

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97181247.0

[45] 授权公告日 2001 年 12 月 12 日

[11] 授权公告号 CN 1076140C

[22] 申请日 1997. 12. 3
 [21] 申请号 97181247.0
 [30] 优先权
 [32] 1996. 12. 3 [33] US [31] 08/032, 149
 [86] 国际申请 PCT/US97/22405 1997. 12. 3
 [87] 国际公布 WO98/25014 英 1998. 6. 11
 [85] 进入国家阶段日期 1999. 7. 5
 [73] 专利权人 艾略特能源系统股份有限公司
 地址 美国佛罗里达州
 [72] 发明人 祖雷斯·C·古谱塔
 布里杰·巴尔加瓦
 道格拉斯·R·伯纳姆
 J·迈克尔·蒂特斯
 乔恩·W·蒂特斯

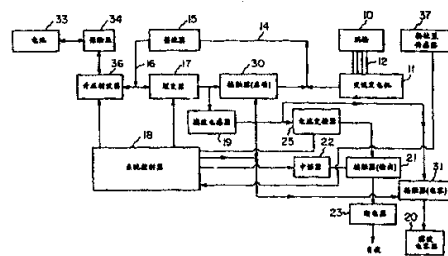
[56] 参考文献
 US 5117071 1992. 6. 2
 审查员 张志杰
 [74] 专利代理机构 上海专利商标事务所
 代理人 陈亮

权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图页数 6 页

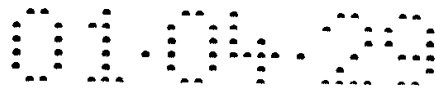
[54] 发明名称 用于涡轮/交流发电机的共轴电气系统

[57] 摘要

一种涡轮/交流发电机的电气系统, 涡轮/交流发电机包含燃气驱动涡轮和共轴旋转的永磁交流发电机, 电气系统包含逆变电路, 可连接到交流输出电路或交流发电机的定子绕组之一上。在启动模式期间, 控制电路把逆变电路转换连接到交流发电机的定子绕组上, 在电力输出模式期间, 把逆变电路转换连接到交流输出电路上。因此, 在启动模式期间, 交流发电机起到电动机的作用, 把涡轮的转速提高到安全点火速度, 在电力输出模式时, 电气系统向交流输出电路输出频率与交流发电机的转速无关的电力。



ISSN 1008-4274



权 利 要 求 书

- 1、一种涡轮/交流发电机的电气系统，其特征在于，所述电气系统包含：
- a) 燃气涡轮和同轴的永磁交流发电机，其具有永磁转子和定子绕组；
 - b) 一定子电路，连接到定子绕组上；
 - c) 交流输出电路；
 - d) 逆变电路，连接到交流输出电路上；
 - e) 第一接触器，把逆变电路连接到定子电路上；
 - f) 直流汇流线，连接到逆变电路上；
 - g) 整流电路，连接在定子电路与直流汇流线之间；
 - h) 临时供电电路，连接到直流汇流线上；
 - i) 驱动器，连接成使逆变电路转换；
 - j) 信号发生器，由从同轴旋转得到的信号驱动；
 - k) 开环波形发生器；
 - l) 第二接触器，把信号发生器或开环波形发生器之一连接到逆变器上；以及
 - m) 控制电路，在启动模式期间，把第一接触器转换成把逆变电路连接到定子电路上，把第二接触器转换成把信号发生器连接到脉冲驱动器上，在电力输出模式期间，把第一接触器转换成把逆变电路从定子电路上断开，把第二接触器转换成把开环波形发生器连接到驱动器上；

从而，在启动模式期间，交流发电机起到电动机的功能，把涡轮的转速提升到安全点火速度，在电力输出模式期间，电气系统向交流输出电路输出其频率与交流电机的转速无关的交流电。

2、如权利要求 1 所述的系统，其特征在于，连接成使逆变电流转换的驱动器是脉宽调制驱动器。

3、如权利要求 1 所述的电气系统，其特征在于，交流发电机的定子绕组是三相绕组，逆变电路和交流输出电路是三相电路。

4、如权利要求 1 所述的电气系统，其特征在于，电池供电电路包含电流和零升压逆变电路，向直流汇流线输出 0 与使交流发电机提供到安全点火速度所需要的电压之间的电压。

5、如权利要求1所述的电气系统，其特征在于，电池供电电路包含降压电路，在输出模式期间对电池重新充电。

6、如权利要求1所述的电气系统，其特征在于，电池供电电路包含逆变电路，它共用一个共用电感器，在启动模式期间，电压进行升压，输出到直流汇流线上，在电池充电模式期间，对直流汇流线电压进行降压，对电池充电。

7、如权利要求1所述的电气系统，其特征在于，电池供电电路包含恒频脉宽调制器，以驱动升压电路。

8、如权利要求7所述的电气系统，其特征在于，控制电路控制脉宽调制器的占空比，以控制输出到直流汇流线的电压。

9、如权利要求7所述的电气系统，其特征在于，电池供电电路包含驱动充电电路的恒频脉宽调制器和调节脉宽调制器占空比的装置，以控制电池的充电电压。

10、如权利要求1所述的电气系统，其特征在于，信号发生器由从磁传感器拾取的信号驱动，磁传感器由附在共用轴上的磁体激励。

11、如权利要求10所述的电气系统，其特征在于，磁传感器是霍尔效应传感器。

12、如权利要求11所述的电气系统，其特征在于，闭环波形电路还包含霍尔传感器编码电路。

13、如权利要求1所述的电气系统，其特征在于，油泵和燃料泵以及电子装置的电源都由电池的直流电来供电。

14、如权利要求1所述的电气系统，其特征在于，交流输出电路包含电流传感变换器，提供限流控制。

15、如权利要求1所述的电气系统，其特征在于，交流输出电路的每一相都包含滤波电感器和电容器。

16、如权利要求15所述的电气系统，其特征在于，在启动期间，由控制电路控制的接触器从交流输出电路上除去滤波电容器。

17、如权利要求1所述的电气系统，其特征在于，开环波形发生器用于触发启动，后面跟着闭环控制，把共用轴的转速提供到安全转速，以便点火。

18、如权利要求1所述的电气系统，其特征在于，波形发生器每相都包含计数器、PROM、数字-模拟转换器和具有幅度控制的放大器，它们可独立地控制。

说明书

用于涡轮/交流发电机的共轴电气系统

背景技术

燃气涡轮必须在燃料喷射和点燃之前由辅助装置驱动成以启动速度旋转，然后自持运作。以前，例如，已经用辅助电动或压缩空气电动机驱动的齿轮箱系统使涡轮旋转，并达到启动速度。“气”动力启动系统也用于小型涡轮，并通过把气流，尤其是空气对准到涡轮或压缩轮中使主转子旋转来操作。这些已有的系统很复杂，难以实现。

