作的开始时过高。为在较长的时间周期内保持接近其初始值的电压,并防止在后续运行中的电流跳闸,在可选步骤160处可减少初始扭矩(以虚线示出),并且可选地,如关于图7更详细地描述,在步骤152处可延长斜坡时间。根据各种实施例,可将技术96配置成继续进行到步骤156,并且延长紧随步骤160的斜坡时间,或可替代地,旁通步骤160并直接继续进行到步骤142。

[0047] 在步骤156处,技术96延长斜坡时间 $t_{\text{斜坡}}$,以供接下来的试运行中使用。根据各种实施例,作为示例,斜坡时间 $t_{\text{斜坡}}$ 可根据查找表从先前的值增加预定义标量值或倍增因子。可选地,在延长斜坡时间上,技术96可考虑在试运行开始之后多久跳闸发生。如果跳闸在试运行开始之后非常快地发生,诸如例如在开始试运行的一秒钟内,则技术96同样可减少用于后续试运行的初始扭矩因子。与斜坡时间类似,在扭矩因子中的减少量可从查找表确定或根据预定函数来确定。在确定延长的斜坡时间之后,调整算法子例程130在步骤142处结束。

[0048] 如以上所解释的,在由于对于给定试运行的所选操作参数而检测到过电流状况之后,电流跳闸调整子例程130可采取多个动作来修改用于后续试运行的启动轮廓的操作参数,即延长斜坡时间和/或减少初始扭矩。为了更详细示出这些选项,图7包括依照在第一试运行内施加于电动机的电压(或扭矩因子)相对于时间示出的示例性初始启动轮廓162,以及对于在由于使用初始启动轮廓162的尝试电动机启动而检测到过电流状况之后的后续试运行的三个示例性启动轮廓164、166、168。启动轮廓164示出了其中后续试运行被定义为具有减少的初始扭矩因子和与第一试运行相同的斜坡时间的情况。启动轮廓166定义具有从第一试运行增加的斜坡时间的后续试运行,但其中初始扭矩因子保持不变。启动轮廓168示出了其中在第一试运行和后续试运行之间减少初始扭矩因子并且增加斜坡时间的情况。

[0049] 为了针对后续的试运行确定紧接哪个启动轮廓,电流跳闸调整子例程130确定在先前的试运行期间跳闸何时发生。如果跳闸没有在启动尝试中早期发生,诸如在时间170之后,则电流跳闸调整子例程130增加从时间172到时间174的斜坡时间,同时为后续试运行保持初始扭矩因子176,如在启动轮廓166中所示。

[0050] 由于启动轮廓166仅略低于初始启动轮廓162,所以如果电流跳闸在试运行中早期发生,则仅增加斜坡时间可能不足以防止过电流状况在后续试运行中发生。当在使用初始

启动轮廓162的启动尝试期间早期检测到过电流状况时,诸如在时间170之前,电流跳闸调整子例程130可减少针对后续试运行的初始扭矩因子,如由启动轮廓164和168所示。减少针对后续试运行的初始扭矩因子减小了早期施加到电动机的电压。在优选实施例中,子例程130将初始扭矩值176减小到减少的值(初始扭矩因子178),同时保持初始斜坡时间172。可替代地,子例程130可减少初始扭矩因子,并且同样将斜坡时间从初始斜坡时间172增加到增加的斜坡时间174,如在启动轮廓168中所示。

[0051] 根据一个实施例,在检测到早期跳闸之后,在定义针对后续试运行的初始扭矩因子和斜坡时间上,将电流跳闸调整算法子例程130配置成基于启动轮廓166的斜率来确定在时间170处的扭矩因子182,并且将确定的扭矩因子与来自第一或初始试运行162的在时间170处的对应的扭矩因子180比较。如果扭矩因子182与扭矩因子180相差超过诸如5%的预定量,则电流跳闸调整算法子例程130将为后续试运行选择后续启动轮廓166。如果扭矩因子182与扭矩因子180没有相差超过预定量,则电流跳闸调整算法子例程130为后续启动轮廓选择启动轮廓164或启动轮廓168。

[0052] 可选地,同样可将电流跳闸子例程130配置成监视其中如由温度感测单元92(图2)监视的软启动器的温度在操作期间超过预定阈值的温度跳闸或状况。如果这种温度过高跳闸发生,则可将子例程130进一步配置成以类似于如上关于电流跳闸情况所述的方式断开电动机并且调节操作参数。在这种情况下,可保持等待步骤150,直到所监视的软启动器温度已经达到可接受水平(如由来自温度感测单元92的反馈所指示的)。

[0053] 在试运行期间,技术96同样操作无启动调整子例程132,其细节在图8中示出。子例程132开始于步骤184,并在步骤186处确定在试运行的时间持续期间电动机是否达到全操作速度。如果电动机在试运行188期间达到全速度,则在步骤190处无启动调整算法子例程132结束。另一方面,如果电动机在试运行192期间没有达到全速度,则在步骤194处电动机在试运行持续时间结束时断开,并且在步骤196处监视在电动机断开之后电动机电压的代表值。

[0054] 在步骤198处,将所监视的在电动机断开之后的电动机电压的代表值与阈值比较。在一个实施例中,将阈值电压值选择为全线路电压的百分比。如果监视的电动机电压大于阈值电压值200,则在步骤202处针对后续试运行将初始扭矩因子的当前值保持在其现有设定处。如果监视的电动机电压小于阈值电压值204,则在步骤206处针对下一个试运行增加初始扭矩因子。

