

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01R 31/00 (2006.01)

G01R 31/36 (2006.01)

G01R 31/40 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510084492.8

[43] 公开日 2006年1月18日

[11] 公开号 CN 1721866A

[22] 申请日 2005.7.14

[21] 申请号 200510084492.8

[30] 优先权

[32] 2004.7.14 [33] US [31] 10/891474

[71] 申请人 通用汽车公司

地址 美国密执安州

[72] 发明人 J·R·于尔吉尔

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 杨凯 张志醒

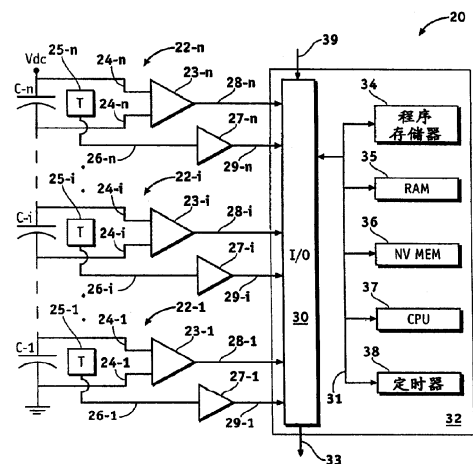
权利要求书 3 页 说明书 12 页 附图 4 页

## [54] 发明名称

超电容有效寿命预测

## [57] 摘要

提供了用于预期超电容在 OFF 周期之后经历至少一个 ON 周期的使用寿命  $Y_{proj}$  的方法和设备。设备包括耦合到超电容的传感器，用于测量作为时间  $t$  的函数的超电容的瞬时电压  $V(t)$  和温度  $T(t)$ ；以及一种耦合到传感器的测量系统，测量系统接收  $V(t)$ 、 $T(t)$  并至少部分基于组合不同  $t$  值的瞬时超电容寿命  $Y(V(t), T(t)) = 10^{(aT+bV+c)}$  的值计算  $Y_{proj}$ ，其中  $a$ 、 $b$  和  $c$  是常数。测量系统最好包括程序、临时和非易失存储器、处理器、定时器和用于同传感器和其它车辆系统通信的 I/O。在优选实施例中，在 OFF 周期的开始和结束的  $V(t)$ 、 $T(t)$  的值还用于确定  $Y_{proj}$ 。



1. 一种用于预计超电容电源经历至少一个 ON 周期和至少一个 OFF 周期的有效寿命  $Y_{proj}$  的系统, 包括:

5 耦合到所述超电容电源的传感器, 用于测量作为时间的函数的超电容的电压  $V(t)$  和温度  $T(t)$ ; 以及

耦合到所述传感器的测量系统, 所述测量系统接收  $V(t)$ 、 $T(t)$  并至少部分基于在 OFF 周期开始的  $V(t)$ 、 $T(t)=V_o$ 、 $T_o$  的值和在 OFF 周期结束的  $V(t)$ 、 $T(t)=V_f$ 、 $T_f$  的值以及一个或多个在 ON 周期期间得到的  $V(t)$ 、 $T(t)$  的值计算  $Y_{proj}$ 。

2. 如权利要求 1 所述的系统, 其中, 所述至少一个 OFF 周期具有持续时间  $\Delta t$ , 并且在所述至少一个 ON 周期期间, 在一个或多个预定的时间区间  $t_s$  对  $V(t)$ 、 $T(t)$  采样。

3. 如权利要求 2 所述的系统, 其中, 测量电路通过确定具有以下形式的等式的值来确定  $Y_{proj}$ :

$$Y_{proj} = (N t_s + \sum \Delta t) / \{ \sum [t_s / Y(V(n * t_s), T(n * t_s))] + \sum \Delta t / Y_{off} \},$$

以及

$$Y_{off} = \{ -[a(T_f - T_o) + b(V_f - V_o)] * \ln(10) \} / [1/Y_f - 1/Y_o]$$

以及

$$20 \quad Y_f = 10^{(aT_f + bV_f + c)},$$

以及

$$Y_o = 10^{(aT_o + bV_o + c)},$$

以及

$$Y(V, T) = 10^{(aT + bV + c)}$$

25 其中,  $a$ 、 $b$  和  $c$  是常数, 并且,  $n=1, 2, 3 \dots N$ 。

4. 如权利要求 1 所述的系统, 其中, 在所述 ON 周期期间得到的  $V(t)$ 、 $T(t)$  的一个或多个值是在预定的时间区间  $t_s$  得到的。

5. 如权利要求 1 所述的系统, 其中, 在时间区间  $n \cdot t_s$  对在 ON 周期期间得到的  $V(t)$ 、 $T(t)$  的一个或多个值采样, 其中,  $n=1,2,3\dots N$ 。
6. 如权利要求 5 所述的系统, 其中,  $N$  是先于所述当前 ON 周期的结束到达的  $n$  的最大值。
- 5 7. 一种用于预计超电容电源在 OFF 周期之后经历至少一个 ON 周期的有效寿命  $Y_{proj}$  的系统, 包括:
- 耦合到所述超电容电源的传感器, 用于测量作为时间  $t$  的函数的超电容的电压  $V(t)$  和温度  $T(t)$ ; 以及
- 耦合到所述传感器的测量系统, 所述测量系统接收  $V(t)$ 、 $T(t)$  并
- 10 至少部分基于组合在所述 ON 周期期间的不同的  $t$  的值的瞬时超电容寿命  $Y(V(t), T(t))$  的值计算  $Y_{proj}$ 。
8. 如权利要求 7 所述的系统, 其中, 在所述 ON 周期期间的不同的  $t$  的值包括  $t=n \cdot t_s$ ,  $n=1,2,3\dots N$ ,  $N$  是在所述 ON 周期期间出现的  $n$  的最大值。
- 15 9. 如权利要求 7 所述的系统还包括, 取决于在 OFF 区间的开始的  $V$ 、 $T$  值  $V_o$ 、 $T_o$  和在 OFF 区间的结束的  $V$ 、 $T$  值  $V_f$ 、 $T_f$ , 在  $Y_{proj}$  中包含项。
10. 如权利要求 9 所述的系统, 其中,  $Y_{proj}=f(V_o, V_f, T_o, T_f)$ 。
11. 一种利用超电容的测量的电压  $V(t)$  和测量的温度  $T(t)$  确定超
- 20 电容的预计  $Y_{proj}$  寿命的方法, 包括:
- 存储至少两个时间值  $t=t_1$  和  $t=t_2$  的  $V(t)$ 、 $T(t)$  的值;
- 确定所述超电容的所述至少两个时间值  $t=t_1$  和  $t=t_2$  的瞬时寿命  $Y(V(t), T(t))=10^{(aT(t)+bV(t)+c)}$ , 其中,  $a$ 、 $b$  和  $c$  是常数, 并且组合由此得到的  $Y_1(V(t_1), T(t_1))$  和  $Y_2(V(t_2), T(t_2))$  的值以至少部分得到  $Y_{proj}$ 。
- 25 12. 如权利要求 11 所述的方法, 还包括存储在 OFF 周期的开始和结束的  $V(t)$ 、 $T(t)$  的值, 并且在确定  $Y_{proj}$  中使用所存储的值。
13. 如权利要求 11 所述的方法, 还包括计算所述超电容的与经过的时间成比例的已用寿命  $Y_{exp}$ , 然后确定是否  $Y_{proj} \leq Y_{exp}$ 。