可以利用燃气涡轮驱动交流发电机来产生电力。交流发电机可以由自由涡轮来驱动，自由涡轮耦接到交流发电机的转子上，或者穿过齿轮箱。在这些系统中，必须精确地控制涡轮的速度，以把交流电流的输出保持在所需频率和电压上。

发明内容

根据本发明，把具有永磁转子的交流发电机连接到主涡轮转子上，以便可以启动涡轮并产生电力。这里描述的电气系统可以使转子以各种速度工作，而与转子速度的输出频率和电压无关。该电气系统独特地引入了逆变器，在启动模式工作下以及在功率产生模式工作下都能输出适当的电压和频率。

电气系统用于在启动模式期间使涡轮旋转，然后在涡轮达到其正常工作状态时，从交流发电机中取出电力。在启动时，交流发电机起到电动机的作用。电气系统在启动时的作用包含电力升压、电力转换和控制，以向交流发电机提供例如三相交流电力。频率和电压都是作为时间和转速的函数来控制的。在启动期间从直流源(例如电池)或者从交流电源之一获得电气系统的电力。根据转子位置反馈，启动电路可以起到开环控制系统或者闭环控制系统的作用。

当通过控制燃料和空气的燃烧而提供能力，使涡轮在极高速旋转时接近正常工作条件时，用于初始时把交流发电机驱动成电动机的电路自动被重新配置成从交流发电机接收能量。接着，可以从电气系统取出所希望电压和频率的三相电。

简言之，根据本发明，涡轮/交流发电机的电气系统包含燃气驱动涡轮和共轴旋转的交流发电机。交流发电机具有永磁转子和定子绕组。定子电路连接到定子绕组

上。直流汇流线向逆变电路提供电力。逆变电路的输出连接到交流输出电路上或者通过第一接触器连接到定子电路上。整流器连接在定子电路与直流汇流线之间。信号发生器由从共轴旋转取得的信号驱动，开环波形发生器产生与共轴旋转无关的波形。第二接触器把信号发生器或开环波形发生器之一连接到使逆变电路转换的驱动器上。临时电源向直流汇流线提供电力。在启动模式期间，控制电路把第一接触器转换成把逆变电路连接到定子电路上，把第二接触器转换成把信号发生器连接到驱动器(更佳地为一脉宽调制器)上。在电力输出模式期间，控制电路把第一接触器转换成使逆变器从定子电路上断开，把第二接触器转换成把开环波形发生器连接到驱动器上。在启动期间，交流发电机起到电动机的作用，以把涡轮的速度提高到安全点火速度。逆变器用于响应于信号发生器的信号对定子绕组进行整流。在电力输出模式期间，逆变器用于把交流发电机的整流输出转换成交流信号，响应于开环波形发生器加到交流输出电路上，从而产生频率与交流发电机的转速无关的电力。

根据较佳实施例，涡轮/交流发电机的电气系统包含燃气驱动涡轮和共轴旋转的交流发电机。交流发电机由永磁转子和定子绕组组成。定子绕组通过接触器连接到逆变电路上。逆变电路连接到直流汇流线上。逆变电路还连接到信号发生器上。一位置编码器连接到涡轮/交流发电机的驱动轴上。其输出端也连接到信号发生器上。逆变器处理直流汇流线电压和信号发生器的输出，产生三相交流输出电压。信号发生器控制逆变器的输出频率。同时，可变电压直流电源把随时间变化的电压加到直流汇流线上。直流汇流线电压控制逆变输出电压电平。因此，逆变器的输出频率和电压都是可以全面控制的。在启动模式期间，逆变器的输出通过接触器加到起到电动机作用的交流发电机上。当启动模式开始时，直流电源电压开始从0伏斜向上升。信号发生器的输出频率被设置在固定的低频上。当直流汇流线电压开始增加时，交流发电机转子开始以低速旋转。编码器检测轴的位置变化，并把该信号发送给信号发生器。信号发生器处理该信息，并开始作为发动机速度的函数提高其输出频率。该频率的增加直接引入到逆变器，用于控制逆变器输出电压的频率。这一控制过程产生了随时间变化的逆变器输出，其频率和电压通过接触器加到交流发电机上。因此，交流逆变器起到电动机的作用，把涡轮轴的速度加速到适宜点火的值上。一旦涡轮达到其正常的工作速度，可变电压电源就被去除。而且，轴位置编码器信号也与信号发生器断开，由精确的固定时基信号代替。接着，整流交流发电机的交流输出电压，把得到的直流输出电压加到直流汇流线上。这种重新配置可以使逆这器工作成与涡轮转子转速无关的固定

频率的电力输出源。在电力输出模式时，逆变器通过输出滤波器提供电力，然后把经滤波的输出电力连接到接触器上，接触器把它接到一组端子上，供消费使用。控制系统综合了在操作启动和功率输出模式期间的逆变器、电源、信号发生器和接触器的操作。在操作的功率输出模式期间，控制系统连续地测量逆变器的输出电压，并把信号送往信号发生器，以补偿由于输出负载条件变化引起的输出电压波动。

根据较佳实施例，信号发生器是脉宽调器。一般地，交流发电机的定子绕组是三相绕组，逆变电路和交流电路是三相电路。

根据较佳实施例，电气系统包含电池供电电路，它包括电池和零升压逆变电路，向直流汇流线输出 0 与逆变器需要的电压之间的电压，为交流发电机提供电力，使之达到安全点火速度。根据另一个较佳电路，电池供电电路包含降压电路，对电池重新充电，以及在输出模式期间，由直流汇流线为低电压电器(例如电扇和泵等)供电。