[0055] 根据一个实施例,在步骤206处无启动调整算法子例程132根据查找表增加初始扭矩因子。下面提供了示例性查找表TABLE 1。TABLE 1仅是扭矩和发动持续时间值的一个可能组合的示例,并且不旨在限制本发明的范围。如本领域的技术人员将认识的,扭矩因子值和发动持续时间以及在一般操作模式和发动模式中以及在标志的指示之前的多个试运行可基于给定的应用程序而改变。如图所示,初始扭矩因子可针对第一数量的试运行迭代递增预定义量,诸如例如不具有启动的初始扭矩值的附加的百分之十。如果电动机在第一数量的试运行迭代之后没有启动,则子例程132可开始启动操作,并且如果电动机没有启动,则选择性改变初始扭矩、发动持续时间和/或针对后续试运行的初始斜坡扭矩。如果电动机在一定数量的试运行迭代之后没有启动,则可将子例程132编程为指示在子例程的结束190处的标志或过负载状况。

[0056] 表1

[0057]

试运行	初始扭矩因子	发动持续时间	初始斜坡扭矩因子
i=1	50%	0	0
i=2	60%	0	0
i=3	70%	0	0
i=4	75%	1 秒	70%
i=5	75%	2 秒	70%
i=6	80%	2 秒	70%

[0058] 再次参考图3,紧随在步骤134处的试运行的结束,技术96在步骤208处确定试运行是否实现成功的启动。如果电动机反电动势高于阈值或电动机已经达到最终速度,则成功启动可被确定为已经发生210。电动机可随后基于试运行的操作参数成功启动,并且在试运行期间过电流和/或温度过高的状况没有发生。根据各种实施例,可由缺口深度电压降(测量为横跨软启动器切换装置的电压)、低于阈值的电流降、扭矩轮廓中的峰值或拐点,或者这三者的结合来检测最终速度。

[0059] 峰值扭矩通常发生在感应电机达到最终速度前不久,并且同样是系统将要达到最终速度的早期指标。将峰值扭矩的检测确定为标称扭矩的函数,诸如例如标称扭矩乘以标量系数。根据一个实施例,可将技术96配置为确定扭矩估计来感测电动机是否正在接近全速度。估计扭矩提供了用于调整缺口函数的附加信息,包括电动机将基于电流缺口函数达到最终速度的早期指示。为了确定扭矩估计,使用多种方法中的一种方法获得电动机定子电阻。例如,电动机定子电阻可从电动机制造商获得,离线单独测量,或使用已知技术估计。可替代地,当电动机处于停止状况时可通过接通在电动机相中的两个相中的两个晶闸管来估计电动机定子电阻。随着横跨这两相的电压接近于零并下降,接通晶闸管在这两相中产生短电流波形。在该传导期间测量电压和电流以提供所需的定子绕组电阻值。定子绕组电阻值 R_s 然后用于根据如下计算定子磁通矢量 Ψ_s :

$$[0060] \quad \Psi_s = \int (u_s - R_s i_s) dt \quad (\text{方程1})$$

[0061] 其中 u_s 是测量的定子电压, i_s 是测量的施加到电动机的定子电流。电磁扭矩 T_e 然后可根据如下估计:

$$[0062] \quad T_e = p_n (i_{s\beta} \Psi_{sa} - i_{sa} \Psi_{s\beta}) \quad (\text{方程2})$$

[0063] 其中, p_n 是极对的数量,而下标 α 和 β 反映在诸如d-q轴线的正交的两轴上的分量。

[0064] 如果技术96确定在步骤208处试运行没有产生成功启动212,则技术96返回步骤114以启动后续试运行。在后续试运行期间,根据由一个或多个更新的操作参数(例如,斜坡时间和/或初始扭矩因子)定义的电动机启动轮廓来控制软启动器的切换装置,该一个或多个更新的操作参数从在先前试运行期间运行的无启动调整子例程132和/或电流/温度跳闸调整子例程130确定。

[0065] 技术96在给定的试运行期间的子例程130和132期间继续修改用于电动机启动轮

廓或缺口宽度函数的操作参数,并使用这些修改值来定义在下一个试运行期间用于操作软启动器的更新的缺口宽度函数,直到在步骤208处确定成功启动,或直到子例程130或132中的一个子例程输出标志。标志可甚至采用初始扭矩的最高可能值(例如在表1中的状况“试运行 $i=6$ ”)从仍未达到的全速度,或从诸如已经超过预定最大数量的尝试启动的其它指标指出。与标志的指示一起,技术96可使信息对于用户或涉及启动尝试的其它算法可用,以帮助提供诊断,识别故障状况(如果有的话),并且使能够有路径在将来实现成功的系统启动。

[0066] 当确定成功启动已经在试运行期间发生210,并且在步骤110处用户提供期望的启动时间时,技术96继续到自动化调整技术的最后阶段,其中操作参数可被调节以采用对负载的较少应变(strain)来实现平滑运行,和/或在更接近用户期望启动时间 $t_{\text{用户启动}}$ 的时间周期内实现电动机启动。为此,技术96在步骤214处确定电动机在试运行期间启动所花费的实际时间(在此称为 $t_{\text{启动}}$)。技术96然后开始关于图9详细描述斜坡时间调整子例程216。

[0067] 现在参考图9,根据本发明的一个实施例示出启动时间调整子例程216的子步骤。子例程216选择性地调节斜坡时间的当前值 $t_{\text{斜坡}}$,以使得电动机达到最终速度所花费的时间更接近用户期望的启动时间 $t_{\text{用户启动}}$ 。因为实际启动可仅在时间值的限制范围内发生,所以将子例程216配置为对启动时间进行小调节,并且在一个实施例中,仅调节斜坡时间 $t_{\text{斜坡}}$ 的单个时间。在由于更新的斜坡时间而在后续试运行期间发生过电流的事件中,技术96回到用于后续电动机启动的先前试运行中使用的斜坡时间。

[0068] 子例程216开始于步骤218,并在步骤220处确定实际启动时间 $t_{\text{启动}}$ 是否处于用户输入启动时间的给定范围内,其中给定的范围定义在上限阈值和下限阈值之间。作为一个示例,给定的范围可定义在用户输入启动时间的约120%的上限阈值和用户输入启动时间的约80%的下限阈值之间。然而,上限阈值和下限阈值可在替代实施例中改变。如果子例程216确定实际启动时间处于预定义时间范围222内,则子例程216在步骤224处对于后续试运行保持现有斜坡时间设定,并且在步骤226处结束。

