



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107167747 A

(43)申请公布日 2017.09.15

(21)申请号 201710508163.4

(22)申请日 2017.06.28

(71)申请人 南京理工大学

地址 210094 江苏省南京市玄武区孝陵卫
200号

(72)发明人 杨思文 姚凯 韩旭芝 周世林
曹诚

(74)专利代理机构 南京理工大学专利中心
32203

代理人 朱显国

(51)Int.Cl.

G01R 31/40(2014.01)

G01R 27/26(2006.01)

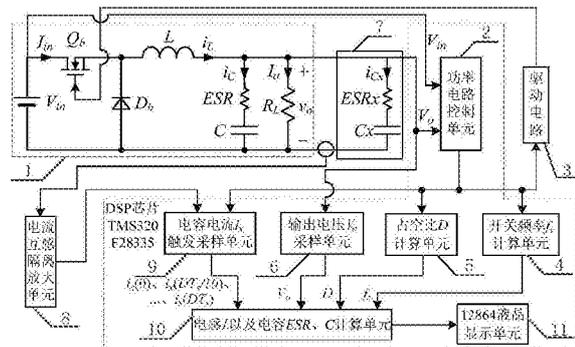
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

CCM降压变换器电感及输出电容的监测装置
及方法

(57)摘要

本发明公开了一种CCM降压变换器电感及输出电容的监测装置及方法,该装置包括Buck变换器主功率电路、驱动电路、显示单元,一只参数已知的电容与电流互感器,以及信号处理模块,其中信号处理模块包括功率电路控制单元、开关频率 f_s 计算单元、占空比D计算单元、输出电压采样单元、电容电流触发采样单元、电感L以及电容ESR和C计算单元。本发明可以在不影响电路正常工作的情况下对电感的参数L以及电容的参数ESR和C进行监测,为电容和电源的寿命预测提供依据,无需额外参数,方便实现。



1. 一种CCM降压变换器电感及输出电容的监测装置,其特征在于,包括Buck变换器主功率电路(1)、驱动电路(3)、参数已知的电容(7)、电流互感隔离放大单元(8)、显示单元(11)和信号处理模块,所述信号处理模块包括功率电路控制单元(2)、开关频率 f_s 计算单元(4)、占空比D计算单元(5)、输出电压采样单元(6)、电容电流触发采样单元(9)、电感L以及电容ESR和C计算单元(10);

所述Buck变换器主功率电路(1)包括输入电压源 V_{in} 、开关管 Q_b 、续流二极管 D_b 、滤波电感L、输出滤波电容和负载 R_L ,所述输出滤波电容包括等效串联电阻ESR和电容C,其中开关管 Q_b 的漏极与电压源 V_{in} 的正极连接,续流二极管 D_b 的阴极与开关管 Q_b 的漏极连接,续流二极管 D_b 的阳极与电压源 V_{in} 的负极连接,滤波电感L的一端与续流二极管 D_b 的阴极连接,滤波电感L的另一端分别与等效串联电阻ESR的一端及负载 R_L 的一端连接,等效串联电阻ESR的另一端与电容C的一端连接,电容C的另一端及负载 R_L 的另一端均与电压源 V_{in} 的负极连接,负载 R_L 与参数已知的电容(7)并联,其两端为输出平均电压 V_o ;

所述功率电路控制单元(2)的输入端分别与Buck变换器主功率电路(1)的电压源 V_{in} 和输出平均电压 V_o 连接,功率电路控制单元(2)输出端的PWM信号分别接入开关频率 f_s 计算单元(4)和占空比D计算单元(5),Buck变换器主功率电路(1)的输出平均电压 V_o 接入输出电压采样单元(6),电流互感隔离放大单元(8)和功率电路控制单元(2)输出端的PWM信号均接入电容电流触发采样单元(9),开关频率 f_s 计算单元(4)、占空比D计算单元(5)、输出电压采样单元(6)和电容电流触发采样单元(9)的输出端均接入电容ESR和C计算单元(7),电感L以及电容ESR和C计算单元(10)的输出端接入显示单元(11);

