

适用于高效电源的新型集成电路

邓隐北, 王志英, 杜贵玉 编译

河南蓝宇洁源实业有限公司

摘要: 对用于电子设备的较大容量开关电源来说, 必须有抑制高次谐波电流的功率因数校正 (PFC) 电路, 以及广泛使用的有效低噪音化 LLC 谐振电流电路。富士电机公司不仅继承了迄今已有的技术, 而且还追加新的功能, 开发了临界态 PFC 控制 IC [FAIA60N] 和 LLC 电流谐振控制 IC。将这些 IC (集成电路) 组合一起应用于电源系统中, 由于轻负荷时的效率提升、待机功率的下降、电源零部件的削减, 故系统的成本降低。此外, 为扩展原来产品的应用范围, 还可将这些 IC 用于电源适配器 (adapter) 中。

关键词: 功率因数校正 (PFC), 集成电路 (IC), 临界态 PFC 控制 IC, LLC 电流谐振控制 IC, 高效率电源, 电源系统

1 前言

近年来, 对于开关电源, 正不断要求效率的提高和成本下降。在输出功率 75W 以上的电源系统中, 按照国际标准 IEC61000-3-2, 由于机器操作故障和功率因数的降低导致无功功率增加等问题而引起高次谐波电流, 故必须具有为抑制谐波电流、改善功率因数的电路。而且, 对于电力变换部件, 正广泛使用着有效低噪音化进行软件开发控制的 LLC 电流谐振电路。

富士电机公司迄今以来, 已将降低 PFC 电路成本和提升轻负荷时的临界态 PFC 控制 IC [FAIA00N] 系列, 实现了产品化。而且, 针对 LLC 电流谐振电路, 对应于 AC 85~264V 广范围输入电压、能构成小型电源系统的 LLC 电流谐振控制 IC [FA5760N], 以及待机功率低和保护功能充实的 LLC 电流谐振控制 IC [FA6A00N] 也已实现产品化。

这次, 不仅继承公司迄今已有的技术, 还对电源系统实现轻负荷时效率提高、低的待机功率、电源部件削减的临界态 PFC 控制 IC [FAIA60N] 和 LLC 电流谐振控制 IC [FA6B20N] 进行了开发 (图 1)。

使用这些 IC 的电源特点如下:

- (1) 电源的零部件数大幅度减少;
- (2) 轻负荷时的效率提高 (输出功率 $P_o=5W$ 时, $\eta=75\%$);
- (3) 待机 (Stand-by) 状态下的消耗功率降低;
- (4) 在低输入电压时启动重负荷;
- (5) 正常状态与待机 (备用) 状态的自动切换;

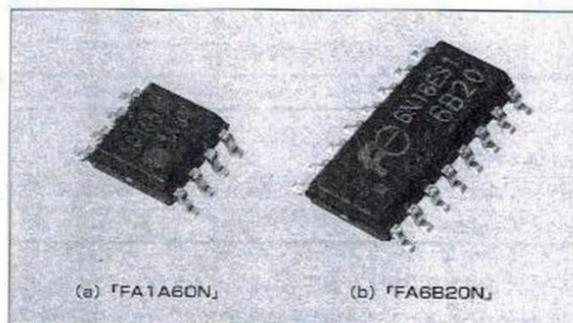


图 1 外观

此外, 由于实现了 (4) (5), 可适用于电源适配器。

本文, 阐述了有关 [FAIA60N] 与 [FA6B20N] 的特点及对电源的应用效果。

2 临界态 PFC 控制 IC [FAIA60N] 的特点

2.1 概要

[FAIA60N] 的部件图示于图 2、表 1 列出 [FAIA50N] 与原来产品的功能比较。

一般来说, 临界态 PFC 控制 IC, 是在 MOSFET (金属氧化物半导体场效应晶体管) 的漏极 (drain) 电压最低电压 (最低值) 下接通的, 原来产品在轻负荷时按通信