[0069] 另一方面,如果实际启动时间不处于预定义范围内228,则子例程216在步骤230处确定实际启动时间是否大于预定义范围的上限阈值或小于预定义范围的下限阈值。如果实际启动时间大于上限阈值232,则子例程216在步骤234处,对于下一个试运行减少斜坡时间 $t_{\text{斜坡}}$ 。如果实际启动时间小于预定义范围的下限阈值236,则子例程216在步骤238处,对于下一个试运行增加斜坡时间 $t_{\text{斜坡}}$ 。根据各种实施例,子例程216根据预定义函数在步骤234和238处增加或减少斜坡时间 $t_{\text{斜坡}}$ 。紧随步骤234或238,子例程在步骤226处结束。

[0070] 再次参考图3,技术96在步骤240处结束,并且在子例程130、132期间(并且如果适用的话,在子例程216期间)定义的操作参数被存储用于下一个电动机启动。在软启动器的继续操作期间,控制器继续运行在此所述的自动调整算法,并且继续调整用于操作软启动器的缺口宽度轮廓的操作参数。

[0071] 此外,技术96可集成在多个其它算法和函数内,或集成在其步骤内,诸如技术96可与其协作工作,或随着信息交换等通过这种方法和步骤增强的诊断函数、保护函数、电流限制函数、能量监视函数等。同样,技术96可嵌入在较大或大得多的软启动器控制系统内或包括较大或大得多的软启动器控制系统。

[0072] 所公开的方法和设备的贡献在于,它提供了用于生成和调整操作参数的控制

器实现的技术,该操作参数定义操作电动机软启动器的缺口宽度轮廓。该技术定义第一缺口宽度轮廓,监视根据第一缺口宽度轮廓操作的初始电动机启动尝试期间的操作状况,并自动更新缺口宽度轮廓的一个或多个参数。因此,在此公开的技术自动定义具有最少用户输入的用于软启动器的操作参数,并且在一些实施例中,没有任何用户输入。因为所公开的技术随时间推移自动重新计算并调节用于操作软启动器的电动机启动函数,所以该技术增加了平滑电动机启动的概率并且对随时间推移的负载变化负责。

[0073] 本领域的技术人员将理解,本发明的实施例可接口连接到具有存储在其上的计算机程序的计算机可读存储介质,并且受该计算机可读存储介质控制。计算机可读存储介质包括多个部件,诸如电子部件、硬件部件和/或计算机软件部件中的一个或多个。这些部件可包括一个或多个计算机可读存储介质,其一般存储诸如软件、固件和/或组件语言的指令,用于执行序列的一个或多个实施方式或实施例中的一个或多个部分。这些计算机可读存储介质一般是非暂态的和/或有形的。这种计算机可读存储介质的示例包括计算机和/或存储装置的可读数据存储介质。计算机可读存储介质可利用例如磁、电、光、生物和/或原子数据存储介质中的一个或多个。此外,这种介质可采取例如软盘、磁带、CD-ROM、DVD-ROM、硬盘驱动器和/或电子存储器的形式。未列出的非暂态和/或有形的计算机可读存储介质的其它形式可用于本发明的实施例。

[0074] 多个这种部件可在系统的实施方式中组合或分开。此外,如本领域的技术人员可理解的,这种部件可包括采用多种编程语言中的任何一种编程语言写入或实现的一组或一系列的计算机指令。另外,其它形式的计算机可读介质(诸如载波)可用于体现(embody)表示指令序列的计算机数据信号,该指令序列当由一个或多个计算机执行时使一个或多个计算机执行序列的一个或多个实施方式或实施例的一个或多个部分。

[0075] 因此,根据本发明的一个实施例,电连接到AC电动机的电动机控制装置包括多个切换装置,该多个切换装置包括对应于AC电动机和控制器的相应相的至少一个开关。将控制器编程成基于AC电动机的额定电流来定义电动机启动函数,电动机启动函数包括初始扭矩因子和初始斜坡时间;并且在第一试运行期间根据电动机启动函数触发多个切换装置,以将电流注入到AC电动机。同样将控制器编程成在第一试运行期间监视AC电动机和电动机控制装置中的至少一个的操作状况,基于所监视的操作状况来修改电动机启动函数,以及在后续试运行期间根据修改的电动机启动函数触发多个切换装置,以将电流注入到AC电动机。

[0076] 根据本发明的另一个实施例,一种用于控制AC电动机的方法包括:提供具有多个切换装置的电动机控制装置以调节到AC电动机的电压和电流;提供传感器系统以感测电动机控制装置和AC电动机的操作状况;以及在AC电源和AC电动机之间耦接电动机控制装置。方法同样包括:从初始组的操作参数自动生成第一缺口宽度函数;在第一电动机启动尝试期间根据第一缺口宽度函数控制多个切换装置;在第一电动机启动尝试期间基于从传感器系统接收的反馈,自动修改第一缺口宽度函数;以及在第二电动机启动尝试期间根据修改的缺口宽度函数控制多个切换装置。

[0077] 根据本发明的另一实施例,提供了一种控制从AC电源到感应电动机的电压和电流传输的软启动器。软启动器包括:多个电源线,每一个电源线对应于在感应电动机中的相;以及多个固态开关,其包括位于多个电源线中的每一个电源线上的至少一个固态开关,以

调节到感应电动机的电动机线路电压和相电流。软启动器同样包括处理器,其被编程成根据电动机启动函数来触发多个固态开关;以及自动修改无操作者输入的电动机启动函数的至少一个操作参数。处理器进一步被编程成使用修改的至少一个操作参数来自动更新电动机启动函数;以及根据更新的电动机启动函数来触发多个固态开关。