所述驱动电路(3)的输入端与功率电路控制单元(2)输出端的PWM信号连接,驱动电路(3)的输出端接入开关管 Q_b 的门极。

2. 根据权利要求1所述的CCM降压变换器电感及输出电容的监测装置,其特征在于,所述信号处理模块为DSP芯片TMS320F28335。

3. 根据权利要求1所述的CCM降压变换器电感及输出电容的监测装置,其特征在于,所述显示单元(11)为1602液晶显示屏。

4. 一种CCM降压变换器电感L以及输出电容ESR和C的监测方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1,在输出端并联上一个参数已知的电容(7),在信号处理模块中创建功率电路控制单元(2)、开关频率 f_s 计算单元(4)、占空比D计算单元(5)、输出电压采样单元(6)、电容电流触发采样单元(9)、电感L以及电容ESR和C计算单元(10);

步骤2,信号处理模块的功率电路控制单元(2)根据Buck变换器主功率电路(1)的输出平均电压 V_o ,得到PWM信号并经驱动电路(3)驱动开关管 Q_b ;

步骤3,功率电路控制单元(2)输出的PWM信号送入开关频率 f_s 计算单元(4)和占空比D计算单元(5),经开关频率 f_s 计算单元(4)处理得出变换器当前的开关频率 f_s ,经占空比D计算单元(5)处理得出变换器当前的占空比D;

步骤4,Buck变换器主功率电路(1)的输出平均电压 V_o 送入输出电压采样单元(6),得到输出电压的平均值;

步骤5,功率电路控制单元(2)输出的PWM信号和电流互感隔离放大单元(8)的电容电流 i_x 送入电容电流触发采样单元(9),通过延时程序对电容电流等 $DT_s/10$ 间隔采样,得到 i_x

(0)、 $i_x(DT_s/10)$ 、 $i_x(DT_s/5)$ 、 $i_x(3DT_s/10)$ 、 $i_x(2DT_s/5)$ 、 $i_x(DT_s/2)$ 、 $i_x(3DT_s/5)$ 、 $i_x(7DT_s/10)$ 、 $i_x(4DT_s/5)$ 、 $i_x(9DT_s/10)$ 、 $i_x(DT_s)$ 共11个电容电流瞬时值；

步骤6,将得到的开关频率 f_s 、占空比 D 、输出电压的平均值 V_o 以及电容电流的瞬时值 $i_x(0)$ 、 $i_x(DT_s/10)$ 、 $i_x(DT_s/5)$ 、 $i_x(3DT_s/10)$ 、 $i_x(2DT_s/5)$ 、 $i_x(DT_s/2)$ 、 $i_x(3DT_s/5)$ 、 $i_x(7DT_s/10)$ 、 $i_x(4DT_s/5)$ 、 $i_x(9DT_s/10)$ 、 $i_x(DT_s)$ 送入电感 L 以及电容ESR和 C 计算单元(10)进行曲线拟合和综合处理,得到Buck变换器中电感 L 的值以及输出滤波电容当前等效串联电阻ESR和电容 C 的值；

步骤7,电感 L 以及电容ESR和 C 计算单元(10)将所得的电感 L 以及等效串联电阻ESR和电容 C 的值送入显示单元(11)实时显示。

5.根据权利要求4所述的CCM降压变换器电感 L 以及输出电容ESR和 C 的监测方法,其特征在于,步骤6中所述 L 、ESR和 C 计算单元(10)曲线拟合方程如下：

$$i_{Cx}(t) = X_1 \cdot t + [i_{Cx}(0) - X_3] \cdot e^{-X_2 t} + X_3$$

求得 X_1 、 X_2 、 X_3 和 $i_{Cx}(0)$ 后,所述 L 、ESR和 C 计算单元(10)对拟合曲线进行综合处理,得到Buck变换器中电感 L 的值以及输出滤波电容当前等效串联电阻ESR和电容 C 的值,具体公式如下：

$$L = \frac{2f_s \cdot V_o (1-D)(1-Cx \cdot ESRx \cdot X_2)}{D(2X_1 \cdot f_s + 2X_2 \cdot X_3 \cdot f_s + D \cdot X_1 \cdot X_2 - 2Cx \cdot ESRx \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot f_s)}$$

$$ESR = \frac{(1-Cx \cdot ESRx \cdot X_2)(2X_1 \cdot f_s + 2X_2 \cdot X_3 \cdot f_s + D \cdot X_1 \cdot X_2)}{Cx \cdot X_2^2 (D \cdot X_1 + 2X_3 \cdot f_s)}$$

$$C = \frac{Cx \cdot X_2 \cdot (D \cdot X_1 + 2X_3 \cdot f_s)}{2X_1 \cdot f_s (1-Cx \cdot ESRx \cdot X_2)}$$