附图概述

通过下面参照附图的详细描述，本发明的进一步特征和其它目的以及优点将变得更明显。

图 1 是电气系统与燃气涡轮/交流发电机总体关系的示意图；

图 2 在启动模式期间向交流发电机提供电力以及在电力输出模式期间向负载传递产生的电力的电气系统的示意图；

图 3 示意地示出了把交流发电机的输出转换成在直流汇流线上直流电压的整流电路；

图 4a 和 4b 示意地示出了逆变电路，它由 6 个 IGBT 开关组成，用于在启动模式期间向交流发电机转换电流，在电力输出模式期间提供三相输出；

图 5 示意地示出了逆变电路的开环波形发生器和闭环驱动器；

图 6 示出了升压/降压斩波器，适用于在启动模式期间用电池电力向直流汇流线提供电力，并且在电力输出模式期间由直流汇流线向电池充电；以及

图 7 示意地示出了包括涡轮传感器和涡轮控制器的整个电气系统。

本发明的实施方式

图 1 示出了根据本发明的电气控制系统 1 与包含燃气涡轮 2 与交流发电机 3 的电力发生系统之间的关系。交流发电机的电枢安装在与涡轮轴共轴的轴上。电气控制系

统与电力发生系统共同作用提供启动电力、发动机控制、信号处理、电池充电、用户接口以及产生用户电力的功率转换和控制。独立和连线操作都较容易。

现在参照图 2，示出了根据本发明的涡轮发生器的电力电路的一般结构。涡轮 10 由共用轴 12 连接到永磁(稀土钕钴)交流发电机 11 上。定子利用高质量、低损耗的电工硅钢片叠层制成。该叠层包含三相分布绕组，绕在 12 个定子槽中，并具有一个外壳，用油来冷却。交流发电机的性能与冷却的效果有关。在当前实现的实施例中，四极永磁转子的大小如下：有效长度 3.55 英寸；在磁铁下直径 1.00 英寸；直径超过 1.430 英寸；磁铁重量 0.70 磅；转子重量 1.95 磅。

交流发电机的三相定子绕组由交流汇流线 14 连接到整流器 15 上。整流器的输出端连接到直流汇流线 16 上。在电力发生期间，即，在涡轮驱动交流发电机时的电力输出模式期间，交流汇流线的三相输出由整流器进行整流，在直流汇流线上提供直流电力。直流电力加到逆变器 17 上。在电力输出模式期间，逆变器 17 转换直流电力，提供频率与交流发电机的转速无关的三相输出。该频率受到系统控制器 18 的信号的控制。电感器 19 和电容器 20 对逆变器输出进行滤波。经滤波的三相输出通过输出接触器 21(由系统控制器 18 通过继电器 22 进行控制)和输出断路器 23 传送给负载。

电流变换器 25 检测反馈给系统控制器 18 的输出电流，以限制三相逆变器输出的电流，并平衡功率。

为了启动涡轮，必须把它加速到适当的点火速度。在启动模式期间，交流发电机工作成电动机。在启动模式期间，逆变器 17 的输出通过启动接触器 30 连接到交流发电机的定子绕组上，启动接触器 30 由系统控制器 18 控制。同时，电容器接触器 31 把滤波电容器 20 从输出电路中移去。由于在启动期间频率非常高，所以必须从定子电路中移去滤波电容器 20。

在启动期间，通过保险丝 34 从电池 33 取得直流电力，并把它提供给升压斩波器 36。升压斩波器把直流电池电力的电压从 0 伏提升到这样的电压，即当由逆变器把它转换成交流电时，它将能把交流发电机驱动成以能使涡轮安全点火的速度的电动机。较佳地，轴位置传感器 37 产生一个信号，加到系统控制器 18 上，接着利用该信号来控制逆变器 17，产生三相输出，对交流发电机的定子绕组进行变换，以把交流发电机和涡轮的速度提供到点火速度。

参照图 3，它示意地示出了适当的整流电路。如图所示， Δ 连接三相定子绕组 40、41、42 由 6 个二极管 43a, 43b, 43c, 43d, 43e, 43f 连接到直流汇流线 16 上。

参照图 4a 和 4b，它示意地示出了适当的逆变器电路。(图 4a 示出了定子绕组的一种 Δ 连接，图 4b 示出了一种星形连接。)逆变器包含 6 个固态(IGBT)开关，在启动模式期间，它们可以交替地把 Δ 连接的定子绕组的一角通过接触器 30 连接到直流汇流线 16 的正或负侧上。而且固态开关 44a, 44b, 44c, 44d, 44e, 44f 在所有时间上都把直流汇流线的正或负侧连接到滤波电感器 19 上，在启动之后，通过接触器 31 连接到滤波电容器 20 上。逆变器用于产生三相输出信号。由于它由系统控制器中的微处理器来控制，所以能提供可变范围较宽的输出电压和频率。在电力发生系统的启动和电力输出操作期间，输出逆变器以两种不同的方式使用。

在启动阶段，逆变器用于输出随时间变化的电压和频率，以把交流发电机驱动成电动机，把交流发电机的涡轮驱动轴加速到电力发生系统持续工作所必须的转速。在其目前的结构中，它需要范围从 0 至 350 伏频率从接近 0 至 2kHz 三相电压。

在电力输出阶段，逆变器用于输出与用户电力要求一致的三相电压。一般的电压为 480vac、240vac、208vac、120vac，频率为 50，60 和 400Hz。本系统并不限于这些值，如果需要，电压和频率的可选范围几乎是无限的。

电力发生系统的某些应用需要输出逆变器能够线路连接到现存的电力网络中。线路定相电路与系统控制器一起使用，监视电力网络电压的相位，并使电力发生系统与之同步。以相同的方式，系统控制器可以监视电力网络的电压幅度，调整电力发生系统的输出，以适应和控制电力传输到网络中。