14. 如权利要求 13 所述的方法, 还包括, 如果  $Y_{proj} \leq Y_{exp}$  是 TRUE, 那么报告: 所述超电容已经到达它寿命的结束。

15. 如权利要求 13 所述的方法, 其中,  $Y_{proj} = f(Y_{exp}/[P_n + Q_{off}])$  在 ON 状态期间,  $P_n = [t_s \delta Y(t_n)]$  并且,  $t = n * t_s$ ,  $n = 1, 2, 3 \dots N$ , 以及  $Q_{off} = f(\Delta t, V_o, T_o, V_f, T_f)$ ,  $\Delta t$  是处于在前的 OFF 状态中的经过的时间, 并且  $V_o$ 、 $T_o$  和  $V_f$ 、 $T_f$  分别是在所述在前的 OFF 状态的开始和结束的  $V(t)$ 、 $T(t)$  的值。

10

## 超电容有效寿命预测

### 5 技术领域

本发明通常涉及电能源，并且更具体地，涉及超电容电能源的剩余操作寿命的预测。

### 背景技术

10 作为车辆和其它功能的主要电能存储设备的超电容具有重要性。在这些应用中，能够预计超电容能量存储设备的剩余有效寿命是重要的。图 1 示出了不同的电池温度 T 的作为电池电压 V 的函数的超电容电池的瞬时预计寿命 Y(T,V)的曲线图 10，其中分别地线 11 对应于 15 摄氏度，线 12 对应于 25 摄氏度，线 13 对应于 35 摄氏度，线 14 对应于 45 摄氏度，线 15 对应于 55 摄氏度，而线 16 对应于 65 15 摄氏度。曲线图 10 的线 11-16 可以表示为：

$$Y(V,T) = 10^{(aT+bV+c)} \quad [1]$$

其中，a、b 和 c 是常数。当 Y(T,V) 用年、V 用伏特而 T 用摄氏度表示时，那么  $a=-0.033333333$  和  $b=-3.333333333$  和  $c=10.16666666666$  是有效值。尽管上面的表达式对于提供多种特定电池状况的预计寿命的快照 (snapshot) 是有用的，它并不基于操作历史的累积效应反映 20 预计寿命，也不呈现时间变化的电池状况。另外，无论是图 1 还是它表示的表达式都不能定义用于在超电容的寿命内的任何当前中间点预报它的剩余操作寿命的方法。因此，继续需要一种改进的装置和方法，用于预报超电容电源（特别是作为车辆电源的超电容电源） 25 的剩余寿命。

因此，希望提供一种改进的装置和方法，用于确定超电容电源（特别是对用于车辆推进的超电容类型）的预计使用期限。另外，希望装置和方法是自动的，不需要车辆使用者的任何参与。更进一

步希望的是，本信息的系统和方法存储关于过去车辆操作状况的信息，这样可以估计其累积影响。另外，结合附图和前面的技术领域和背景，通过随后的详细说明和所附权利要求，本发明其它希望的特点和特征将变得明显。

## 5 发明内容

提供了一种设备，用于预计超电容在 OFF 周期之后经历至少一个 ON 周期的有效寿命  $Y_{proj}$ 。该设备包括耦合到超电容的传感器，用于测量作为时间  $t$  的函数的超电容的电压  $V(t)$  和温度  $T(t)$ ；以及一种耦合到传感器的测量系统，测量系统接收  $V(t)$ 、 $T(t)$  并至少部分基于组合在至少 ON 周期期间的不同  $t$  的值的瞬时超电容寿命  $Y(V(t), T(t)) = 10^{(aT+bV+c)}$ （其中， $a$ 、 $b$  和  $c$  是常数）的值来计算  $Y_{proj}$ 。在优选的实施例中，测量系统包括用于存储  $V(t)$ 、 $T(t)$  和  $Y(V, T)$  的中间值的非易失存储器、程序存储器、临时存储器和用于进行各种计算的 CPU。I/O 通过接口连接测量系统到传感器和其它车辆系统。

15 提供了一种方法，用于利用超电容的测量的电压  $V(t)$  和测量的温度  $T(t)$  确定超电容的预计  $Y_{proj}$  寿命。该方法包括存储至少两个时间区间  $t_s$  的  $V$ 、 $T$  的值并且确定至少两个时间区间  $t_s$  的超电容的瞬时寿命  $Y(V(t), T(t)) = 10^{(aT+bV+c)}$ （其中  $a$ 、 $b$  和  $c$  是常数）并且组合由此得到的  $Y(V, T)$  的值来至少部分得到  $Y_{proj}$ 。在优选的实施例中，在 OFF 周期的开始和结束的  $V(t)$ 、 $T(t)$  的值也用于确定  $Y_{proj}$ 。最好通过对中间值的积分和或求和来得到  $Y_{proj}$ 。

## 附图说明

结合下面的附图，将在下文描述本发明，其中，相似的标记表示相似的元件，以及

25 图 1 是根据现有技术的以年表示的瞬时超电容预期寿命与以伏特表示的电池电压的关系的简图，以摄氏度表示的温度作为参数；

图 2 是根据第一实施例的本发明的简化的电气示意方框图；

图 3 是类似于图 2 但是根据另一实施例的方框图；

图 4 示出：在空闲（例如，OFF）周期期间超电容的平均预期寿命可以如何变化以响应电容电压和温度的变化；

图 5 是当超电容经历若干非常繁重使用的空间分隔的阶段（ON 周期）（散布着空闲（OFF）周期）时的超电容的预期寿命、已用寿命和瞬时预期寿命与经过的时间（以天表示）的关系曲线图；以及

图 6 是说明根据优选实施例的本发明的方法的简化流程图。

### 具体实施方式

本质上，下面详细的说明只是示范而不是用来限制本发明或本发明的应用和使用的。此外，没有被在前述的技术领域、背景、发明内容或下面的详细说明中提出的任何明示的或暗示的理论限制的意图。词“空闲”或“空闲状态”或“空闲周期”或“OFF”在这里可以互换使用，表明没有从超电容获得有效功率的状态或周期，而词“运行”或“运行状态”或“运行周期”或“ON”可以互换使用，表明正在从超电容获得有效功率。