式中, L 为电感的感值,ESR为等效串联电阻的阻值, C 为电容的容值, f_s 为变换器开关频率, V_o 为输出电压平均值, D 为变换器的占空比,ESR $_x$ 为所并联电容的等效串联电阻的阻值, C_x 为所并联电容的电容的容值, X_1 、 X_2 、 X_3 为拟合曲线的参数。

CCM降压变换器电感及输出电容的监测装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于电能变换装置中的监测技术领域,特别是涉及一种CCM降压变换器电感及输出电容的监测装置及方法。

背景技术

[0002] 开关电源具有效率高、体积小等优点,在日常生产生活中广泛应用。降压(Buck)、升压(Boost)、升降压(Buck-Boost)变换器是三种最基本的开关电源变换器,其他的变换器均可以由这三种变换器衍变而来。其中,CCM(Continuous Current Mode,电流连续模式) Buck变换器在计算机电源、通讯电源、航空航天等领域广泛使用。在Buck变换器电路中为了得到较为稳定的输出电压,一般需要利用电容来滤除高频噪声。变换器工作一段时间之后,电容的容值(Capacitance,C)和等效串联电阻(Equivalent Series Resistance,ESR)会发生变化,当该变化量较大时,即认为该电容已失效,将会造成电源和系统的运行故障,因此监测CCM Buck变换器的输出滤波电容的ESR和C,预测其寿命非常重要。现有的技术主要可分为离线监测技术和在线监测技术,离线检测技术使用方法简单,成本低,但一般只监测独立于电路外的电容,而在线检测技术可以检测在电路中处于工作状态的电容,但使用方法复杂,且需要知晓电路中的许多其他参数。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种CCM降压变换器电感及输出电容的监测装置及方法,能够实时监测电感的感值L以及等效串联电阻ESR和电容的容值C的变化,对电解电容和电源的寿命进行准确预测。

[0004] 实现本发明目的的技术解决方案为:一种CCM降压变换器输出电容ESR和C的监测装置包括Buck变换器主功率电路、驱动电路、显示单元,一只参数已知的电容与电流互感器,以及信号处理模块,所述信号处理模块包括功率电路控制单元、开关频率 f_s 计算单元、占空比D计算单元、输出电压采样单元、电容电流触发采样单元、电感L以及电容ESR和C计算单元;

[0005] 所述Buck变换器主功率电路包括输入电压源 V_{in} 、开关管 Q_b 、续流二极管 D_b 、滤波电感L、输出滤波电容和负载 R_L ,所述输出滤波电容包括等效串联电阻ESR和电容C,其中开关管 Q_b 的漏极与电压源 V_{in} 的正极连接,续流二极管 D_b 的阴极与开关管 Q_b 的漏极连接,续流二极管 D_b 的阳极与电压源 V_{in} 的负极连接,滤波电感L的一端与续流二极管 D_b 的阴极连接,滤波电感L的另一端分别与等效串联电阻ESR的一端及负载 R_L 的一端连接,等效串联电阻ESR的另一端与电容C的一端连接,电容C的另一端及负载 R_L 的另一端均与电压源 V_{in} 的负极连接,负载 R_L 两端为输出平均电压 V_o ;

[0006] 所述功率电路控制单元的输入端分别与Buck变换器主功率电路的电压源 V_{in} 和输出平均电压 V_o 连接,功率电路控制单元输出端的PWM信号分别接入开关频率 f_s 计算单元和占空比D计算单元,Buck变换器主功率电路的输出平均电压 V_o 接入输出电压采样单元,电流互

感隔离放大单元和功率电路控制单元输出端的PWM信号均接入电容电流触发采样单元,开关频率 f_s 计算单元、占空比 D 计算单元、输出电压采样单元和电容电流触发采样单元的输出端均接入电容ESR和 C 计算单元,电感 L 以及电容ESR和 C 计算单元的输出端接入显示单元;

[0007] 所述驱动电路的输入端与功率电路控制单元输出端的PWM信号连接,驱动电路的输出端接入开关管 Q_b 的门极。

[0008] 一种CCM降压变换器输出电容ESR和 C 的监测方法,包括以下步骤:

