

电器柔性启动系统的研究*

郑力新

(华侨大学电气技术系, 泉州 362011)

摘要 分析电器启动电流冲击现象的原因及危害性, 提出控制对策, 设计两种实用的抑流电路。

关键词 自适应控制, 家用电器, 柔性启动, 惯性环节

分类号 TP 273. 2

一般家用电器启动时所产生的电流约为正常运转时的5至8倍(按不同机种而论)。启动瞬间偌大的电流不仅造成电网波动, 而且导致电器的损坏或降低寿命, 已成为电器使用过程中普遍存在和亟待解决的问题。我们研制的柔性启动器, 既能有效地将启动电流降低至正常的1.5倍以下, 消除了每次启动时家用电器的电流冲击, 减少电器损耗并延长其寿命, 同时具有过压、欠压、过流保护的功能、更加全面地保护家用电器, 为家用电器的使用创造良好的环境。

1 控制对策

家用电器的用电元件主要有两大类即电阻丝和电机。电阻丝在加电时产生瞬间大电流冲击的原因是: 启动时, 电阻是冷态电阻, 通电一段时间后, 电阻变为热态电阻, 冷态电阻比热态电阻要小得多, 因此启动电流比正常工作电流大得多, 造成冲击现象; 而电机类的原因是: 启动时, 由于转速还没有建立, 反电势(反电势与转速成正比)很小, 因此输入电压基本上加到了电枢绕组的小电阻上, 电流就比较大, 随着时间的推移, 转速将逐步升高, 反电势也随之加大。这样, 加在电枢电阻的电压下降, 电流也随之下降直到正常值为止。虽然这两类元件启动电流冲击的过程有所不同, 但归结到一点, 就是电压加在比较小的电阻上, 造成启动时较大的电流。

正因如此, 如果能使家用电器的输入电压由低逐步升高到额定值, 则启动电流冲击就会得到抑制, 这个使电压逐步升高的过程, 在控制理论中相当于在输入和电器中间加入一个惯性环节。因为惯性环节对输入阶跃信号有缓冲作用^[1], 惯性环节时间常数 τ 的取值不同, 缓冲的程度也不同, 因此, 若能正确地设定 τ 值, 对冲击电流还会有不同程度的抑制效果, 这给问题的解决又提供了一个灵活选择的余地。

2 手动调节式抑流电路设计

如图1所示, 电路共分主回路、控制回路、过压、欠压、过流保护回路等部分。

* 本文 1995-09-10 收到

主回路由4个功率二极管、电流取样电阻 R_s 、大功率晶体管 HPA 100 等组成。回路电流

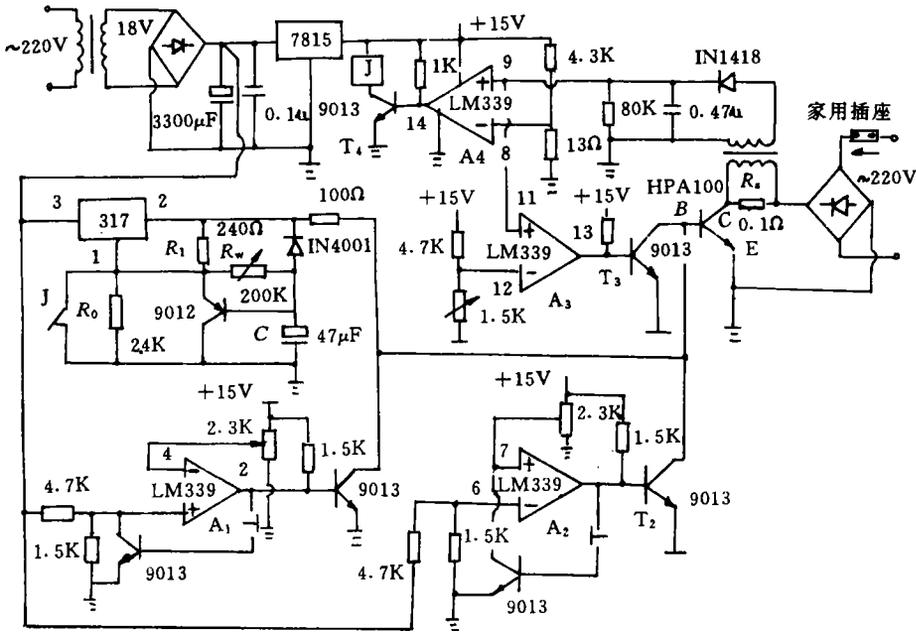


图1 手动调节式抑流电路图

的流动是这样的：由 220 V 电源一端输入，经家用电器，再经桥式二极管整流成为脉动直流，直流电流先经过采样电阻 R_s ，产生的脉动电压经升压送给控制电路，后继续流过晶体管 HPA 100 的 CE 极，再回到电源另一端。晶体管 CE 端相当于一个可调电阻，阻值由 B 极的电压控制（电压愈高，则阻值愈小；反之，阻值愈大），而晶体管 CE 端与家用电器是串联的。因此通过改变 B 极电压，可以使家用电器从 220 V 电源电压中获得不同份额的电压，达到控制家用电器两端输入电压大小的目的。