图 2 示出根据本发明的第一实施例的用于确定超电容的预计寿命的电系统 20 的简化电示意方框图。系统 20 包括一个或多个超电容 C-1...C-i...C-n 和测量每个电容 C-i 两端的电压  $V_i$  和每个电容 C-i 的温度  $T_i$  的电容状态传感器 22-1...22-i...22-n。为了方便说明，通过代表电容 C 和代表状态传感器 22 来描述方案，省略了辅助标识“i”。每个状态传感器 22 包括隔离差分放大器和电平移动器 23（此后称隔离器 23），使差分电压输入 24 耦合到电容 C；以及电平移动放大器 27（此后称隔离器 27），使输入 26 耦合到温度传感器 25，它热耦合到电容 C 以便测量其温度。隔离器 23 在引线或总线 28 上的输出和隔离器 27 在引线或总线 29 上的输出耦合到测量系统 32 的 I/O 30。I/O 30 可以是模数转换器（A/D）和或数字转换器或信号转换器，取决于从隔离器 23、27 输出的信号的性质。任一种方案都是有用的。测量系统 32 还包括程序存储器 34、临时工作存储器（RAM）35、非易失存储器（NV-MEM）36、处理器（CPU）37 和定时器 38，经

由总线 31 彼此耦合并且耦合到 I/O 30。例如，结合图 6 的流程图所示的程序步骤存储在存储器 34 中并且使得处理器 37 执行本发明方法的步骤。NV-MEM 36 用于临时存储各种变量或参数的中间值。提供输出总线或连接 33，通过它系统 20 可以把它对电容 C-1...C-i...C-n 的状态的计算结果和预期的寿命和/或任何希望的中间值传递给一个或多个显示、警报功能、和/或其它总的或监督的车辆功能（未示出）。提供输入连接 39，这样加电和断电信号可以从例如点火开关（未示出）或其它车辆或电源控制设备接收。

图 3 是本发明的电系统 40 的方框图，类似于图 2，但是根据的是另一实施例。图 3 的系统 40 类似于图 2 的系统 20。系统 20 和 40 的不同之处在于，对于图 2 的系统 20，多个电容状态传感器独立测量并向测量系统 32 报告各种电容 C-1...C-n 的状态，而在图 3 的系统 40 中，单个电容状态传感器 42 测量串联的电容 C-1...C-n 的集体状态并向测量系统 32' 报告组合的数据。除了在检测的电池电压上的不同，图 3 的状态传感器 42 与图 2 的状态传感器 22 类似，并且状态传感器 42 的元件 43-49 在操作上分别等同于状态传感器 22 的元件 23-39，通过引用将该讨论结合在此。类似地，测量系统 32、32' 的元件是相似地并且通过引用将关于图 2 的系统 32 的讨论结合在此。任何一种方案都是有用的。接下来的关于系统 20、40 的操作的讨论适用于任一种方案。为了说明方便，假定使用的是图 2 的系统 20 并且只考虑单个电池。基于在此的说明，本领域的技术人员将理解，使用系统 20 或系统 40 或二者的组合的方案还可以考虑多个电池。

当超电容空闲（例如，OFF）时，没有有效的功率从其获取。但是，它的期望寿命可以变化以响应它的终端电压  $V$  和温度  $T$  的变化。尽管甚至在空闲周期期间使用系统 20、40 可以监视期望寿命，这并不是希望的，因为这种监视需要能量消耗。因此，希望提供一种系统，用于就基于在空闲周期的开始  $(V_o, T_o)$  和结束  $(V_f, T_f)$  的  $V$ 、 $T$  值和空闲周期的持续时间  $(\Delta t)$  来修正期望的电容寿命值。期望的



是，在由于电荷漏泄的空闲周期期间，电容终端电压  $V(t)$  作为时间  $t$  的函数将会衰减。作为时间函数的温度  $T(t)$  可以根据最近的电容使用历史和空闲周期期间周围的温度而增加或减少。因此，在空闲周期期间， $T(t)$  可以增加或减少。

5 通过示例，假定  $V(t)$  和  $T(t)$  在区间  $\Delta t$  期间线性衰减。那么对于在空闲 (OFF) 周期期间的任何时间值  $t$ :

$$V(t) = V_0 + [(V_f - V_0) / \Delta t]t = V_0 + K_v t \quad [2]$$

$$T(t) = T_0 + [(T_f - T_0) / \Delta t]t = T_0 + K_T t \quad [3]$$

其中， $K_v = [(V_f - V_0) / \Delta t]$  和  $K_T = [(T_f - T_0) / \Delta t]$  是常数。因为涉及的老化机制具有对数性质，就基于对空闲状态开始和结束状况的简单平均来生成代表的寿命期望项是不可能的。通过使用空闲 (OFF) 周期开始和停止的状况作为积分的端点计算代表的积分来得到更好的表示，如下：

$$Y_{\text{off}} = \Delta t / \int 1 / [Y(V, T)] dt = \Delta t / \int [10^{-(aT(t)+bV(t)+c)}] dt. \quad [4]$$

替换和组合项得出，

$$15 \quad Y_{\text{off}} = \Delta t / [10^{-(aT_0+bV_0+c)}] \int [10^{-(aK_T t + bK_v t)}] dt. \quad [5]$$

在区间  $\Delta t$  上进行积分得出：

$$Y_{\text{off}} = \{ -[a(T_f - T_0) + b(V_f - V_0)] * \ln(10) \} / [1/Y_f - 1/Y_0] \quad [6]$$

其中  $Y_f = 10^{(aT_f + bV_f + c)}$  和  $Y_0 = 10^{(aT_0 + bV_0 + c)}$ 。

如果在空闲 (OFF) 区间  $\Delta t$  电压或温度没有变化或者电压和温度的变化互相抵消 (例如， $aK_T + bK_v = 0$ )，那么  $Y_{\text{off}} = Y_0$ ，即，和当空闲 (OFF) 周期开始时的值相同。将注意的是， $Y_{\text{off}} \neq (Y_0 + Y_f) / 2$  和  $Y_{\text{off}} \neq Y(V(\Delta t / 2), T(\Delta t / 2))$ 。换言之，从空闲周期得到的平均预计寿命预期值不是初始值和终值的简单平均，也不能找到通过空闲周期的折中办法。图 4 示出在 10000 秒的空闲周期期间使用等式 [6] 得到的  $Y_{\text{off}}$  20 的值，假定线性的电压下降 0.2 伏特而温度下降 10 摄氏度。将注意的是，在这些情况下，寿命期望增加，因为迹线 52 示出的减少的电