[0009] 步骤1,在输出端并联上一个参数已知的电容,在信号处理模块中创建功率电路控制单元、开关频率 f_s 计算单元、占空比 D 计算单元、输出电压采样单元、电容电流触发采样单元、电感 L 以及电容ESR和 C 计算单元;

[0010] 步骤2,信号处理模块的功率电路控制单元根据Buck变换器主功率电路的输出平均电压 V_o ,得到PWM信号并经驱动电路驱动开关管 Q_b ;

[0011] 步骤3,功率电路控制单元输出的PWM信号送入开关频率 f_s 计算单元和占空比 D 计算单元,经开关频率 f_s 计算单元处理得出变换器当前的开关频率 f_s ,经占空比 D 计算单元处理得出变换器当前的占空比 D ;

[0012] 步骤4,Buck变换器主功率电路的输出平均电压 V_o 送入输出电压采样单元,得到输出电压的平均值;

[0013] 步骤5,功率电路控制单元输出的PWM信号和电流互感隔离放大单元(8)的电容电流 i_x 送入电容电流触发采样单元,通过延时程序对电容电流等 $DT_s/10$ 间隔采样,得到 $i_x(0)$ 、 $i_x(DT_s/10)$ 、 $i_x(DT_s/5)$ 、 $i_x(3DT_s/10)$ 、 $i_x(2DT_s/5)$ 、 $i_x(DT_s/2)$ 、 $i_x(3DT_s/5)$ 、 $i_x(7DT_s/10)$ 、 $i_x(4DT_s/5)$ 、 $i_x(9DT_s/10)$ 、 $i_x(DT_s)$ 共11个值;

[0014] 步骤6,将得到的开关频率 f_s 、占空比 D 、输出电压的平均值 V_o 以及电容电流的瞬时值 $i_x(0)$ 、 $i_x(DT_s/10)$ 、 $i_x(DT_s/5)$ 、 $i_x(3DT_s/10)$ 、 $i_x(2DT_s/5)$ 、 $i_x(DT_s/2)$ 、 $i_x(3DT_s/5)$ 、 $i_x(7DT_s/10)$ 、 $i_x(4DT_s/5)$ 、 $i_x(9DT_s/10)$ 、 $i_x(DT_s)$ 送入电感 L 以及电容ESR和 C 计算单元进行曲线拟合和综合处理,得到Buck变换器中电感 L 的值以及输出滤波电容当前等效串联电阻ESR和电容 C 的值;

[0015] 步骤7,电感 L 以及电容ESR和 C 计算单元将所得的电感 L 以及等效串联电阻ESR和电容 C 的值送入显示单元实时显示。

[0016] 与现有技术相比,本发明的显著优点为:本发明针对CCM Buck变换器的电感和输出滤波电容,设计出一种高效稳定的电感 L 以及输出滤波电容等效串联电阻ESR和电容 C 的在线监测装置及方法,该方法可以在不影响电路正常工作的情况下对电感的参数 L 以及电容的参数ESR和 C 进行监测,为电容和电源的寿命预测提供依据,无需额外参数,方便实现。

附图说明

[0017] 图1是CCM Buck变换器开关周期中的工作波形图。

[0018] 图2是本发明CCM降压变换器电感 L 以及输出电容ESR和 C 的监测装置的结构示意图。

[0019] 其中: V_{in} -输入电压, I_{in} -输入电流, i_L -电感电流, i_C -电容电流, i_{Cx} -并联电容电流, I_o -输出电流, V_o -输出电压平均值, Q_b -开关管, D_b -二极管, L -电感, C -输出滤波电容值,ESR-等效串联电阻值, C_x -并联电容的电容值,ESR $_x$ -并联电容的等效串联电阻值, R_L -负载, V_{gs} -

开关管 Q_b 的驱动电压, D -占空比, t -时间, f_s -变换器开关频率, ΔI_L -电感电流纹波峰峰值, v_{ESR} -等效串联电阻上的电压, v_C -电容上的电压。

具体实施方式

[0020] 下面结合附图及具体实施例对本发明作出进一步详细说明。

[0021] 1、理论推导：

[0022] 图1为CCM Buck变换器开关周期中的工作波形图。当开关管 Q_b 导通时，二极管 D_b 截止，电感 L 两端的电压为 $V_o/D-V_o$ ，其电感电流 i_L 以 $(V_o/D-V_o)/L$ 的斜率线性上升。当二极管 D_b 关断时，电感电流 i_L 通过二极管 D_b 续流，此时电感 L 两端的电压为 $-V_o$ ，电感电流 i_L 以 V_o/L 的斜率下降。由于Buck变换器工作在CCM模式，因此在开关周期结束前，电感电流 i_L 未下降到零。电感电流 i_L 在一个开关周期内的平均值即为输出电流 I_o 。