图 5 示意地示出了系统控制器中产生开环波形以驱动逆变器 17 的一部分。频率发生器 50 产生频率在 250Hz 与 600kHz 之间可以由 CPU51 选择的输出脉冲。这些脉冲事先加到正弦波 PROM(可编程只读存储器)52a, 52b, 52c 的输入端上。正弦波 PROM 的输出(基本上为 256K 查找表)的相位彼此精确地偏移 120° 。PROM 的输出加到数字-模拟转换器 53a, 53b, 53c 上，产生三个模拟正弦波。数字/模拟转换器的每个波形的幅度都由正弦波(幅度)命令独立地控制。然后把正弦波在脉宽调制器 54a, 54b, 54c 中与来自三角波发生器的三角波进行比较。三角波发生器的频率是可控制的。然后把脉宽调制的波形通过驱动选择门 55a, 55b, 55c 加到驱动器 57a, 57b, 57c 上。在目前实现的实施例中，驱动器产生三对脉冲信号控制逆变器。在涡轮驱动交流发电机的电力输出模式期间，波形发生器用于驱动逆变器。至此为止所描述的波形电路为开环的。换句话说，它不受交流发电机转速的控制。然而，也可以把多种反馈信号用来调节数字-模拟转换器输出的信号的幅度。当在电力输出模式期间，波形电路主要用于驱动逆

变器时，它可以在启动模式刚开始时控制逆变器，使电枢至少旋转一次。这可以对霍尔效应传感信号进行定相。

三个霍尔效应开关 58 安装成拾取共轴旋转时偏移 120° 的磁脉冲。这些信号由霍尔逻辑电路 59 来处理，产生一对与每个拾取的脉冲对应的信号。三对信号由驱动选择门 55a, 55b, 55c 进行选通，到达驱动器 57a, 57b, 57c。位置传感系统由永久磁体和霍尔效应传感器组成，在涡轮发动机启动期间用来把电力转换给交流发电机的定子绕组。传感器的定相是在启动阶段开始时通过简短地以正常旋转方向旋转涡轮交流发电机轴来完成。在启动阶段的这一开始期间对轴的旋转是由输出逆变系统的微计算机控制来实现的，输出逆变系统是开环结构，它不利用霍尔效应传感器。一旦完成了对传感器的定相，就把它们的信号加到系统的输出逆变器部分，以方便在闭环控制下启动涡轮发动机。霍尔效应拾取能对逆变器 17 和交流发电机的定子绕组进行闭环转换。增益控制电路 61 处理逆变电路 17 的反馈，调节驱动电路的增益，平衡逆变器 17 输出的三相输出。

在启动模式期间，电池通过升压斩波器为直流汇流线供电。图 6 是在启动模式期间，12 或 24 伏电池向直流汇流线提供 0 至 350 伏电压的升压斩波器的示意图。当升压斩波器开关 65a 和 65b 闭合时(导通)，电流流入到电感器 66 中。当开关 65a 和 65b 打开时，电感器的磁场使电感器的驱动端 A 相对于端 B 为正，并把电流通过二极管 67a 和 67b 分别提供给直流汇正侧和负侧。开关 65a 和 65b 以 4kHz 的频率被驱动。占空比被控制成从 0 至 100%，以使直流汇流线电容器 70 上的输出电压从 0 至 350 伏变化。在启动期间利用 0 斩波电路的升压可以使交流发电机的转速逐步增加。

在功率输出模式期间，充电电路向电池充电。充电开关 68a 和 68b 以约 1kHz 的频率转换。占空比可以调节。当充电开关 68a 和 68b 闭合时，直流汇流线的电流流过电感器 66。当充电开关打开时，电感器的 B 侧相对于 A 侧变为正，通过二极管 69a 和 69b 向电池填充取得的电流。如这里所示的，升压和充电电路共用同一个电感器，但这并不是必须的。

在设置成 45KW 电力输出的本发明的较佳实施例中，部件采用如下的尺寸：

滤波电感器 19	300mH 每相
滤波电容器 20	100 μ F 每相
直流汇流线电容器 70	4700 μ F
逆变器 17 中的 IGBT 开关	400A/600V

图 7 示出了系统控制器与燃气涡轮之间的相互作用。系统控制器利用三个微处理器，彼此通过高速串行链路进行通信，并提供如下功能：(1)控制使涡轮转子旋转到达持续操作涡轮所必需的速度的电力；(2)处理和控制在交流发电机在电力输出系统工作期间产生的电力，提供公用线电压和频率的三相输出电力；(3)控制操作电力发生系统工作所需要的其它子系统，例如点火器、冷却风扇、燃油和油泵；(4)测量压力、温度、流量和速度的仪器的信号调节和控制；以及(5)产生和控制控制板，为系统操作和诊断提供用户接口。

三个微处理器每个都具有与它们自己相关的存储器，可独立编程和运行。一个微处理器用于监视键盘、显示器和 RS232 通信。第二个微处理器用于监视涡轮参照，激励故障切断，并记录最后几小时工作的工作参数历史。第三个微处理器监视和控制电路选择频率、电压、激励中继器等。

操作

有两种独立的系统操作模式。在第一种模式中，系统控制器 18 用于控制升压斩波器 36 和输出逆变器 17，随时间改变输出电压和频率。以这种方式的操作，是把交流发电机用作可变速电动机，使发动机以燃气涡轮持续工作所需要的速率旋转。在操作的第二种模式中，系统控制器 18 自动地重新配置逆变器部分，提供用户电力输出。在该操作模式中，由整流器 15 把交流发电机输出的高频交流电转换成直流电，施加给逆变器的输入端。逆变器与系统控制器一起提供所希望的三相输出电压和正常用户应用所需要的频率。输出电压频率和相位以与独立和连线用户应用一致的方式控制。

控制板 72 在用户和控制器之间提供了一个接口。它为用户提供了各种控制和器械操作选项，例如启动、关断、连线和诊断。在系统正常启动和操作期间，系统控制器如下按序控制功率发生系统。

1)根据控制板 72 的命令，控制器 18 向波形发生器和升压斩波器发送合适的命令，启动涡轮瞬时旋转，以对霍尔位置传感器进行正确地定相位，以便进行后续的启动功能。

2)接着，控制器控制升压斩波器 36 和波形发生器(见图 5 的 50 至 54 项和 58 项)，使三相电压和频率上升到逆变器上。把该三相输出传送给交流发电机，交流发电机把涡轮轴的转速加速到其持续工作必须的速度作为响应。