压和迹线 54 示出的减少的温度, 提供了如迹线 56 示出的较长的寿命。

关于超电容需要考虑两个时间区间: (i)上面讨论的空闲或 OFF 时间区间 $\Delta t$  和(ii)操作或 ON 时间区间。在操作 ON 时间区间期间, 按照希望每隔  $t_s$  秒对超电容的状态采样并且因此采样区间的号  $n=1,2,3\dots N$  是对总的运行时间或 ON 时间的测量。超电容的累积已用寿命  $Y_{exp}$  是可应用的时间区间的总和。因此:

$$Y_{exp} = N * t_s + \sum \Delta t, \quad [7]$$

其中  $N$  是在 ON 周期期间的区间  $t_s$  的总数, 而 $\sum \Delta t$  是 OFF 区间 (在每个 OFF 区间的 $\Delta t$  的值可以变化) 的和。为方便以秒测量  $Y_{exp}$ , 即, 与  $t_s$  和 $\Delta t$  相关联的时间单位, 但是也可以使用其它任何时间单位。使用 (举例而不是意在限制) 定时器 38 作为时间测量计数器或时钟由本发明的系统 20、40 来确定  $Y_{exp}$  的值。例如, 在线 39 (见图 2-3) 上从车辆点火开关 (未示出) 接收的加电或断电信号标识了运行周期和空闲周期的开始和结束。

通过计算每个采样区间  $t_s$  的瞬时期望寿命值  $Y(V,T)=Y(V(n*t_s),T(n*t_s))$  的时间加权平均, 加上任何空闲 (OFF) 周期的影响来确定超电容的预计寿命  $Y_{proj}$ , 如下:

$$Y_{proj} = Y_{exp} / \{ \sum [t_s / Y(V(n * t_s), T(n * t_s))] + \sum (\Delta t / Y_{off}) \}, \quad [8]$$

$n=1,2,3$  到  $N$ , 可以改写为

$$Y_{proj} = Y_{exp} / \{ \sum [t_s / Y(V(t_n), T(t_n))] + \sum (\Delta t / Y_{off}) \}, \text{ and} \quad [9]$$

$$Y_{proj} = Y_{exp} / \{ \sum P_n + \sum Q_{off} \}, \quad [10]$$

其中  $t_n = n * t_s$  并且

$$P_n = [ t_s / Y(V(t_n), T(t_n))] \text{ and} \quad [11]$$

$$\sum P_n = \sum [ t_s / Y(V(t_n), T(t_n))] \quad [12]$$

各自:  $n=1,2,3\dots N$  并且

$$Q_{off} = \Delta t / Y_{off} \quad [13]$$

对于持续时间 $\Delta t$ 的每个 OFF 周期。将理解的是，对于每个 OFF 周期 $\Delta t$ 可以变化。累加并存储中间量是方便的，

$$\Sigma P_a + \Sigma Q_{off}, \quad [14]$$

即，递增进行求和，而不是存储独立的值并在以后把它们加起来。

- 5 为方便以年来测量  $Y_{proj}$ 。期望的剩余有效寿命  $Y_{rul}$  是预计寿命期限  $Y_{proj}$  减去已用寿命  $Y_{exp}$ ，即，

$$Y_{rul} = Y_{proj} - Y_{exp}. \quad [15]$$

当  $Y_{proj} \leq Y_{exp}$  使得  $Y_{rul} \leq 0$  时，超电容基本上到达了它有效寿命的结束。

- 10 图 2-3 的系统 20、40 的测量系统 32、32' 从传感器 22、42 接收  $V(t)$  和  $T(t)$  值并且从定时器 38 (或者别处的等价定时器或时钟) 接收  $t$  和  $\Delta t$  值、从存储器 34 和/或 36 接收常数  $a$ 、 $b$ 、 $c$  和时间区间值  $t_s$ 、从存储器 35 和/或 36 和接收 ON/OFF 和 OFF/ON 转换信号的输入 39 接收  $N$  值，并且利用存储在程序存储器 34 的计算程序和存储在 RAM 35 和/或 NV-MEM 36 中的中间变量，CPU 37 确定上述的等式的值以
- 15 确定  $Y(V,T)$ 、 $Y_{off}$ 、 $Y_{proj}$ 、 $Y_{exp}$  和  $Y_{rul}$ 。按希望将这些计算的结果整体或部分经由输出 33 报告给使用者状态或诊断显示或监视 (未示出)。本领域的技术人员将理解哪个寿命值是希望报告给这种状态或诊断显示或监视的，取决于超电容提供功率的车辆和/或其它设备的要求。图 5 示出了这种计算的结果的示例。本领域的技术人员将理解，系
- 20 统 20、40 能够以诸如图 5 的图形的形式或作为数字读出器或其它装置提供这种信息，取决于使用者、维修技术人员和/或监视系统的需要。因此，图 5 的表示意在示范而非限制。

- 25 图 5 示出经历若干非常繁重使用的空间分隔的阶段 63、65、67、69 (散布着空闲周期 71、73、75、77、79) 的超电容的以年表示的预计寿命  $Y_{proj}$  (迹线 66)、已用寿命  $Y_{exp}$  (迹线 64) 和瞬时寿命  $Y(V,T)$  (迹线 62) 与以天表示的经过的时间的关系曲线图 60。为了说明，假定瞬时寿命  $Y(V,T)$  起初是 10 年。横坐标上经过的时间天数是  $t=365$ ，在纵坐标上，已用寿命  $Y_{exp}$  (在优选的实施例中是与一个或

多个运行计数器或时钟的输出成比例的), 从在经过的时间天数是  $t=0$  的  $Y_{exp}=0$  线性增加到  $Y_{exp}=1$  年。在参考标记 63、65、67、69 表明的时间上, 在一天的周期  $Y(V,T)$  从 10 年下降到 0.01 年然后返回到 10 年的情况下, 切换超电容为 ON。这对应于非常繁重的使用, 比可能在正常使用超电容遇到的情况大的多, 但是这作为方便的方式来说明, 在由空闲 (OFF) 周期分隔的硬使用 (ON) 周期的组合下, 预计寿命  $Y_{proj}$  如何随时间变化。在曲线图 60 上, 迹线 62 的横向间隔被夸大, 其中 ( $Y(V,T)$  在一天的时间非常急剧地从 10 年下降到 0.01 年而后回到 10 年), 这样容易看到  $Y(V,T)$  中的变化。在插入的 OFF 时间周期 71、73、75、77、79 期间, 超电容是空闲的并且假定  $Y(V,T)$  是常数 10 年。