表 1 FAIA60N 与原来产品的功能比较

项目	FAIA60N	原来产品
轻负荷时基底跳跃功能	有	有
待机状态下的脉冲串操作	有	无
待机状态下的消费电流	250nA	500nA
与 LLC 的联系功能	有	无

高效率電源用の臨界モード PFC 制御 IC「FA1A60N」と LLC 電流共振制御 IC「FA6B20N」

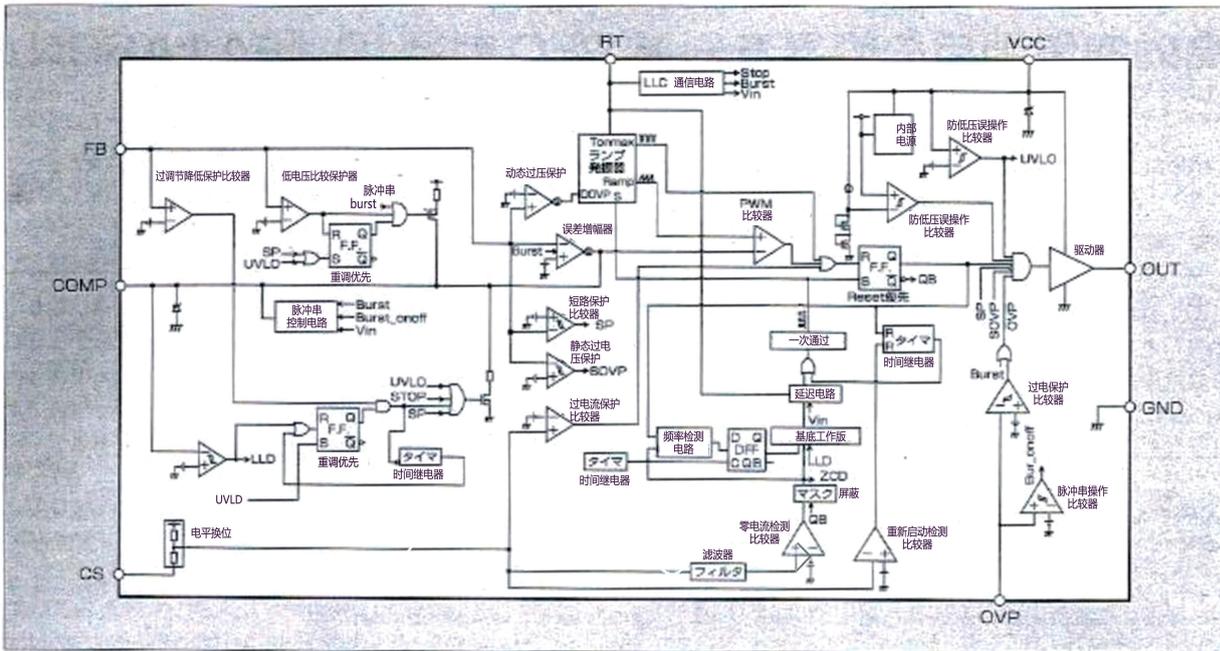


图 2 [FA1A60N] 部件结构图

号为跳跃进位 (skip), 为抑制开关频率的上升, 内装有最小跳跃进位的功能。与此相应, [FA1A60N] 在轻负荷时可进一步提高效率。按下节 2.2 所述意图, 在开关 (操作) 停止期间, 由设置的脉冲串 (burst) 操作使消耗电流削减, 这一功能也内装于 [FA1A60N] 电路中。

电子设备的状态分为: 操作主要功能的正常状态和使其停止的待机状态。正常状态下, 进行未设置停止期间的连续开关操作; 待机状态下, 则进行脉冲串操作。在 FA1A60N 中, 由正常状态切换到待机状态的信号, 从 LLC 电流谐振控制 IC FA6B20N 输送至 FA1A60N 的 RT 端子。由 FA6B20N 输送的信号, 除待机信号意外, 还有输入电流信息, PFC 停止信号, 故 FA1A60N 能高效率控制, FA1A60N 的组件 (封装), 采用亚标准 JEDEC 的 8 针 SOP (小的外形包装)。