[0078] 已经依照优选实施例描述了本发明的实施例,并且应当认识到,除了那些明确陈述之外,等价、替代和变型是可能的并且处于所附权利要求的范围内。

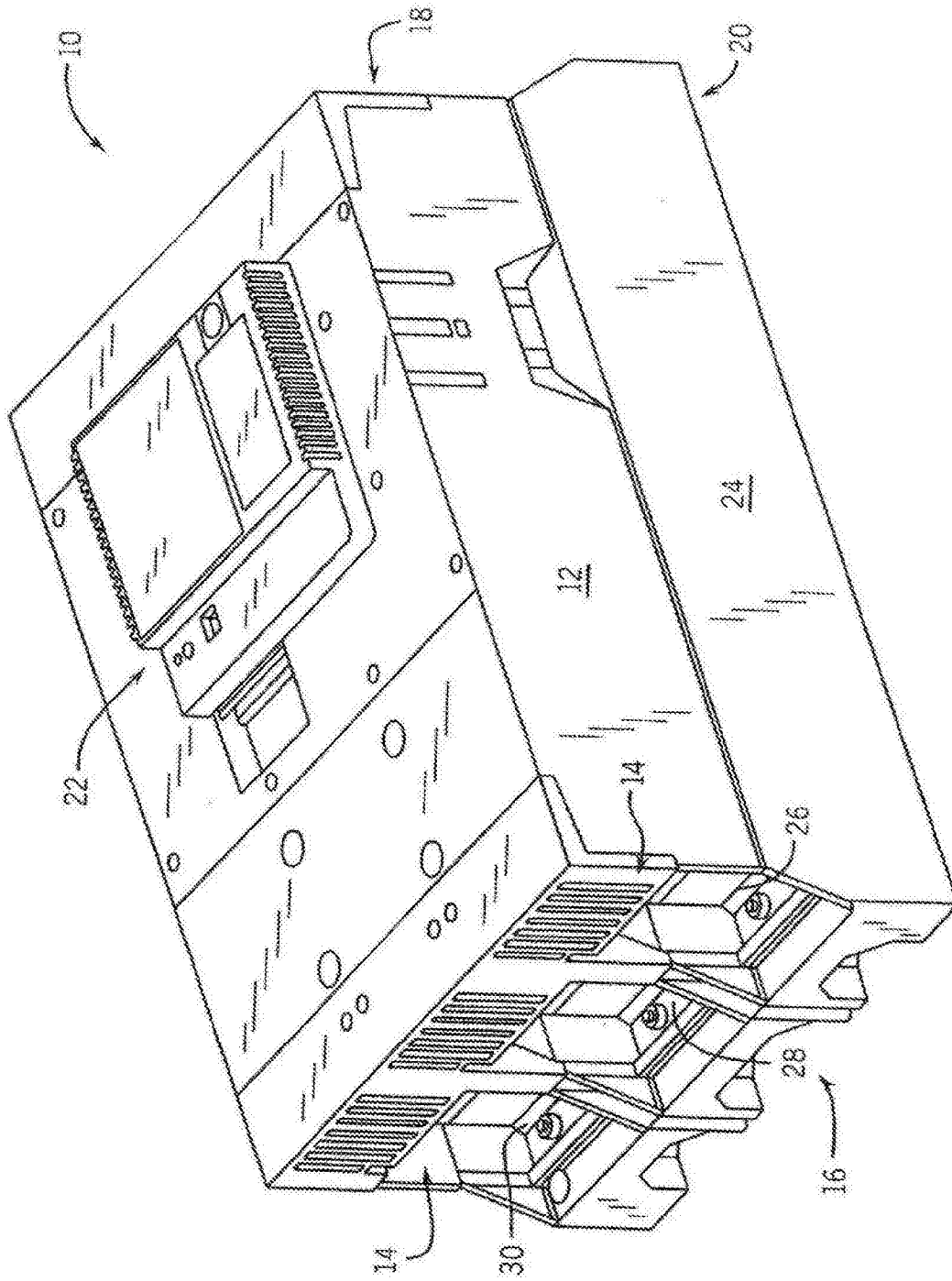