迹线 66 示出的预计寿命  $Y_{proj}$  在经过的时间  $t=0$  和空闲 (OFF) 周期 71 期间起初是 10 年。但是, 当一天出现了第一繁重使用 (ON) 事件 63 时,  $Y_{proj}$  急剧下降, 大约和  $Y(V,T)$  相呼应, 但没那么急剧。在第一一天的 ON 周期 63 的结束和空闲周期 73 的开始,  $Y(V,T)$  回到 10 年。在空闲 (OFF) 周期 73 期间  $Y_{proj}$  略微恢复但仍保持少于一年。当第二繁重使用一天的 (ON) 事件 65 出现并且  $Y(V,T)$  又一天下降到 0.01 年,  $Y_{proj}$  又下降而后在随后的空闲 (OFF) 周期 75 期间部分地恢复。这种急剧下降和部分恢复的趋势随着第三繁重使用一天的 (ON) 事件 67 和随后的空闲 (OFF) 周期 77 继续, 每次下降使得迹线 66 更接近迹线 64 示出的  $Y_{exp}$  的线性增加的值。随着第四繁重使用一天的 (ON) 事件 69,  $Y_{proj}$  迹线 66 下降到  $Y_{exp}$  迹线 64 的下方, 表明预计寿命低于期望的寿命并且超电容已经到达它的寿命结束的状态, 例如, 剩余的有效寿命  $Y_{rul} \leq 0$ 。在该点, 系统 20、40 希望经由输出 33 报告该状况。本领域的技术人员还将理解, 系统 20、40 可以报告使用者、维修人员和/或监视系统 (未示出) 希望的任何中间值, 并且系统的操作不限于只报告  $Y_{rul} \leq 0$ 。另外, NV-MEM 36 可以用于存储关于各种 ON 和 OFF 周期的信息以及作为结果出现的寿

命的变化，以便以后由使用者或维修人员或监视系统为系统性能评估进行检索。这是本发明特有的特点。例如，但并不是用来限制，通过周期地确定并在 RAM 35 存储  $Y(V,T)$  瞬时值的总和而后除以采集的样本数量，可以确定在 ON 周期期间的平均  $Y(V,T)$ 。这给出了关于用户驾驶时间表和充电/放电策略对超电容有效寿命预期的影响的信息。基于在此的说明，本领域的技术人员将理解，如何聚集和存储这种和其它类型的关于超电容使用和剩余寿命变化的有效数据。结合图 6 示出的流程图将更充分地理解系统 20、40 的操作。

图 6 是说明根据优选实施例的本发明的方法 100 的简化流程图。缩写“N”用于图 6 中表明对询问的否定“NO”或“FALSE”结果，缩写“Y”用于表明对询问的肯定“YES”或“TRUE”结果，缩写“ON”用于表明正在从超电容获取有效功率的状态，而缩写“OFF”用于表明没有从超电容获取有效功率的状态。另外，为说明方便，假定每隔  $t_s$  秒对超电容的电压和温度参数采样，但是这不是用于限制。因此，为方便，以  $t_s$  的单位测量时间  $t$ ，这样， $t=n*t_s$ ，其中， $n=1,2,3\dots N$ 。为了区分 OFF 时间区间和 ON 时间区间，分别使用了标记  $n_{off}$  和  $n_{on}$ 。但是，这不是用来限制的，并且可以使用任何的采样区间或时间测量区间。为方便， $t_s$  的值大约是一秒。

方法 100 通常开始于开始 102，从而，系统 20、40 处于准备就绪状态，能够在系统加电时测量电容电压  $V$  和温度  $T$ 。对于第一次的初始化和接下来的强行复位，使用下面的启动参数值：电源状态=ON， $n=0$ ， $N_p=0$ ， $\Sigma\Delta t=0$ ， $\Sigma Q_{off}=0$ ， $\Sigma P_n=0$ ， $V_o=V$  的当前值， $T_o=T$  的当前值以及  $EOL=FALSE$ 。只要向系统 20、40 提供功率，接下来的初始化、方法 100 基本上连续运行。下面的说明假定已经发生初始化，并且方法 100 循环：从开始 102 到返回 142 并且回到开始 102。

在步骤 104，计数器或定时器 31 是递增的，即为方便但不是必需，设置  $n$  等于  $n+1$ 。然后，执行询问 106，其中，确定系统的电源状态，即，超电容  $C$  是处于 ON 状态或 OFF 状态。如果询问 106 的

结果是 ON, 那么在询问 108, 确定电容 C 是否改变状态: 从 ON 到 OFF。如果询问 106 的结果是 OFF, 那么执行询问 110, 其中, 确定电容 C 是否改变状态: 从 OFF 到 ON。(出现在系统 20、40 的输入 39 上的信号表明状态变化的方向, 例如, ON 到 OFF 或者 OFF 到 ON)。

5 对于不同的情况, 方法 100 可以分成四个一般路径或序列: 步骤 111、131、145、147。路径 111 包括步骤 112、114、116、118、120、122、124、126、128、130、132、138、140 和 142, 处理系统起初是 OFF 但从 OFF 改变到 ON 的情况。路径 131 包括步骤 144、130、132、138、140 和 142, 处理系统起初是 ON 并继续保持 ON (即 ON 到 OFF 的

10 询问 108 得出 NO (FALSE)) 的情况。路径 145 包括步骤 146、148、150 和 142, 处理系统起初是 ON 但从 ON 改变到 OFF (询问 106 得出 YES (TRUE)) 的情况。路径 147 对应于电容 C 是 OFF 并且没有改变状态 (询问 110 得出 NO (FALSE)) 的情况。

现在返回到询问 110, 如果询问 110 的结果是 NO (FALSE),

15 那么方法 100 经由 (A) 进行到返回 142。返回 142 表明, 只要存在电源来操作系统 20、40, 方法 100 再循环到开始 102, 否则的话, 系统 20、40 在步骤 142 暂停。如果询问 110 的结果是 YES (TRUE), 表明正在或即将发生从 OFF 到 ON 的状态改变, 那么方法 100 进行到步骤 112, 其中, 控制系统 20、40 中的电源状态设置为 ON 并且

20 到步骤 114, 其中, 在步骤 148 存储的对应于在马上结束的 OFF 区间的开始的参数值的  $\Sigma Q_{\text{off}}$ 、 $\Sigma \Delta t$ 、 $N_p$ 、 $\Sigma P_n$ 、 $V_o$ 、 $T_o$  的值在系统 20、40 中检索。在步骤 116, 确定  $\Delta t = (n_{\text{off}}) * t_s$  的当前值和与当前 OFF 周期的结束 (由与询问 110 相关联的 OFF 到 ON 的转换引起的) 相关联的  $V_f$ 、 $T_f$  的当前值。在步骤 118, 确定参数  $K_V$ 、 $K_T$  (见等式[2]-[3]和关联的文本)。

25

在询问 120, 确定在 OFF 区间期间的  $V(t)$  和  $T(t)$  的变化是否是自抵消 (即询问 120 是 TRUE)。如果询问 120 的结果是 YES (TRUE), 那么在步骤 122, 设置在刚好结束的 OFF 周期的结束的  $Y(t)$  的值  $Y_{\text{off}}$