控制回路由 LM 317, LM 339 A₄ 升压变压器等电路组成。启动控制过程是：一旦电器插入插座并打开电源开关，由于一开始 J 触头闭合，LM 317 只输出 1.25 V，虽然此电压较低，但毕竟 HPA 100 的 CE 端是导通的，故主回路有少许电流流过。此时，升压变压器将在原副边感应出一定电压，副边电压经 IN 1418 二极管对 0.47 μF 的电容充电，成为较平坦的直流电压。此电压加在 LM 339 A₄ 的“+”端，与“-”端固定的微弱电压相比较，使 LM 339 A₄ 输出高电平，T₄ 导通，J 线圈得电，触头断开。触头断开后，LM 317 的第 2 脚上 240 Ω 电阻上流过的电流对电容 C 充电，9012 B 极电位逐步升高，LM 317 输出也逐步升高，直到 9012 截止为止，此时 LM 317 输出稳定在 $V_o = 1.25 \times (1 + R_o/R_1) = 13.75$ V。可以看出，在这个过程中，随着 LM 317 输出的逐步升高，三极管 HPA 100 CE 端电阻逐步减少。家用电器从电源获得的电压逐步升高，近似于惯性环阶跃响应曲线，实现了柔性启动。若家用电器从插座拨去或关闭其电源，则主回路无电流流过，比较器 A₄ “+”端电压低于“-”端电压输出低电平，T₄ 截止，J 线圈失电，常闭触头闭合，LM 317 输出又回到 1.25 V，等待下一重新启动的过程。本电路中还可以通过调节 R_w 的大小来改变电容 C 的充电速度，从而改变电器两端电压的上升速率，进而使电器获得不同程度的柔性启动，实现抑制电流冲击的目的，惯性环的 τ 值相当于 $R_w \cdot C$ 。

过压、欠压、过流保护由 LM339(A₂, A₃, A₁) 及外围电路组成, 当过压等异常现象发生时, 相应的 9013 三极管(T₂, T₃, T₁)饱和导通, 迫使主回路的大功率三极管 HPA100 截止, 主回路断电.

3 自适应控制式电路

手动调节式抑流电路成本低廉, 但缺点是抑流参数 R_w 要人工来设定, 需要一定的家用电器使用常识与观察调节次数. 自适应式控制电路采用 8031 实现了智能控制, 能根据超调量的要求, 自动学习和调整参数, 使电流冲击得到合理抑制, 系统原理图如图 2 所示. 其基本原理