图1

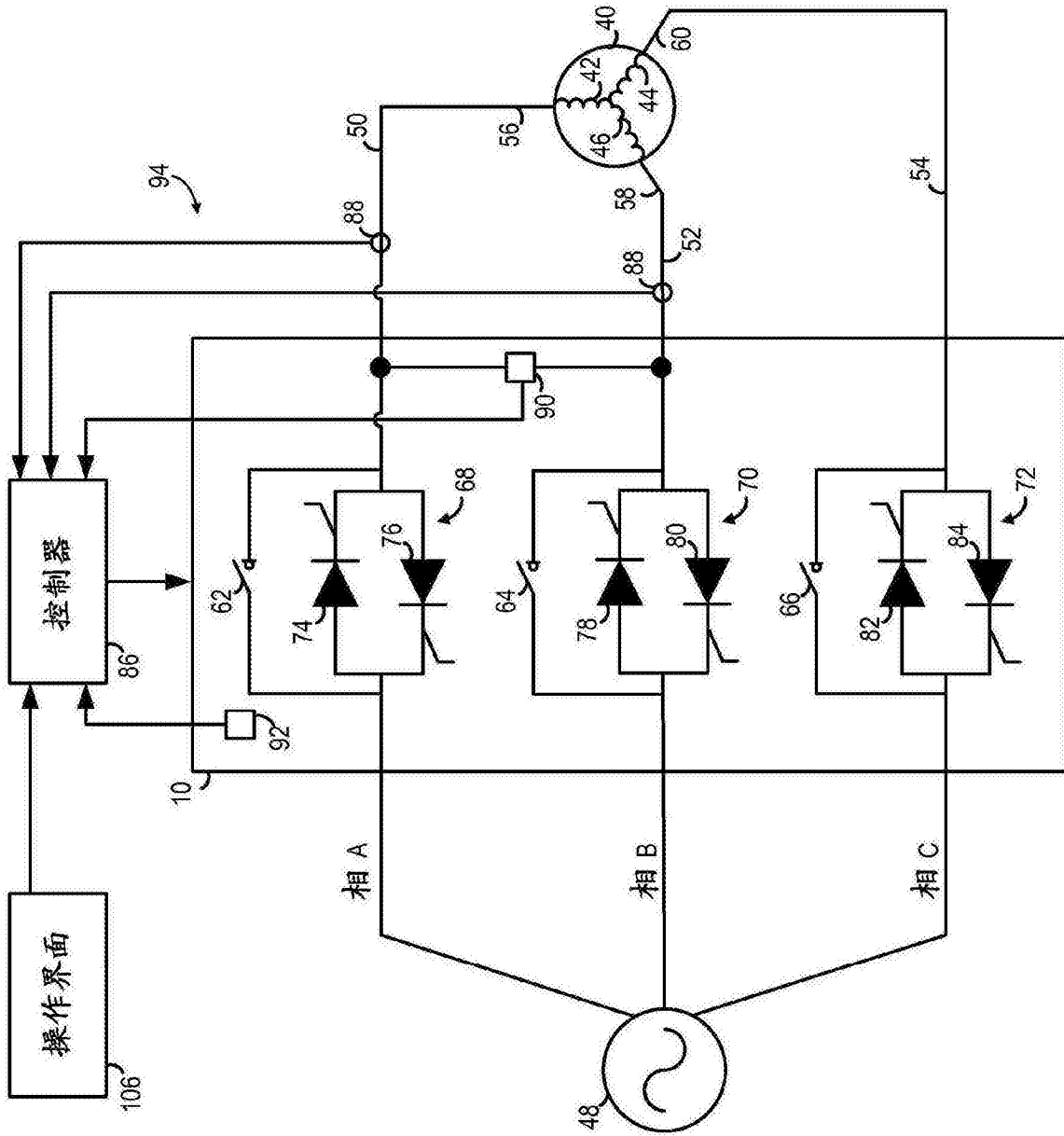


图2

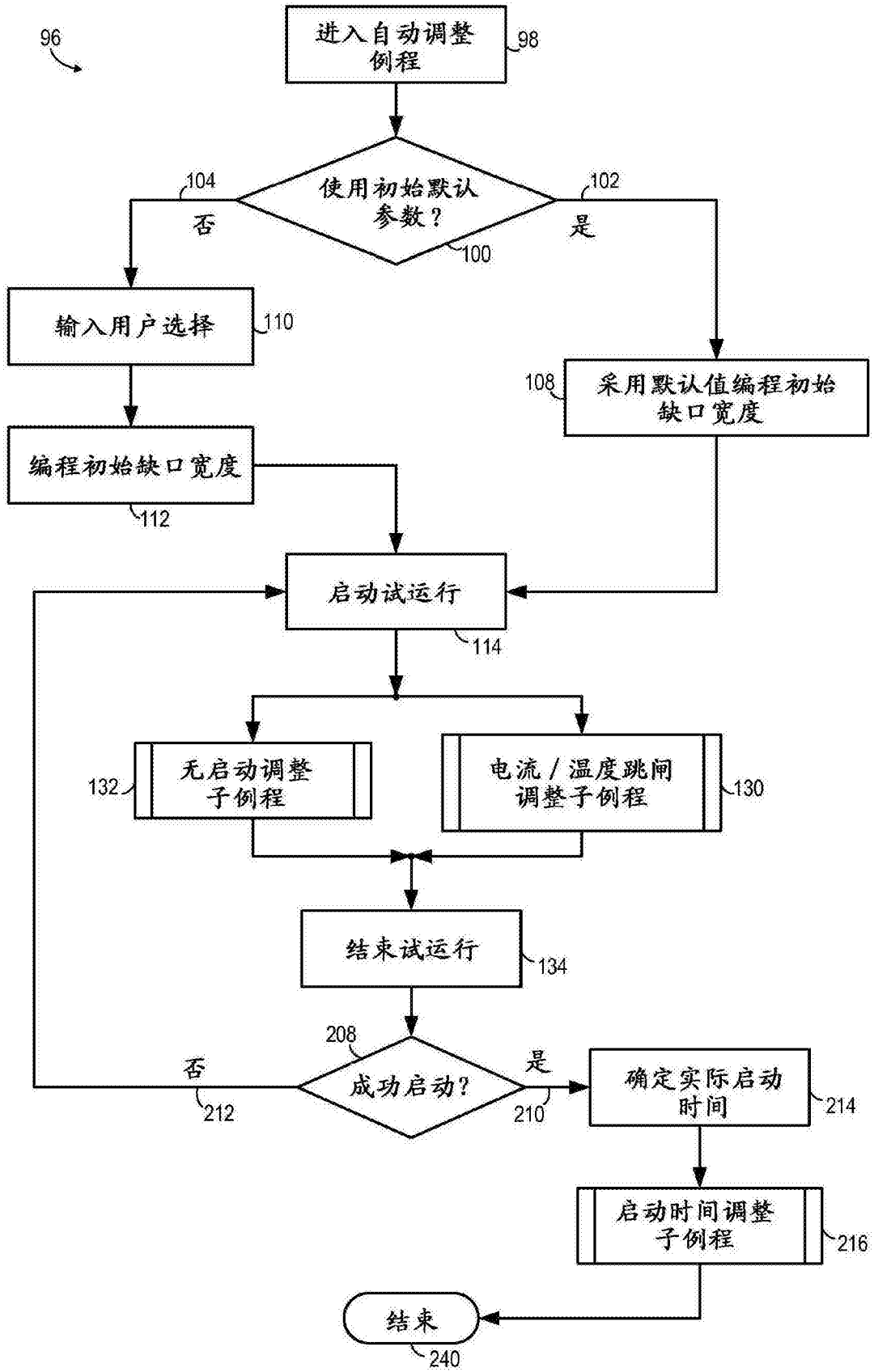