等于  $Y(V_o, T_o)$ ，即在刚好结束的 OFF 周期的开始的  $Y(t)=Y(V(t), T(t))$  的值。如果询问 120 的结果是 NO (FALSE)，那么方法 100 进行到步骤 124，其中确定  $Y_o$ 、 $Y_f$  和  $Y_{off}$  的值。步骤 122 或 124 的交替结果馈送到步骤 126，其中，如所示确定  $\Sigma Q_{off}$ 、 $\Sigma \Delta t$  和  $N$  的值。已经使用了  $n_{off}$  (测量刚好结束的 OFF 周期的长度  $\Delta t$ ) 的值，在步骤 128 复位  $n_{off}$  到零，为方法 100 的另一迭代作准备。在随后的步骤 130，如所示确定  $Y_{exp}$ 、 $Y_{proj}$  和  $Y_{rul}$  的值，并且答复询问 132。如果询问 132 的结果是 YES (TRUE)，表明  $Y_{rul}$  是零或负的并且已经到达了电容寿命结束 (EOL) 的条件，这在  $EOL=TRUE$  步骤 140 报告，而后方法 100 进行到结束步骤 144。如果询问 132 的结果是 NO (FALSE)，表明还未到达寿命结束的条件，那么该情况在  $EOL=FALSE$  步骤 138 报告，而后方法 100 进行到返回 142。

现在返回到询问 108 和步骤 131，其中电容是 ON 并且保持 ON，然后在步骤 144，如所示确定  $t_n$ 、 $Y_n$ 、 $\Sigma P_n$  和  $N$ ，其中， $n=n_{on}$  提供了当前 ON 时间的测量。为简洁表示，在图 6 中，等式[9]-[12]的  $Y(t_n)=Y(V(t_n), T(t_n))$ 。在步骤 144 确定的  $t_n$ 、 $Y_n$ 、 $\Sigma P_n$  和  $N$  的值用在随后的步骤 130 以确定  $Y_{exp}$ 、 $Y_{proj}$  和  $Y_{rul}$ 。然后， $Y_{rul}$  馈送到询问 132。如已经描述那样进行询问 132 和步骤 138 或 140，并且， $EOL=TRUE$  时方法 100 进行到结束 144，而  $EOL=FALSE$  时方法 100 进行到返回 142 (再循环到开始 102)。将注意的是，正如关于步骤 111、145，关于步骤 131 不复位  $n$ 。

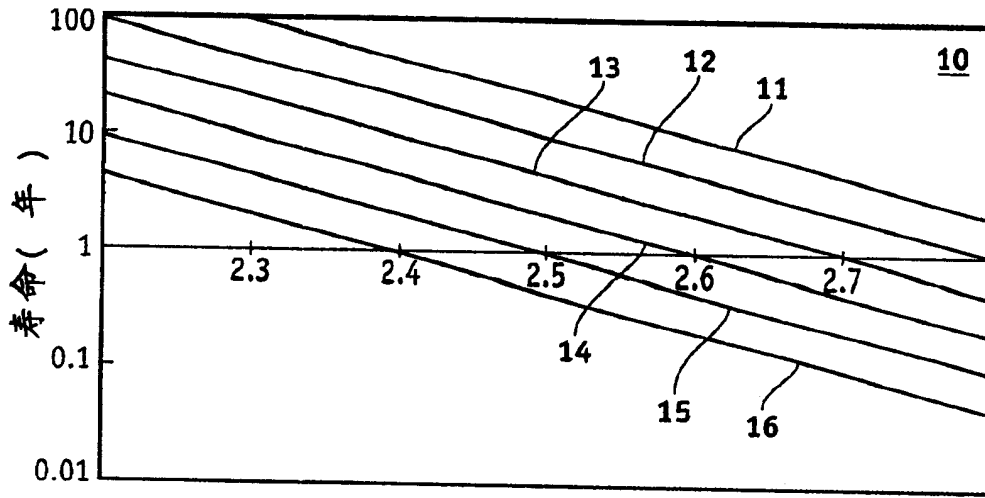
再返回到循环 108 和步骤 145，其中电容起初是 ON 但正在或即将进行 ON 到 OFF 的转换 (询问 108 的输出是 YES (TRUE))。在随后的步骤 146，测量系统 20、40 的电源状态设为 OFF，并且在步骤 148，存储各种与新的 OFF 周期的开始相关联的  $\Sigma Q_{off}$ 、 $\Sigma \Delta t$ 、 $N_p$ 、 $\Sigma P_n$ 、 $V_o$ 、 $T_o$  的值，如例如在 NV-MEM 36 或别处中存储。在随后的步骤 150， $n=n_{on}$  设为零并且方法 100 前进到返回步骤 102，准备方法 100 的下一迭代。定时器 38 用于确定  $t=n*t_s$  是方便的，但是还可

以使用任何适当的定时器或定时功能。软件定时器是用于提供定时功能的可选择的装置的非限制的例子。

5 尽管在前面详细的说明中示出了至少一个示范实施例，应该理解，存在大量的变体。还应该理解，示范实施例或若干示范实施例只是示例，而不是用来以任何方式限制本发明的范围、适用性或配置的。当然，前面的详细说明将向本领域的技术人员提供方便的道路图，用于实现示范实施例或若干示范实施例。应该理解，在不脱离在所附的权利要求和其法律等价物提出的本发明的范围的前提下，可以对元件的功能和布置进行各种改变。