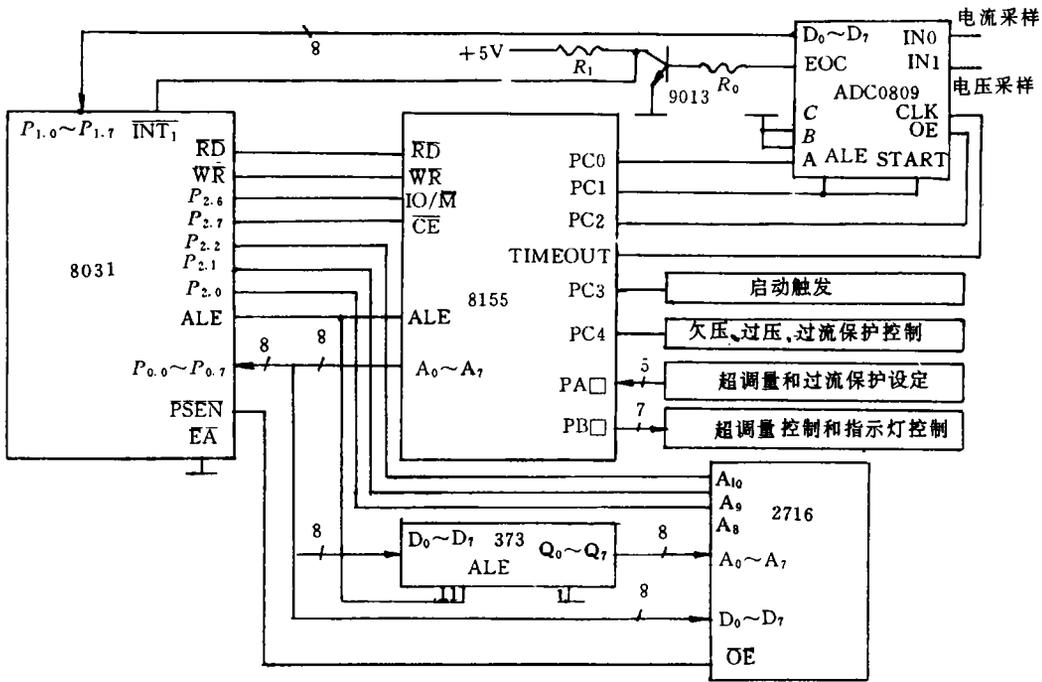


图 2 自适应控制式电路原理图

是: 在 8031 控制下, A/D 不断地采样主回路的电流值和整流电路电压值, 一方面, 当回路电压过高或过低、电流过大时, 使主回路的大功率管截止; 另一方面, 在电流取样值中选取最大值和稳态值, 代入超调量计算公式求得超调量. 若所得超调量与设定值不同, 则进行惯性环时间常数的调整, 使下一次启动的超调量向设定值靠拢. 8031 的控制是通过 8155 来进行的, 8155C 口提供了 A/D 的控制信号和时钟等; A 口用于读入超调量和过流保护的设定, B 口用来输出超调量的控制信号和指示系统运行状态.

3.1 硬件电路设计

3.1.1 主回路 主回路与手动调节式无异.

3.1.2 电流采样电路 如图 3 所示, 与手动调节式相比, 增加了一个放大倍数可调的运放.

3.1.3 超调量与过流保护设定电路 超调量和过流保护由一组开关设定, 如图 4 所示. 开关设定由 8155 的 A 口读入, 其读入值与超调量、电流保护值对应关系如表 1, 2 所示.

3.1.4 超调量与指示灯控制电路 如图5所示,控制思想同手动调节式相同,只是切换过程

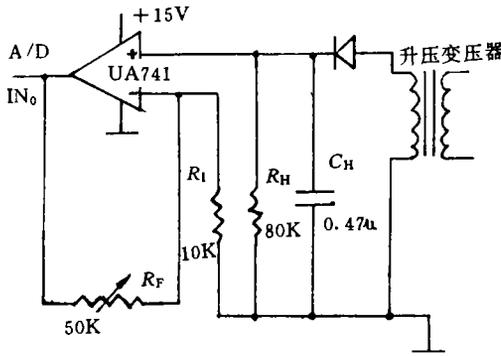


图3 电流采样电路

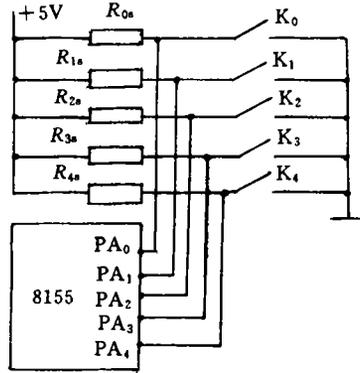


图4 超调量与过流保护设定电路

表1 PA0~PA2 输入与超调量对应关系

PA ₀ ~PA ₂	000	001	010	011	100	101	110	111
σ /(%)	0~15	15~30	30~45	45~60	60~75	75~90	90~105	105~120

表2 PA3~PA4 输入与过流保护对应关系

PA ₃ ~PA ₄	00	01	10	11
I_{max} /A	5	10	15	20

采用了三极管和数字控制.启动电器时,PC₀, PS₁ 由高变低,则 BG 由饱和变为截止,A 点电压随着 C 的充电逐步升高,上升速率则取决于 R_w 的大小与 C₀, C₁, C₂ 之组合, C₀, C₁, C₂ 接入与否受到 8155 PB₀~PB₂ 的控制,共有 23 种组合方式,可以任意调整,使主回路电流超调量 σ 达到设定的范围内.

3.2 软件设计

本程序是充分利用 8031 内部数据寄存器 R₀~R₇⁽²⁾ 来暂存一些数据,其功能分配如下:

R₀ 为超调量设定值(上限);R₁ 为过流保护设定值;R₂ 为电流采样值;R₃ 为电压采样值;R₄ 为电流采样最大值 I_{max};R₅ 为电流采样稳态值 I_∞;R₆ 为电流稳态采样值计数器;R₇ 为超调量与指示灯控制.