3)在上述启动期间，系统控制器监视和控制其它功能，例如燃料流量、点火。转

速、温度以及压力等。

4)在启动阶段以后，系统控制器重新配置升压斩波器，使它工作成电池充电器。此外，将波形发生器复位，提供产生用户电力输出要求所需要的信号。这些信号连接到选择开关的输入端，送到驱动器和逆变器。因此，逆变器提供了所希望的三相输出电压和用户所希望的频率。

5)在如4)所述的正常电力输出操作期间，系统控制器监视和控制所有控制电力发生系统所必须的功能，例如控制和/或监视只有整个电力发生系统的部分才有的燃料流量、温度、压力、速度、运行时间以及各种诊断。

通过这些对本发明的详细描述尤其是专利法需要的描述，希望以专利证书形成保护的内容如下权利要求。

说明书附图

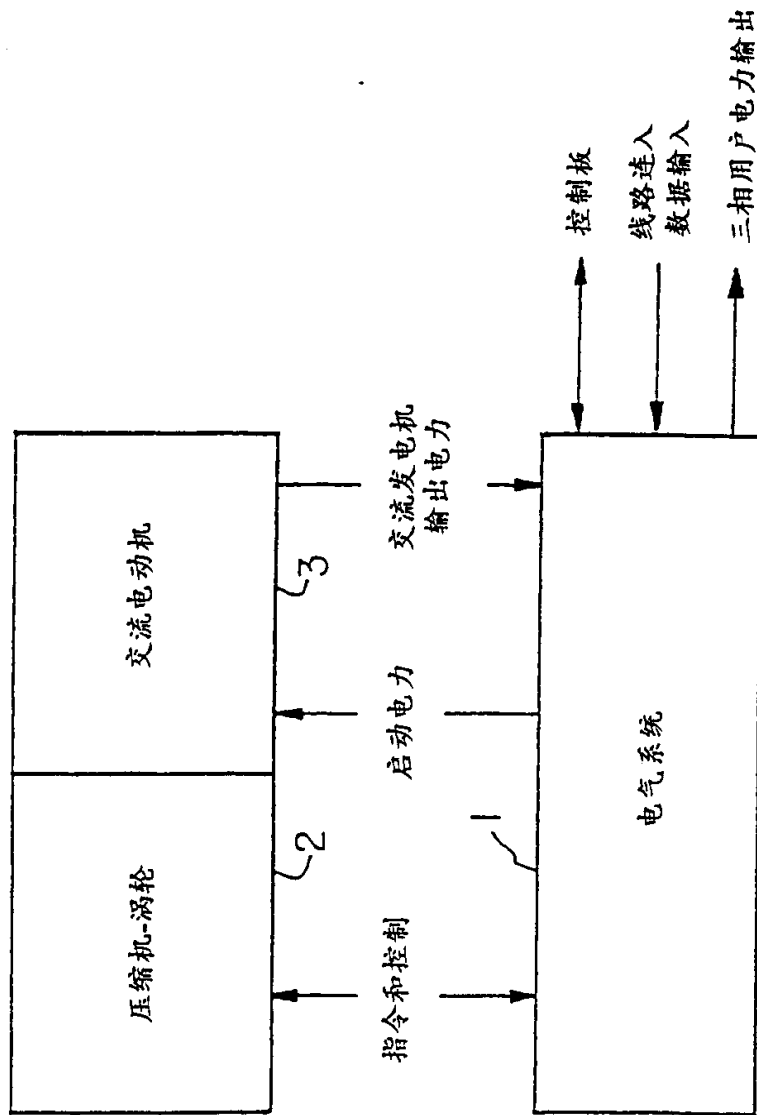