10





电池电压(伏特)  
现有技术

图 1

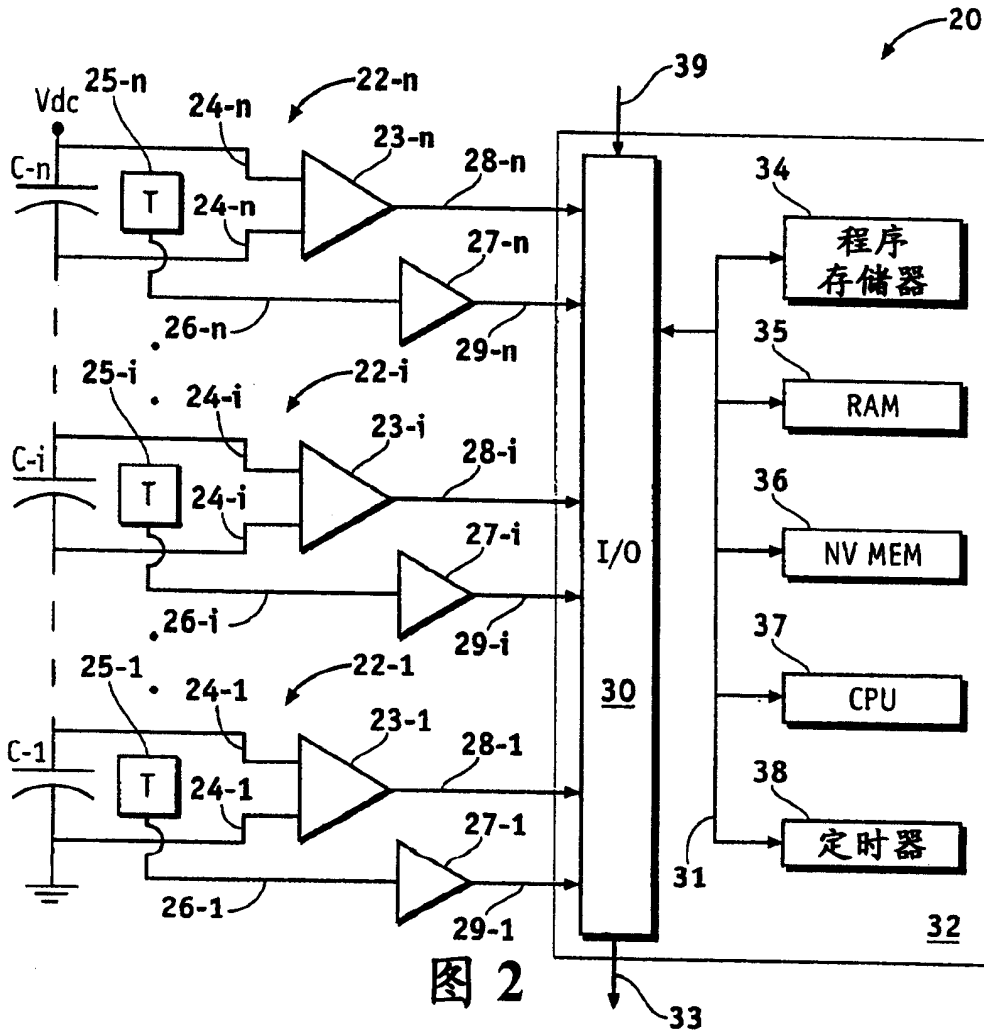


图 2

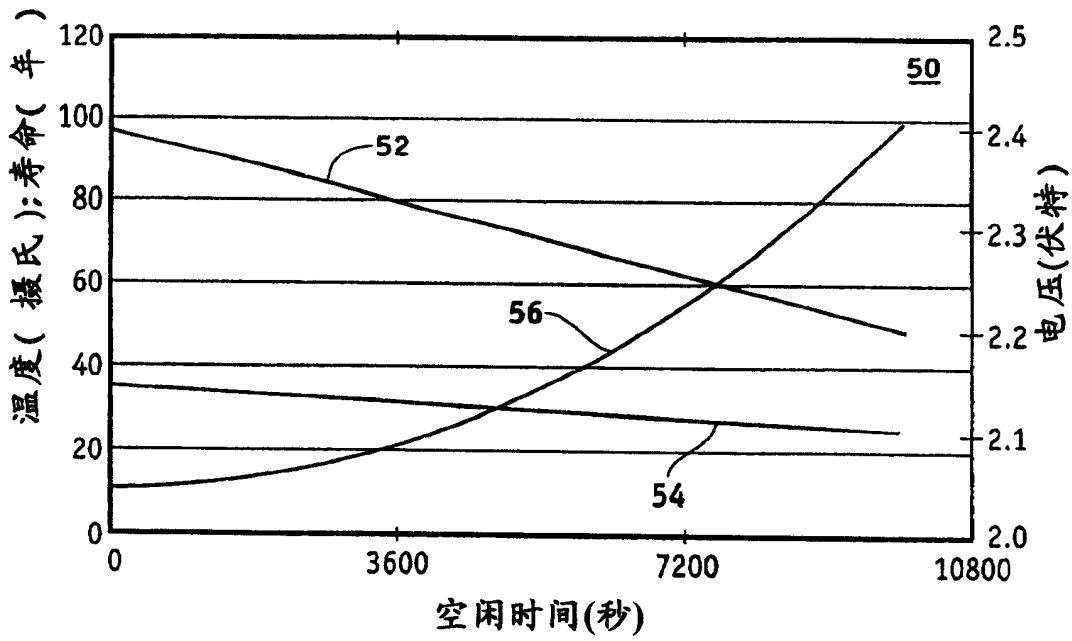


图 3