[0023] 电感电流 i_L 在一个周期中的表达式如下：

$$[0024] \quad i_L(t) = \begin{cases} \frac{V_o(1-D)}{D \cdot L}t + \frac{V_o(D-1)}{2L \cdot f_s} + I_o & 0 \leq t < \frac{D}{f_s} \\ -\frac{V_o}{L}t + \frac{V_o(D+1)}{2L \cdot f_s} + I_o & \frac{D}{f_s} \leq t < \frac{1}{f_s} \end{cases} \quad (1)$$

[0025] 其中 V_o 为输出电压平均值, L 为电感值, f_s 为Buck变换器的开关频率, D 为开关管的占空比, t 为时间。

[0026] 可以假设

$$[0027] \quad a_1 = \frac{V_o(1-D)}{D \cdot L} \quad (2)$$

$$[0028] \quad b_1 = \frac{V_o(D-1)}{2L \cdot f_s} \quad (3)$$

$$[0029] \quad a_2 = -\frac{V_o}{L} \quad (4)$$

$$[0030] \quad b_2 = \frac{V_o(D+1)}{2 \cdot L \cdot f_s} \quad (5)$$

[0031] 可得，两电容的电流和 i_C+i_{Cx} 的表达式为：

$$[0032] \quad i_C(t) + i_{Cx}(t) = \begin{cases} a_1t + b_1 & 0 \leq t < \frac{D}{f_s} \\ a_2t + b_2 & \frac{D}{f_s} \leq t < \frac{1}{f_s} \end{cases} \quad (6)$$

[0033] 两电容的电压表达式分别为

$$[0034] \quad v_C(t) = ESR \cdot i_C(t) + \int_0^t \frac{i_C(x)}{C} dx + v_C(0) \quad (7)$$

$$[0035] \quad v_{Cx}(t) = ESR_x \cdot i_{Cx}(t) + \int_0^t \frac{i_{Cx}(x)}{C_x} dx + v_{Cx}(0) \quad (8)$$

[0036] 由于两电容并联，则两电容电压相等

[0037] $v_c(t) = v_{Cx}(t)$ (9)

[0038] 当 $0 \leq t < \frac{D}{f_s}$ 时,

[0039] $ESR \cdot [a_1 t + b_1 - i_{Cx}(t)] + \int_0^t \frac{a_1 t + b_1 - i_{Cx}(t)}{C} dx + v_c(0) = ESRx \cdot i_{Cx}(t) + \int_0^t \frac{i_{Cx}(x)}{Cx} dx + v_{Cx}(0)$ (10)

[0040] 由式(10)求导可得

[0041] $(ESR + ESRx) \frac{di_{Cx}(t)}{dt} + \left(\frac{1}{C} + \frac{1}{Cx}\right) i_{Cx}(t) = \frac{a_1}{C} t + \frac{b_1}{C} + a_1 \cdot ESR$ (11)

[0042] 分别对式(11)等号两边做Laplace变换可得

[0043] $(ESR + ESRx) [s \cdot Y(s) - i_{Cx}(0)] + \left(\frac{1}{C} + \frac{1}{Cx}\right) Y(s) = \frac{s \cdot (a_1 \cdot C \cdot ESR + b_1) + a_1}{s^2 \cdot C}$ (12)

[0044] 化简可得

[0045] $Y(s) = \frac{i_{Cx}(0) \cdot (ESR + ESRx) + \frac{s \cdot (a_1 \cdot C \cdot ESR + b_1) + a_1}{s^2 \cdot C}}{\left(\frac{1}{C} + \frac{1}{Cx}\right) + s \cdot (ESR + ESRx)}$ (13)

[0046] 对式(13)等号做Laplace逆变换可得

[0047] $i_{Cx}(t) = X_1 \cdot t + [i_{Cx}(0) - X_3] \cdot e^{-X_2 t} + X_3$ (14)

[0048] 其中

[0049] $X_1 = \frac{Cx \cdot a_1}{C + Cx}$ (15)

[0050] $X_2 = \frac{C + Cx}{C \cdot Cx \cdot (ESR + ESRx)}$ (16)