2.2 高效率脉冲串控制

为实现待机状态下的低待机功率, 停止 PFC 电路的开关操作是有效的。但是这一场合下, 存在以下的问题:

(1) 向 PFC 控制 IC 的电源供给, 需要一遮断的开关电路;

(2) 为降低 PFC 电路的输出电压, 在向重负荷的过

度响应中输出电压降低;

(3) LLC 电流谐振电路, 因须要相应的广范围输入电压, 故变压器设计的自由度低。

为了解决这些问题, FA1A60N 在待机状态时引入脉冲串操作 (图 3)。FA1A60N 的脉冲串操作, PFC 输出电压 V_{bulk} 如在上限值以上则停止开关操作; 如在下限值以下则再次开启开关操作。这样一来, 既保持了 PFC 的输出电压, 又使得开关损耗小, 故可实现待机状态下的高效率和

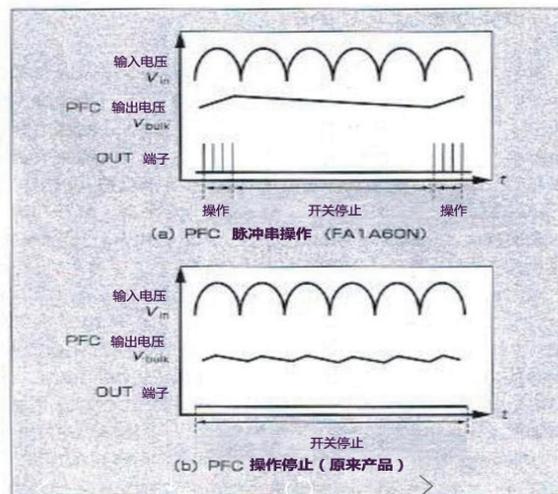


图 3 PFC 待机时的操作

低的待机功率。

3 LLC 电流谐振控制 IC[FA6B20N] 的特点

3.1 概要

图 4 为 FA6B20N 的部件结构图，表 2 列出 FA6B20N 与原来产品的功能比较。

表 2 FA6B20N 与原来产品的功能比较

项目	FA6B20N	原来产品
自动待机功能	有	无
待机状态下的 PFC 操作	操作	停止
轻负荷时的效率 ($P_0=5W$)	75%	60%
待机功率 ($V_{in}=230V$, $P_0=125mW$)	260mW	270mW
与 PFC 的联系功能	有	无

FA6B20N 是由控制 LLC 电流谐振电路的控制电路，半桥 (halfbridge) 电路的高侧与低侧开关元件可直接驱动的 630V 耐压驱动电路，以及由低消费功率实现起动的 600V 耐压起动元件构成的。

此外，由于内装有 3.2 节阐述的自动待机功能，不需

要从外部来的待机信号，故原来产品中不适用的电源适配器现也能够使用。而且，即使在待机状态下，既能一方面操作 PFC 电路，一方面实现高效率 and 低的待机功率。除此以外，由于比 LLC 电流谐振电路更早的操作 PFC 电路的联系操作，故可实现在低的输入电压的重负荷起动。包装采用亚标准 JEDEC 的 16 针 SOP。