图3

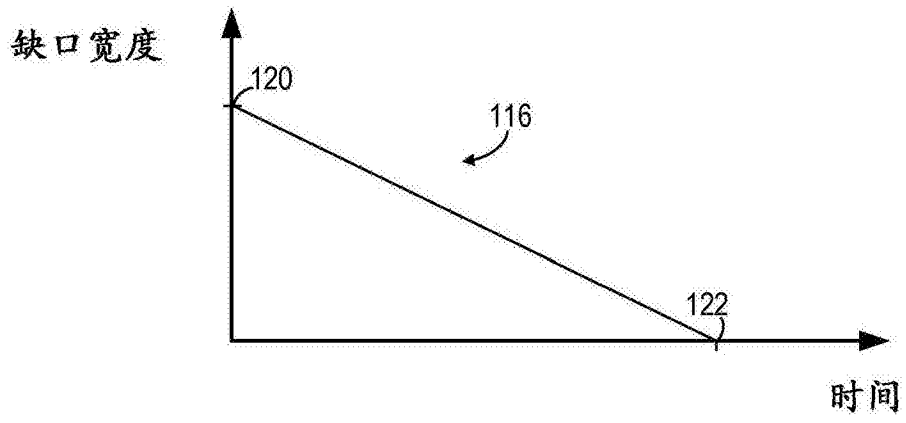


图4

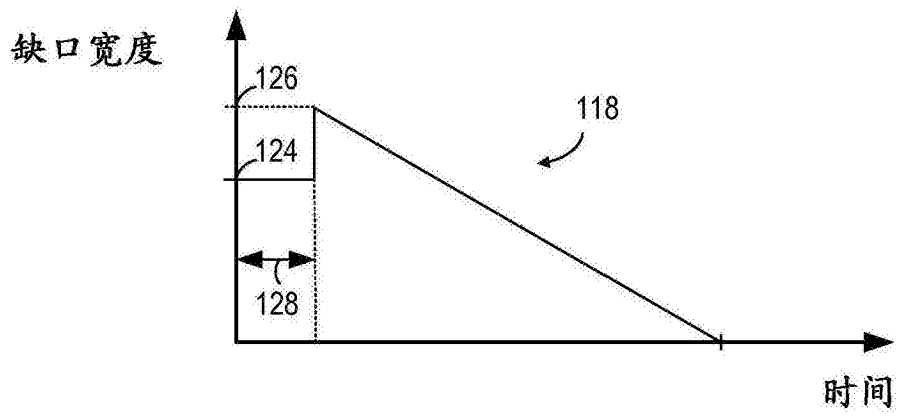