程序运行开始时,首先对 8031 中断,8155 I/O 定时方式进行设定,对输出口输出必要的初始化数据,启动 8155 定时器产生 640 kHz 的方波(A/D 0809 时钟信号)读入超调量和过流保护设定,并查表得超调量设定值 R₀ 和过流保护值 R₁,然后不断地通过 A/D 转换采集电流和电压数据.对电流采样值只保留两个数据,即极大值 R₄ 和稳态值 R₅,当新的采样值大于 R₄ 时,由新值取代;反之则与 R₅ 比较,若两者不等,则 R₆ 清零,R₅ 由新的值取代;若两者相等,则 R₆ 加 1;若 R₆ 值已达 255(FFH),则说明 R₅ 值为真正稳态值.下一步再进行超调量的计算并

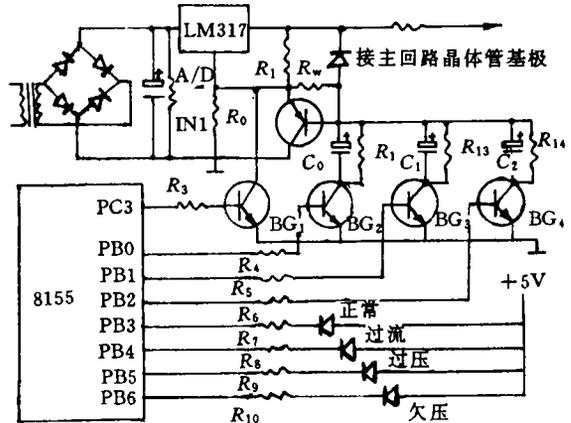


图5 超调量与指示灯控制电路

与设定值 R_0 比较,若在 R_0 指定的范围之上,则 R_7 加 1 后输出 $PB_0 \sim PB_2$;若在 R_0 指定的范围之下,则 R_7 减 1 后输出 $PB_0 \sim PB_2$. 当系统出现过压、欠压或过流,程序对主回路进行断电保护,并指示相应信息(图 6).

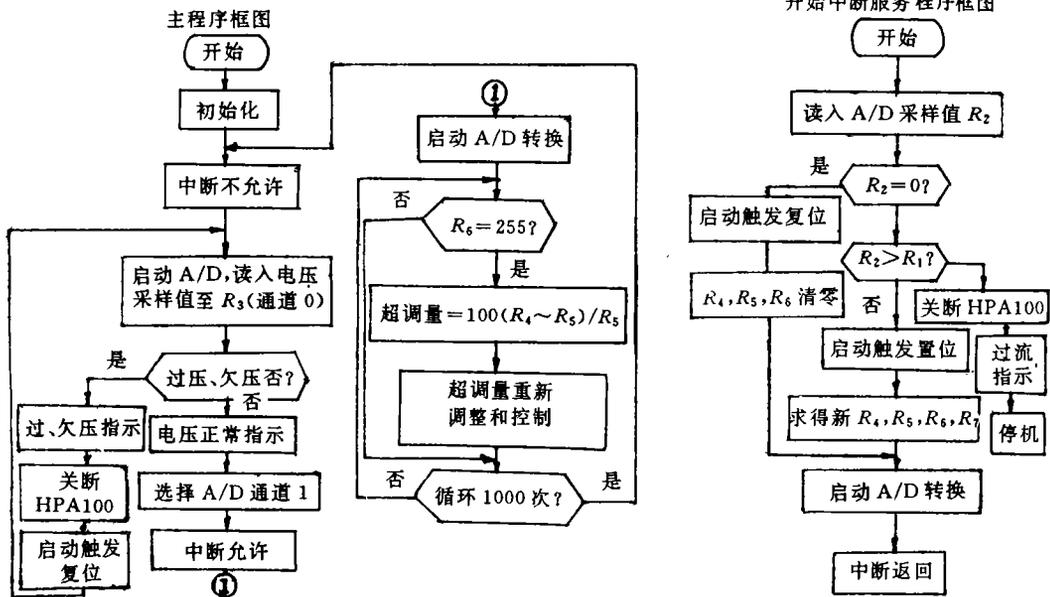


图 6 系统控制流程图

4 结束语

本系统经实际运行实验,证明是可行的,大功率管在稳态运行时,功耗很低,只是在启动过程中要承受瞬间大功率,因此有必要加装散热片. 不足之处在于,系统在交流电源过零时,由于二极管、三极管的非线性,出现 1~2V 的死区,由于此电压值低,对系统正常工作影响不大. 解决的方法有待进一步研究.

本文为校科研基金资助项目.

参 考 文 献

- 1 夏德铃. 自动控制理论. 北京:机械工业出版社, 1989. 67~68
- 2 蔡美琴,张为民. MCS-51 系列单片机系统及其应用. 北京:高等教育出版社, 1993. 19~20

A Study on Soft Starting System of Domestic Appliances

Zheng Lixin

(Dept. of Electric Technique, Huaqiao Univ. , 362011, Quanzhou)

Abstract With respect to the starting current, the author analyses the cause and the harmfulness of its impact; and advances countermeasure for its control; and designs two kinds of suppressing circuits, one of manual regulation and one of adaptive control.

Keywords adaptive control, domestic appliances, soft starting, inertial link