3.2 自动待机功能

为降低原来产品在待机状态下的待机功率，进行了脉冲串操作。此时，必须从电源的二次侧接受待机信号，故存在零部件数增加这一问题。

FA6B20N，由 IS 端子检测出一次侧 LLC 电流谐振电路的谐振电流，由电容器对 CA 端子的电压实施平滑化，并在内部装有二次侧的负荷信息检测功能。

图 5 所示为 FA6B20N 的负荷 P_0 与 CA 端子电压的关系。

FA6B20N 具有进行 IC 操作的连续开关的正常状态，及意图设置开关停止期间进行脉冲串操作的待机状态，具有自动切换这些操作的自动待机功能。利用这一功能，正

高效率電源用の臨界モード PFC 制御 IC「FA1A60N」と LLC 電流共振制御 IC「FA6B20N」

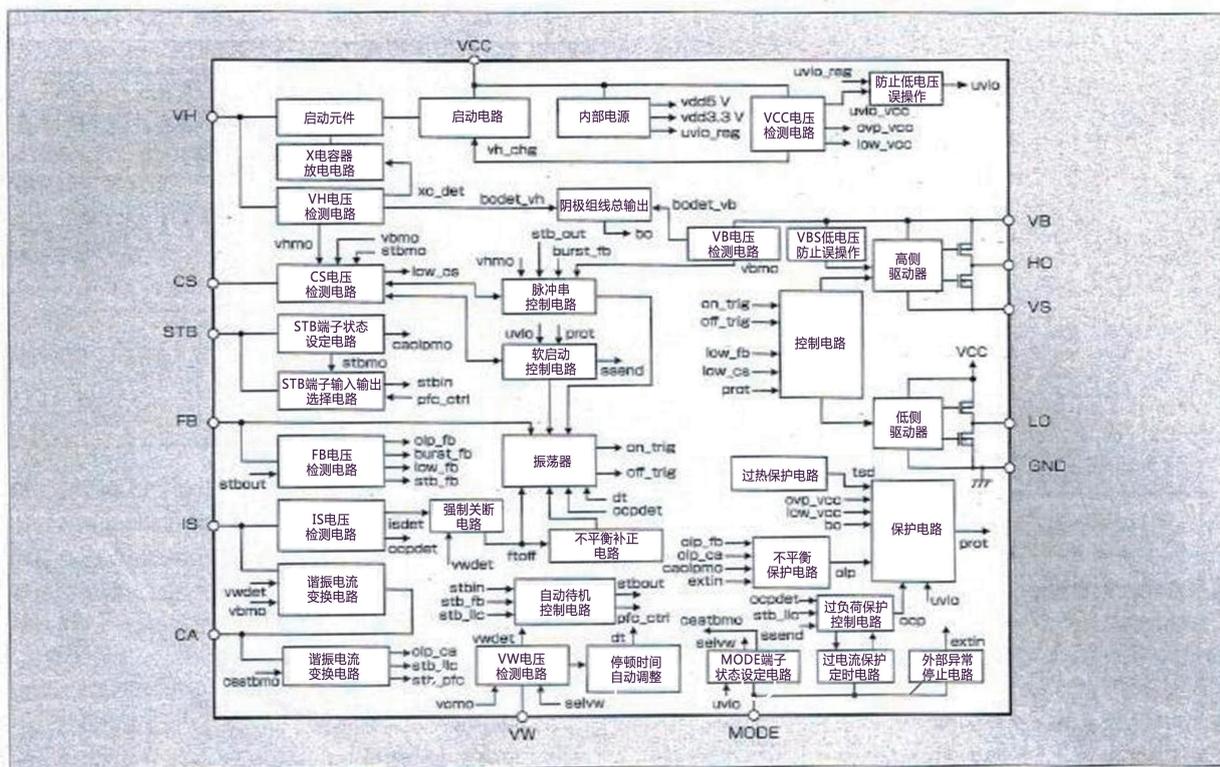


图 4 [FA6B20N] 的部件结构图

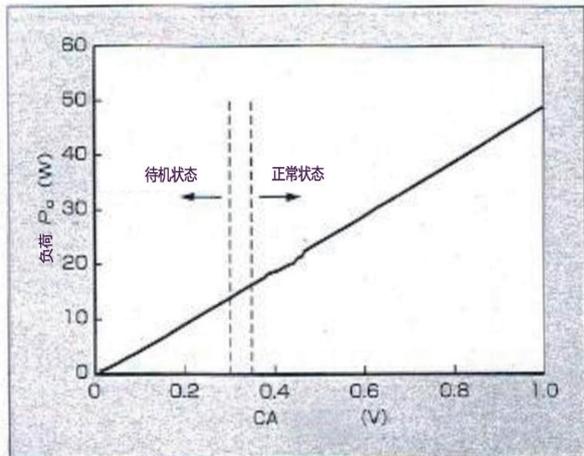


图5 [FA6B20N]的负荷 P_o -5CA 端子电压的关系

常状态下 CA 端子电压一旦低于 0.3V 则切换到待机状态，在待机状态下，CA 端子电压一旦超过 0.35V，则切换至正常状态。

FA6B20N，用户将连接 MODE 端子的阻抗从 3 个阶段中进行选择，由此，可设定待机状态与正常状态的切换电压。通过切换电压滞后现象 (hysteresis) 的设置，则不会产生待机状态与正常状态混合存在导致的不稳定状态。

3.3 高效率脉冲串控制

富士电机公司的 LLC 电路谐振控制 IC，在待机状态下通过对脉冲串 (burst) 的控制，可减少开关的次数并导致开关损耗的降低和提高效率。脉冲串控制时，输出电压降低而 FB 端子电压则升高，由对 CS 端子电容器充电的软起动器开始开关操作，输出电压上升。当输出电压上升时 FB 端子电压则降低，借助对 CS 端子电容器放电的