图 1

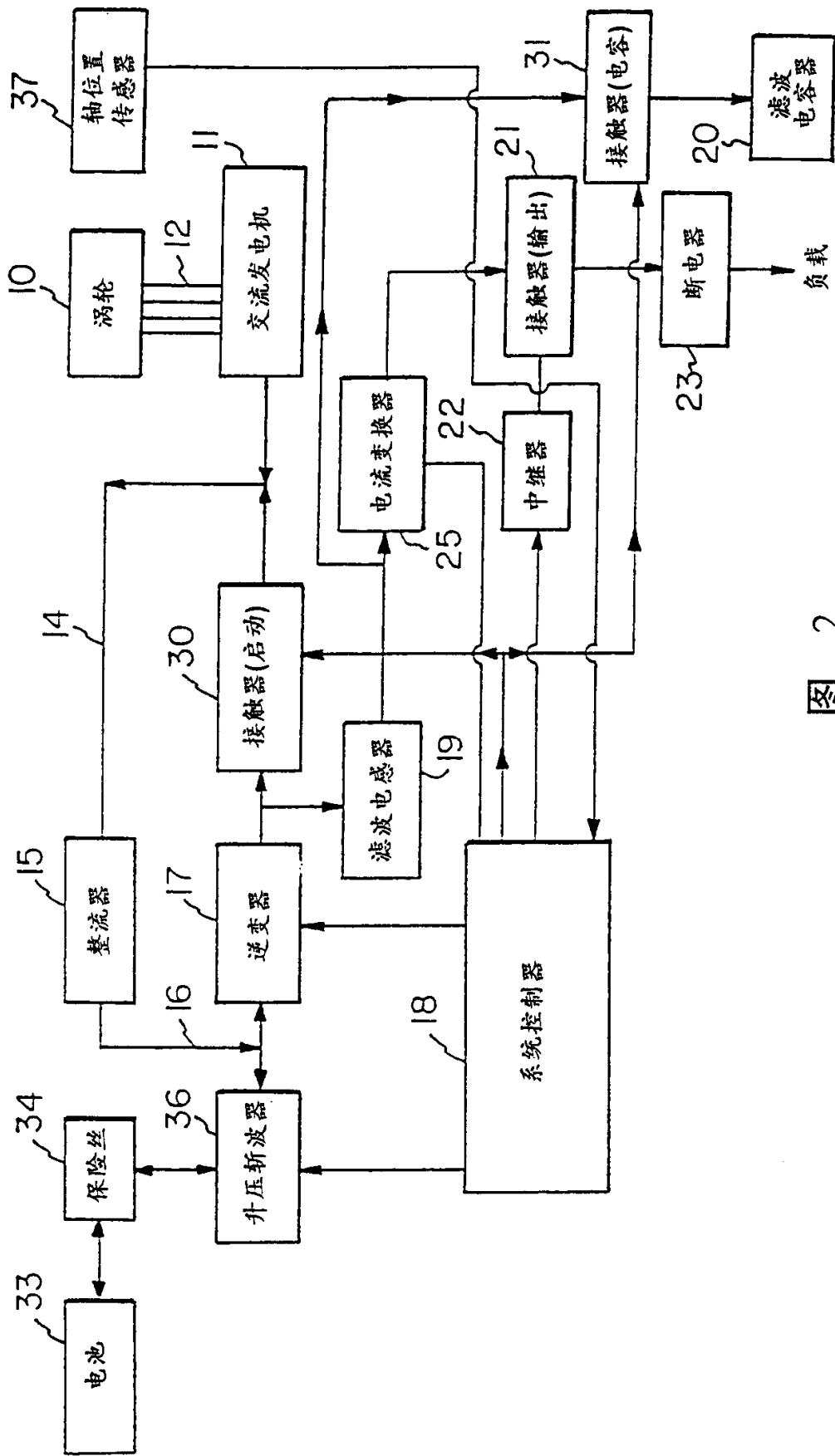


图 2

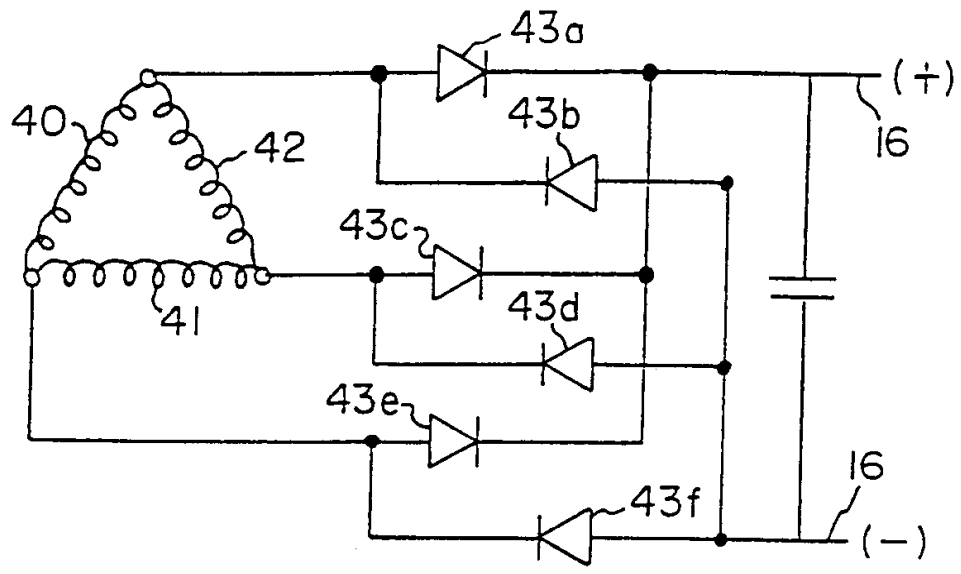


图 3

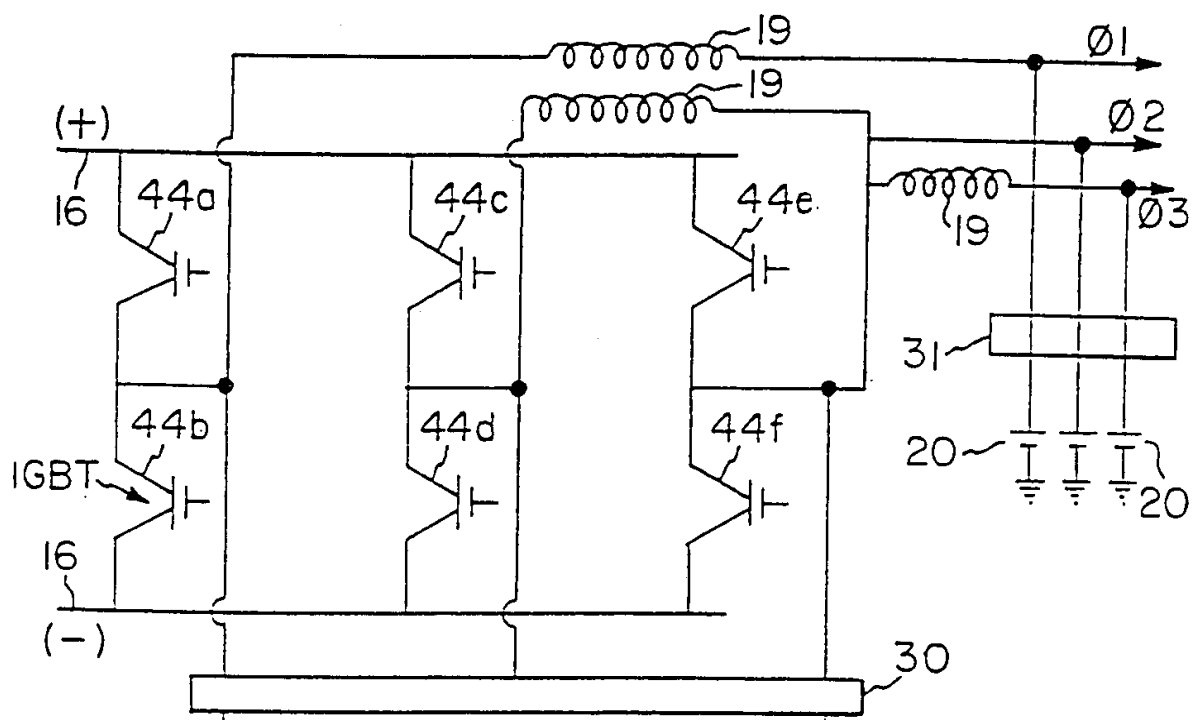


图 4a