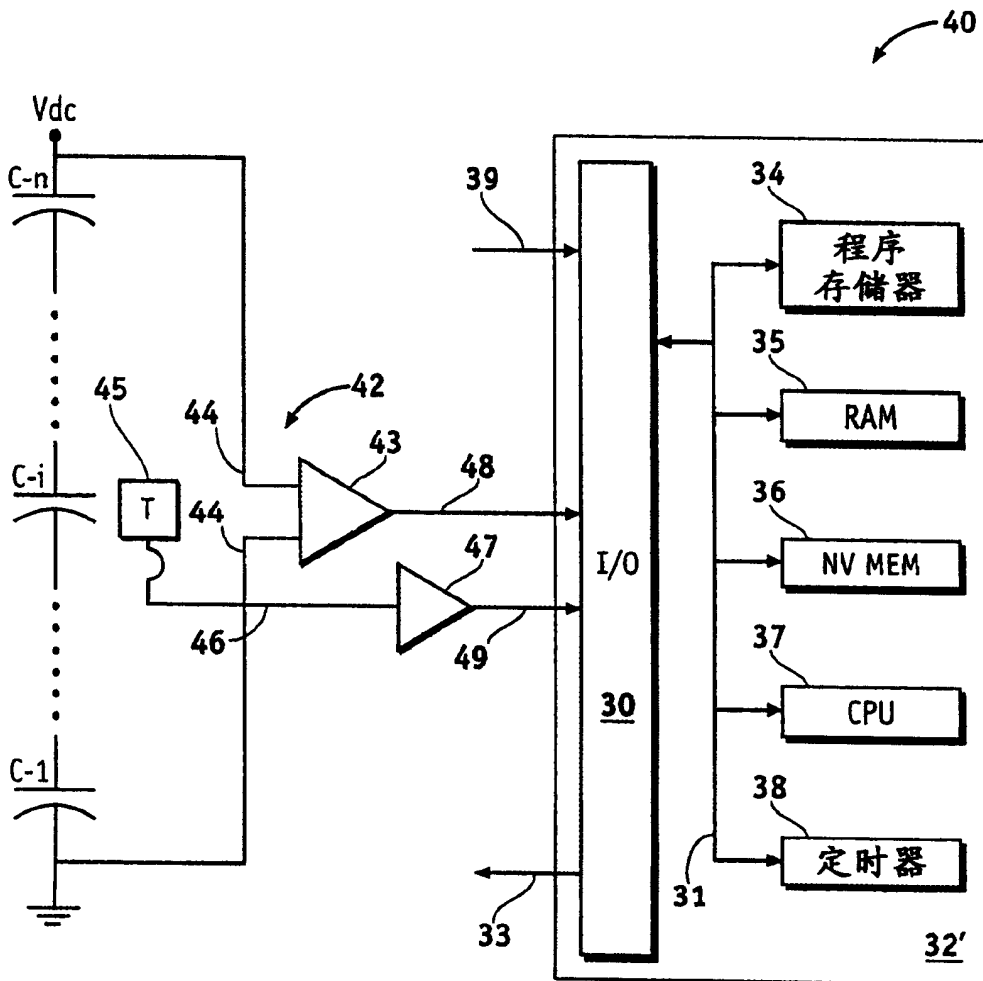


图 4

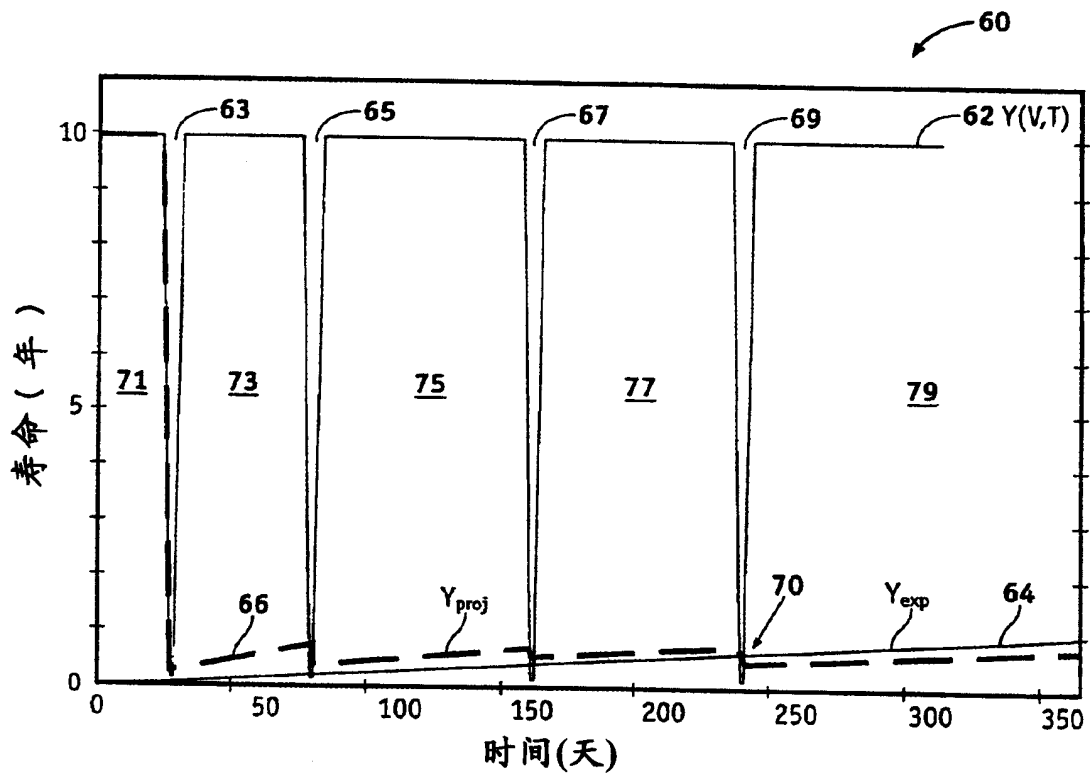


图 5

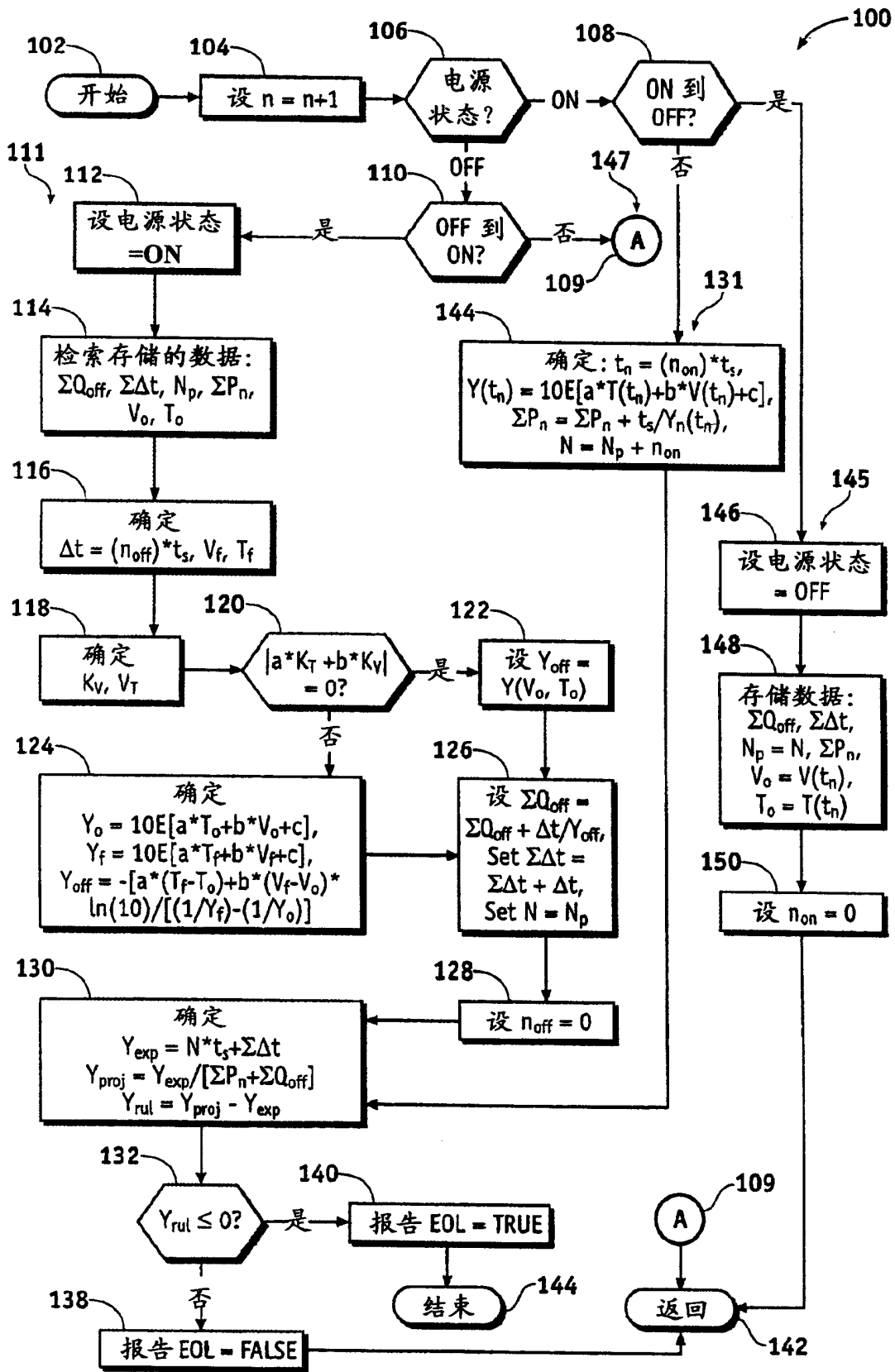


图 6