[0051] $X_3 = \frac{Cx \cdot (C \cdot b_1 + Cx \cdot b_1 + C^2 \cdot ESR \cdot a_1 - C \cdot Cx \cdot ESRx \cdot a_1)}{(C + Cx)^2}$ (17)

[0052] 根据采样得到的11个并联电容电流值可以做出拟合曲线,得到 X_1 、 X_2 、 X_3 和 $i_{Cx}(0)$ 。

[0053] 把式(2)、(3)代入(15)、(16)、(17)可得:

[0054] $L = \frac{2f_s \cdot V_o (1-D)(1 - Cx \cdot ESRx \cdot X_2)}{D(2X_1 \cdot f_s + 2X_2 \cdot X_3 \cdot f_s + D \cdot X_1 \cdot X_2 - 2Cx \cdot ESRx \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot f_s)}$ (18)

[0055] $ESR = \frac{(1 - Cx \cdot ESRx \cdot X_2)(2X_1 \cdot f_s + 2X_2 \cdot X_3 \cdot f_s + D \cdot X_1 \cdot X_2)}{Cx \cdot X_2^2 (D \cdot X_1 + 2X_3 \cdot f_s)}$ (19)

[0056] $C = \frac{Cx \cdot X_2 \cdot (D \cdot X_1 + 2X_3 \cdot f_s)}{2X_1 \cdot f_s (1 - Cx \cdot ESRx \cdot X_2)}$ (20)

[0057] 式中, L 为电感的感值, ESR 为等效串联电阻的阻值, C 为电容的容值, f_s 为变换器开关频率, V_o 为输出电压平均值, D 为变换器的占空比, $ESRx$ 为所并联电容的等效串联电阻的阻值, Cx 为所并联电容的电容的容值, X_1 、 X_2 、 X_3 为拟合曲线的参数。

[0058] 基于式(18)、(19)、(20),可以得到CCM Buck变换器电感 L 以及输出滤波电容 ESR 和

C的监测方法。

[0059] 2、本发明CCM降压变换器电感及输出电容的监测装置及方法

[0060] 结合图2,本发明CCM降压变换器电感及输出电容的监测装置,包括Buck变换器主功率电路1、驱动电路3、参数已知的电容7、电流互感隔离放大单元8、显示单元11和信号处理模块,所述信号处理模块包括功率电路控制单元2、开关频率 f_s 计算单元4、占空比D计算单元5、输出电压采样单元6、电容电流触发采样单元9、电感L以及电容ESR和C计算单元10;

[0061] 所述Buck变换器主功率电路1包括输入电压源 V_{in} 、开关管 Q_b 、续流二极管 D_b 、滤波电感L、输出滤波电容和负载 R_L ,所述输出滤波电容包括等效串联电阻ESR和电容C,其中开关管 Q_b 的漏极与电压源 V_{in} 的正极连接,续流二极管 D_b 的阴极与开关管 Q_b 的漏极连接,续流二极管 D_b 的阳极与电压源 V_{in} 的负极连接,滤波电感L的一端与续流二极管 D_b 的阴极连接,滤波电感L的另一端分别与等效串联电阻ESR的一端及负载 R_L 的一端连接,等效串联电阻ESR的另一端与电容C的一端连接,电容C的另一端及负载 R_L 的另一端均与电压源 V_{in} 的负极连接,负载 R_L 与参数已知的电容(7)并联,其两端为输出平均电压 V_o 。

[0062] 所述功率电路控制单元2的输入端分别与Buck变换器主功率电路1的电压源 V_{in} 和输出平均电压 V_o 连接,功率电路控制单元2输出端的PWM信号分别接入开关频率 f_s 计算单元4和占空比D计算单元5,Buck变换器主功率电路1的输出平均电压 V_o 接入输出电压采样单元6,电流互感隔离放大单元8和功率电路控制单元2输出端的PWM信号均接入电容电流触发采样单元9,开关频率 f_s 计算单元4、占空比D计算单元5、输出电压采样单元6和电容电流触发采样单元9的输出端均接入电容ESR和C计算单元7,电感L以及电容ESR和C计算单元10的输出端接入显示单元11;所述驱动电路3的输入端与功率电路控制单元2输出端的PWM信号连接,驱动电路3的输出端接入开关管 Q_b 的门极。所述信号处理模块为DSP芯片TMS320F28335;所述显示单元11为1602液晶显示屏。