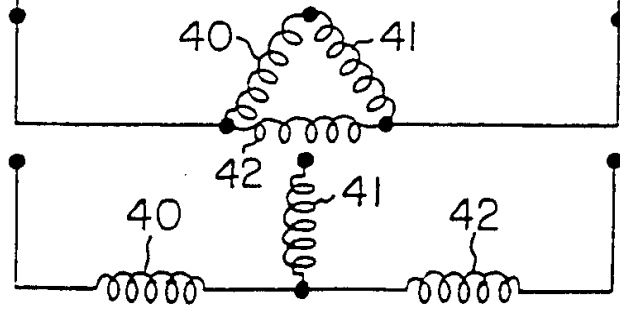


图 4b

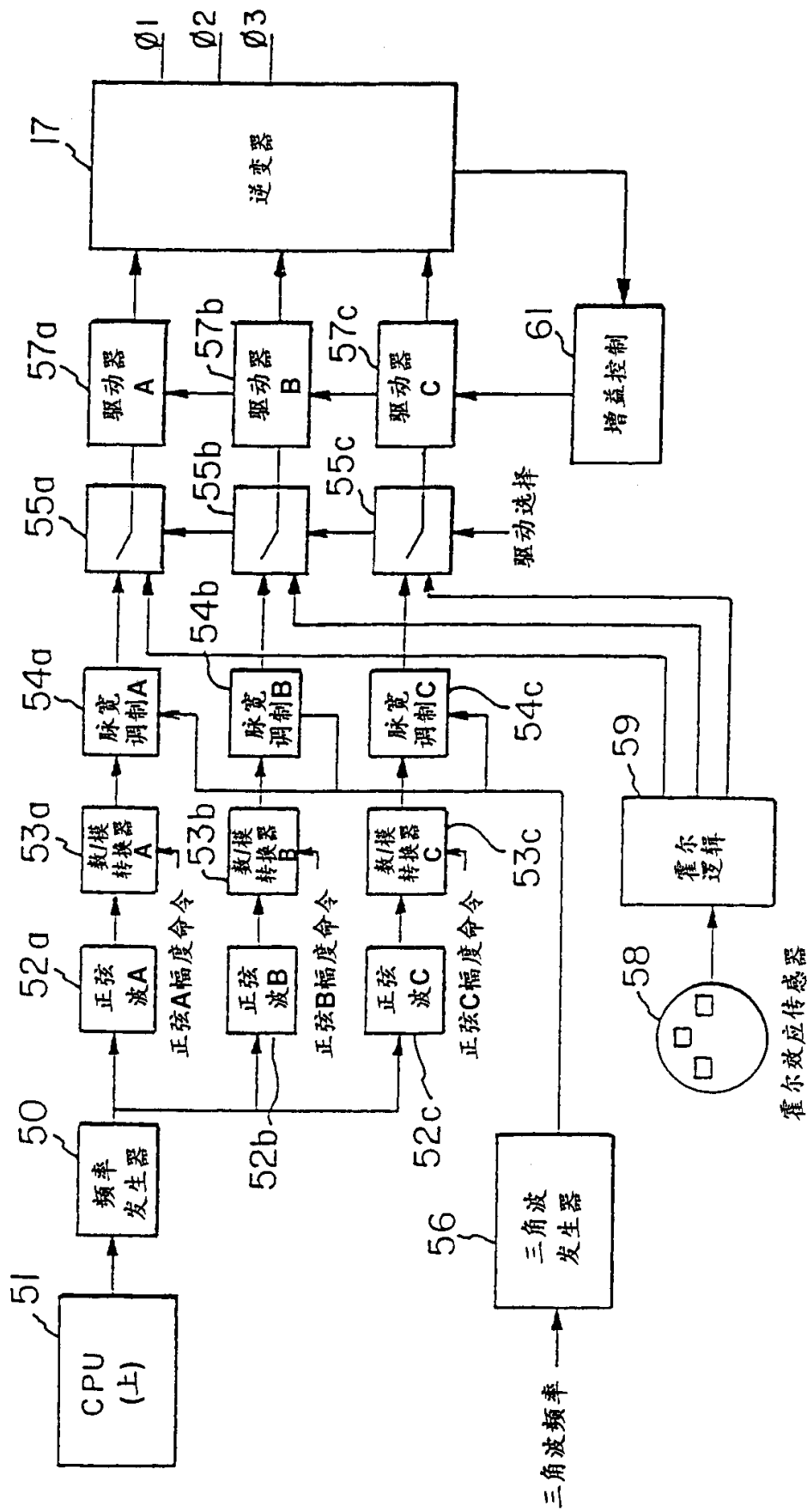


图 5

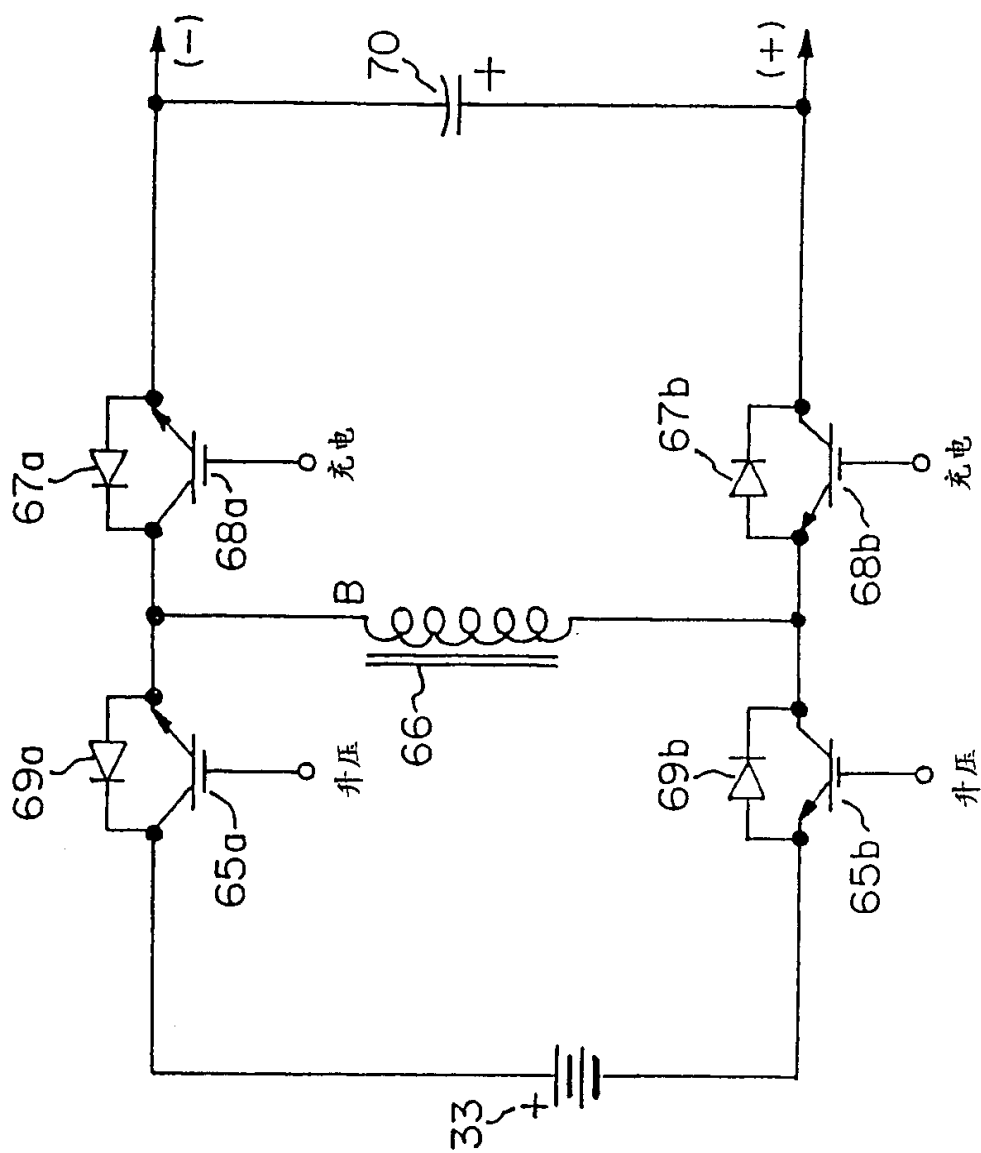


图 6

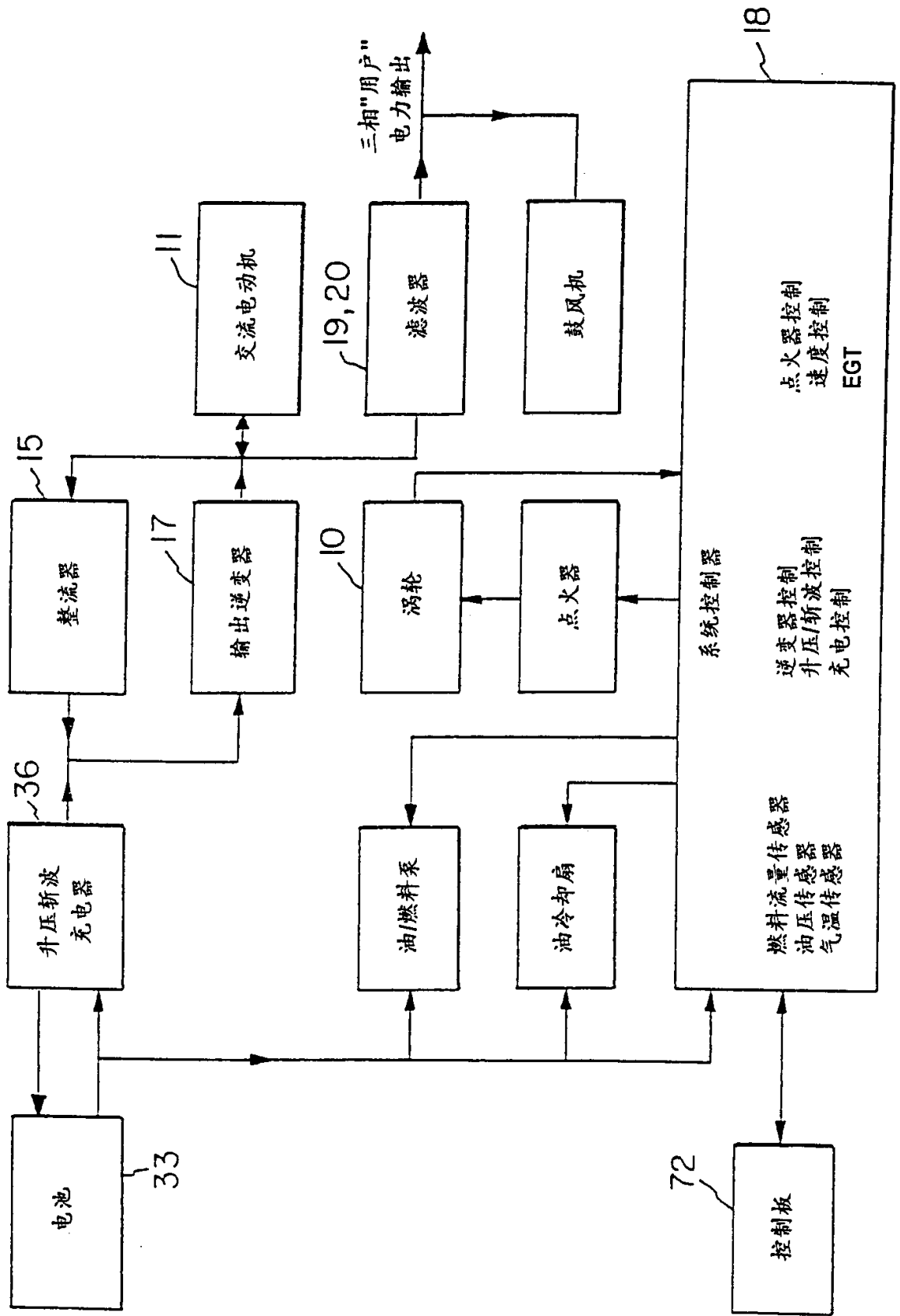


图 7