图5

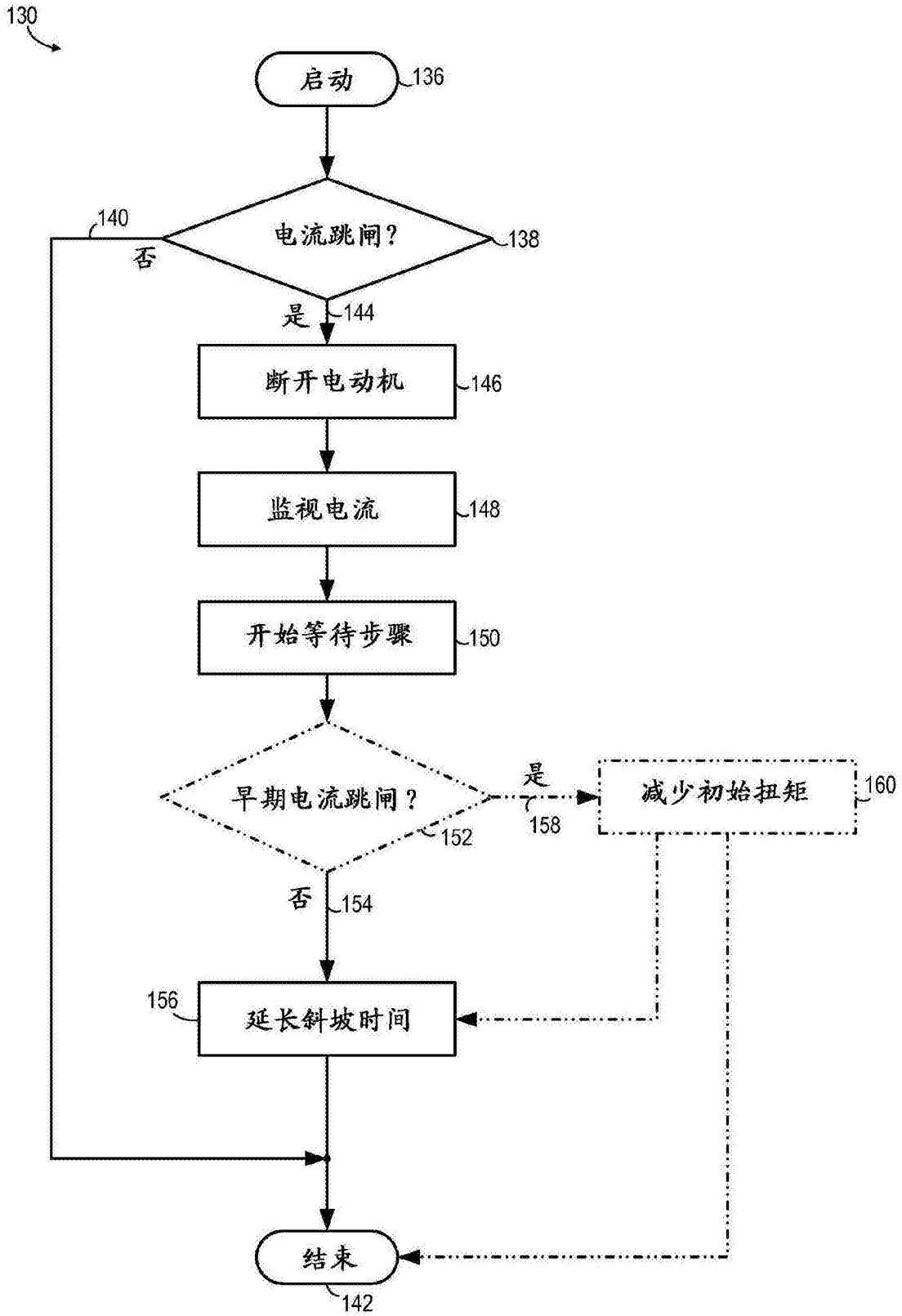


图6

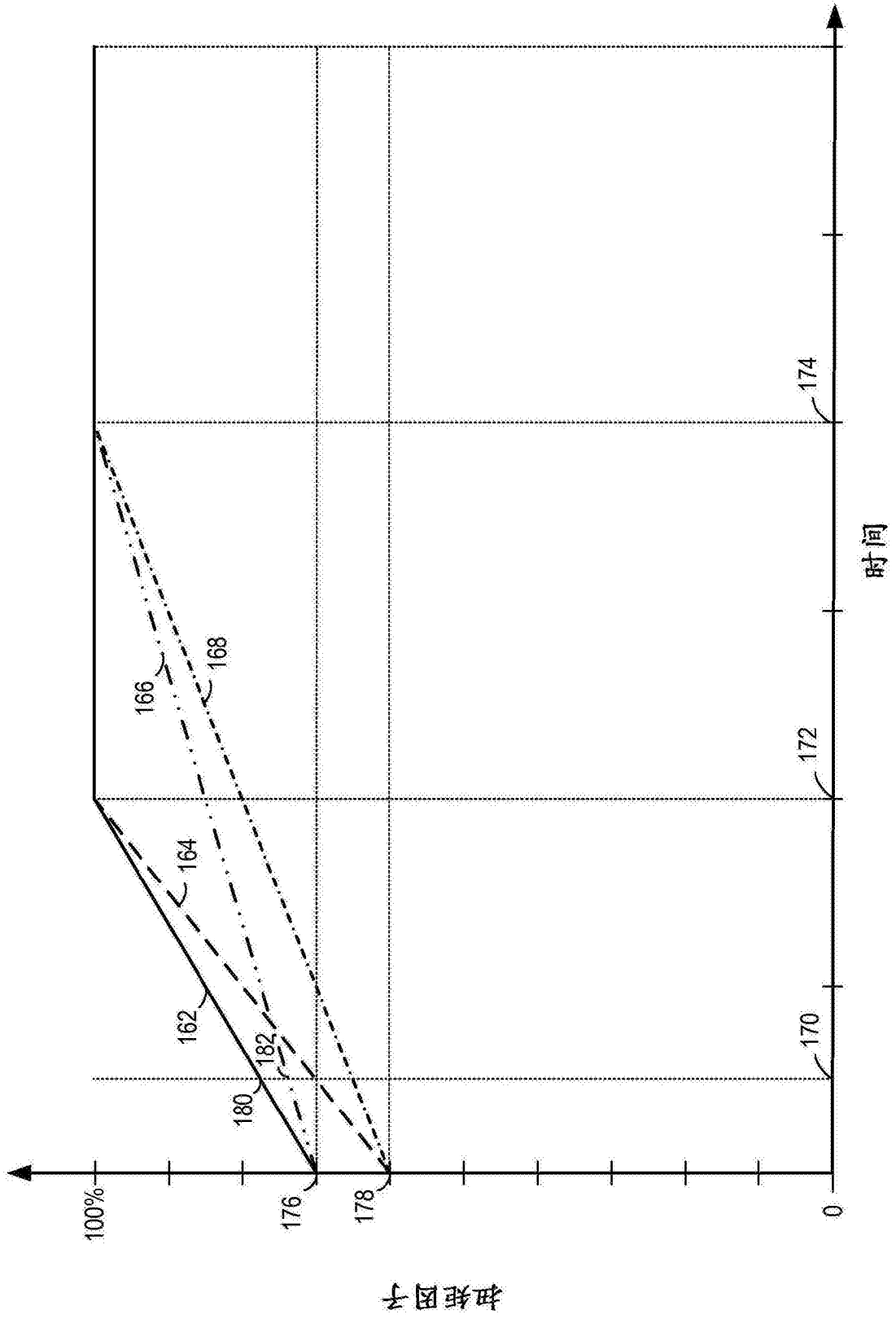