[0063] 基于本发明CCM降压变换器电感及输出电容的监测装置的监测方法,包括以下步骤:

[0064] 步骤1,在输出端并联上一个参数已知的电容7,在信号处理模块中创建功率电路控制单元2、开关频率 f_s 计算单元4、占空比D计算单元5、输出电压采样单元6、电容电流触发采样单元9、电感L以及电容ESR和C计算单元10;

[0065] 步骤2,信号处理模块的功率电路控制单元2根据Buck变换器主功率电路1的输出平均电压 V_o ,得到PWM信号并经驱动电路3驱动开关管 Q_b ;

[0066] 步骤3,功率电路控制单元2输出的PWM信号送入开关频率 f_s 计算单元4和占空比D计算单元5,经开关频率 f_s 计算单元4处理得出变换器当前的开关频率 f_s ,经占空比D计算单元5处理得出变换器当前的占空比D;

[0067] 步骤4,Buck变换器主功率电路1的输出平均电压 V_o 送入输出电压采样单元6,得到输出电压的平均值;

[0068] 步骤5,功率电路控制单元2输出的PWM信号和电流互感隔离放大单元8的电容电流 i_x 送入电容电流触发采样单元9,通过延时程序处理对电容电流等 $DT_s/10$ 间隔采样,得到电容电流的瞬时值 $i_x(0)$ 、 $i_x(DT_s/10)$ 、 $i_x(DT_s/5)$ 、 $i_x(3DT_s/10)$ 、 $i_x(2DT_s/5)$ 、 $i_x(DT_s/2)$ 、 $i_x(3DT_s/5)$ 、 $i_x(7DT_s/10)$ 、 $i_x(4DT_s/5)$ 、 $i_x(9DT_s/10)$ 、 $i_x(DT_s)$ 共11个值;

[0069] 步骤6,将得到的开关频率 f_s 、占空比D、输出电压的平均值 V_o 以及电容电流的瞬时

值 $i_x(0)$ 、 $i_x(DT_s/10)$ 、 $i_x(DT_s/5)$ 、 $i_x(3DT_s/10)$ 、 $i_x(2DT_s/5)$ 、 $i_x(DT_s/2)$ 、 $i_x(3DT_s/5)$ 、 $i_x(7DT_s/10)$ 、 $i_x(4DT_s/5)$ 、 $i_x(9DT_s/10)$ 、 $i_x(DT_s)$ 送入电感L以及电容ESR和C计算单元10进行曲线拟合和综合处理,得到Buck变换器中电感L的值以及输出滤波电容当前等效串联电阻ESR和电容C的值,具体的:

[0070] 步骤6中所述L、ESR和C计算单元(10)曲线拟合方程如下:

$$[0071] \quad i_{Cx}(t) = X_1 \cdot t + [i_{Cx}(0) - X_3] \cdot e^{-X_2 t} + X_3$$

[0072] 求得 X_1 、 X_2 、 X_3 和 $i_{Cx}(0)$ 后,所述L、ESR和C计算单元(10)对拟合曲线进行综合处理,得到Buck变换器中电感L的值以及输出滤波电容当前等效串联电阻ESR和电容C的值,具体公式如下:

$$[0073] \quad L = \frac{2f_s \cdot V_o (1-D)(1-Cx \cdot ESRx \cdot X_2)}{D(2X_1 \cdot f_s + 2X_2 \cdot X_3 \cdot f_s + D \cdot X_1 \cdot X_2 - 2Cx \cdot ESRx \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot f_s)}$$

$$[0074] \quad ESR = \frac{(1-Cx \cdot ESRx \cdot X_2)(2X_1 \cdot f_s + 2X_2 \cdot X_3 \cdot f_s + D \cdot X_1 \cdot X_2)}{Cx \cdot X_2^2 (D \cdot X_1 + 2X_3 \cdot f_s)}$$

$$[0075] \quad C = \frac{Cx \cdot X_2 \cdot (D \cdot X_1 + 2X_3 \cdot f_s)}{2X_1 \cdot f_s (1-Cx \cdot ESRx \cdot X_2)}$$

[0076] 式中,L为电感的感值,ESR为等效串联电阻的阻值,C为电容的容值, f_s 为变换器开关频率, V_o 为输出电压平均值,D为变换器的占空比,ESRx为所并联电容的等效串联电阻的阻值,Cx为所并联电容的电容的容值, X_1 、 X_2 、 X_3 为拟合曲线的参数。