图7

132

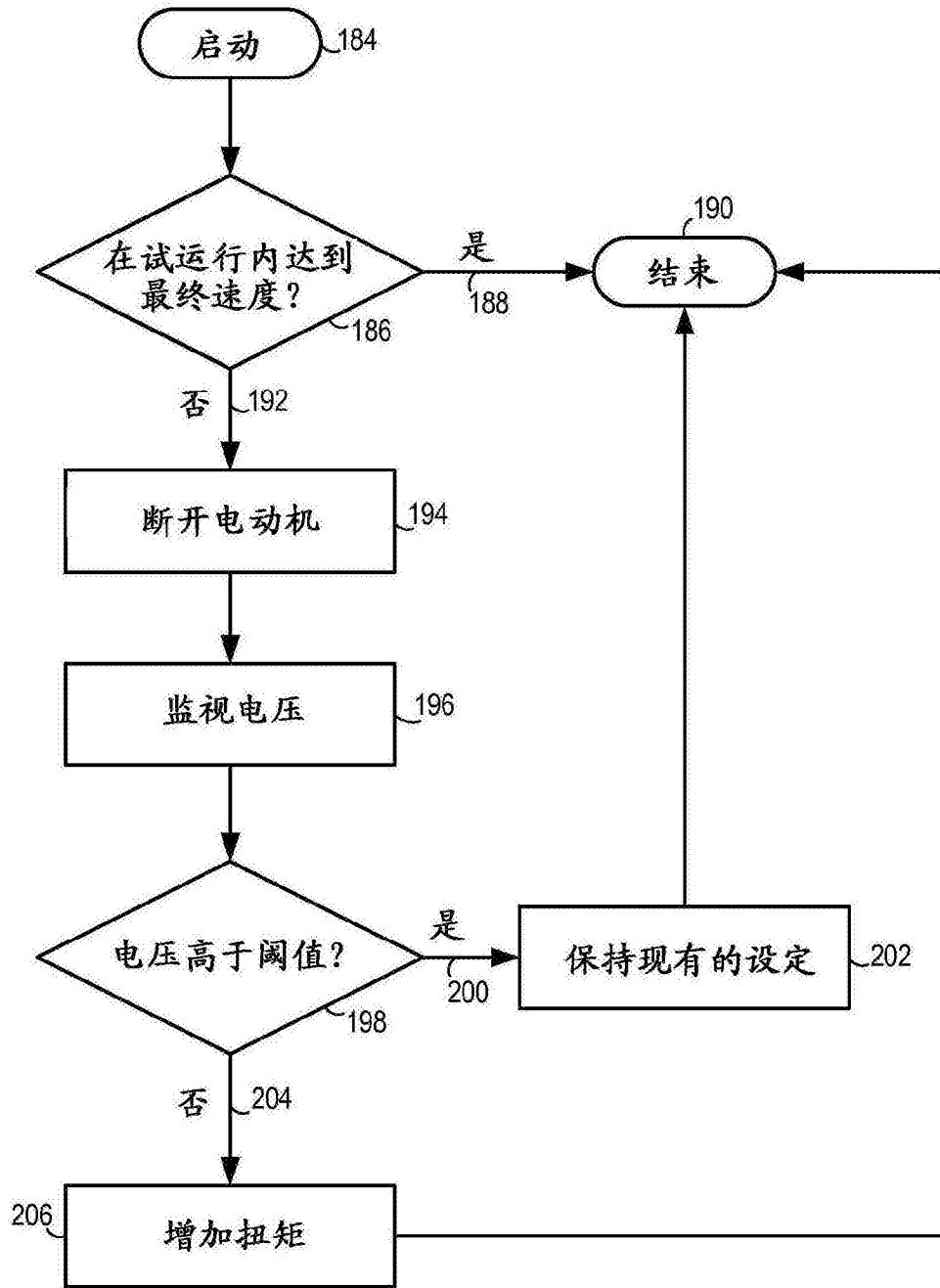


图8

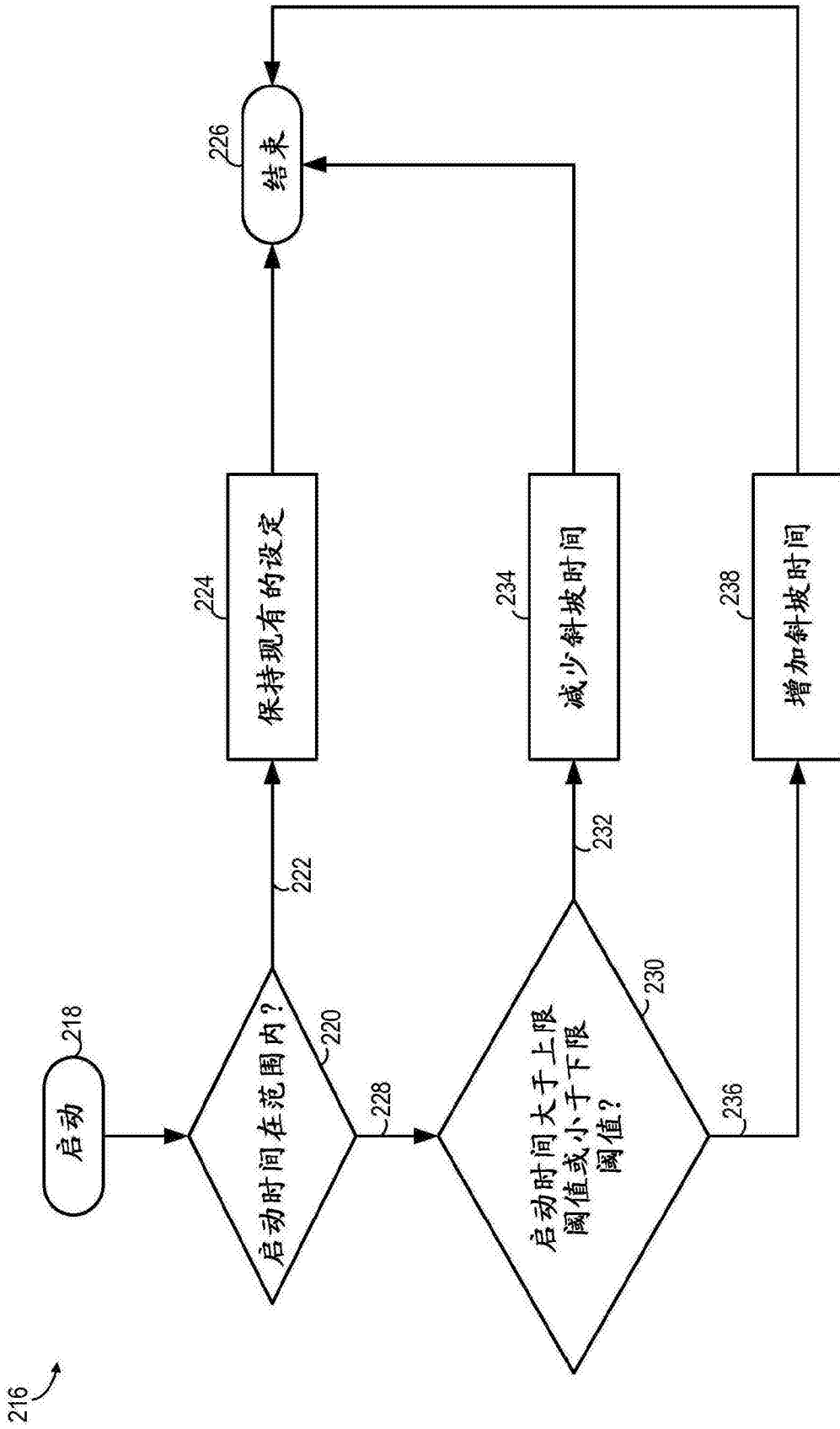


图9