[0077] 步骤7,电感L以及电容ESR和C计算单元10将所得的电感L以及等效串联电阻ESR和电容C的值送入显示单元11实时显示。

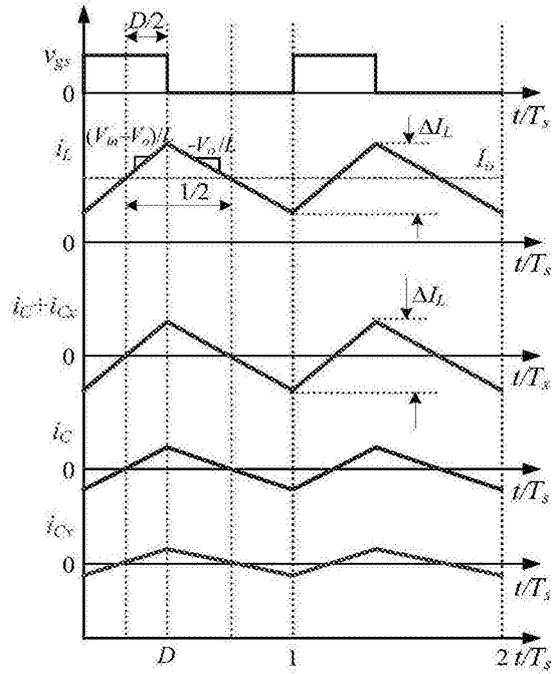


图1

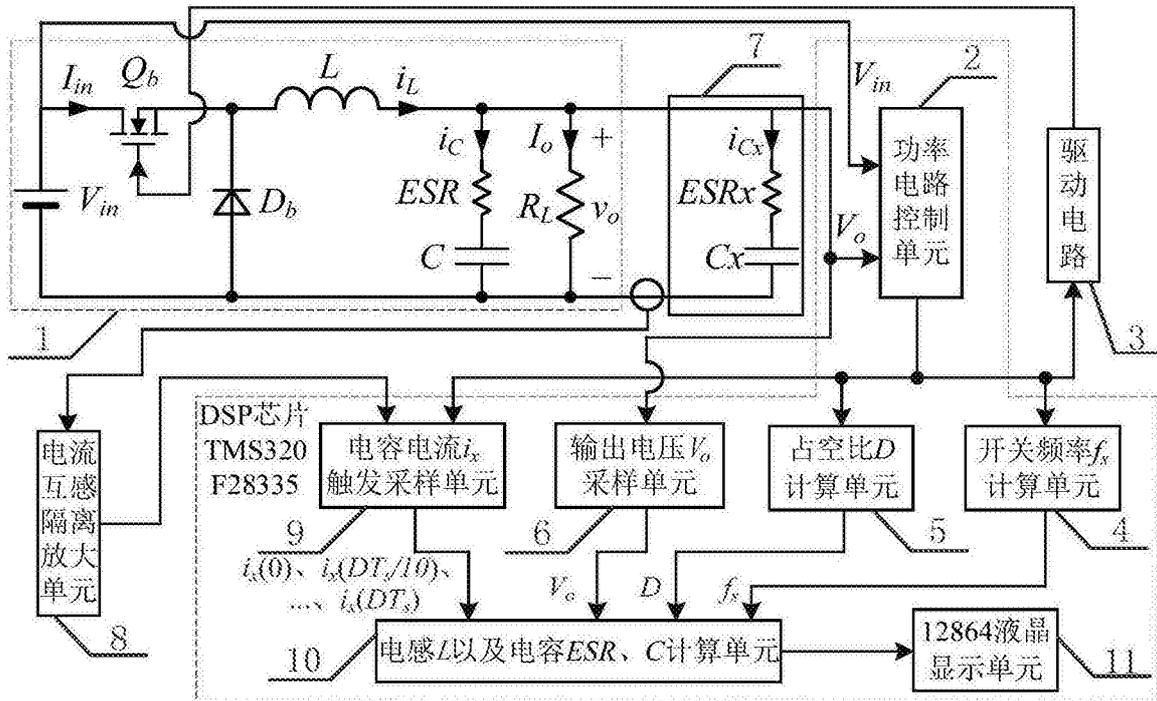


图2