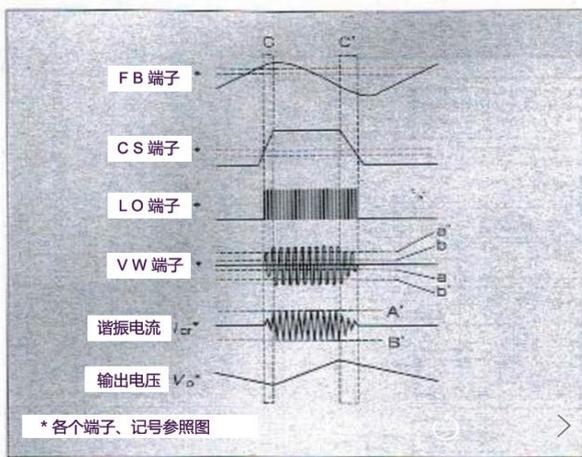


图6 [FA6B20N]脉冲串控制的程序图

软件终端停止开关操作。

图6所示为FB6A20N脉冲串控制的程序(sequence)图。VW端子的强制关断电压水平，由正常状态(a-b)切换到待机状态(a'-b')，抑制谐振电流的峰值(A'-B')，由此，对输出电压的波动(ripple)和交流声，以及由谐振电流产生的损耗均得到了抑制。而且，由于缩短了软启动(C)和软终端(C')的区间，力图削减了无效的开关范围并提高效率。

3.4 静电破坏容量提高

原来，LLC 电流谐振控制 IC 的 VH 端子上，静电破坏容量的 HBM (人体模式) 为 +1KV。FA6B20N 中，为供给 VCC 端子上的电流，对内装于 VH 端子上的起动元件进行了改良，因而达到了 +2KV。

4 在电源上的应用效果

4.1 电路零部件数的削减

图7所示为配置了FAIA60N和FA6B20N的应用电路图例。PFC控制IC与LLC电流谐振控制IC的联系，是在FAIA60N的RT端子与FA6B20N的STB端子之间进行的(图7的A部)。表3列出具有同等功能的电源中，相对于配置原来产品的电源，其零部件削减的效果。配置了FAIA60N与FA6B20N的电源中，勿需从外部传递待机信号的电路，及向PFC控制IC的VCC端子供给电源用的开关电路均可取消，仅追加了RT端子与STB端子联系用的电路。这一结果，使整个电源的零部件数从原来产品的102个减少到95个，可削减7个部件。特别是，易

表3 电源部件的削减例

功能	部件	数目
外部待机信号	光电耦合器	-1
	MOSTFET	-2
	电阻器	-3
向 PFC 的 VCC 端子供电用开关	晶体三极管	-1
	二极管	-2
	齐纳 (Zener)	
	二极管	-1
	电阻器	-2
PFC 与 LLC 的联系	三极管	1
	电阻器	2
	电容器	2
合计		-7

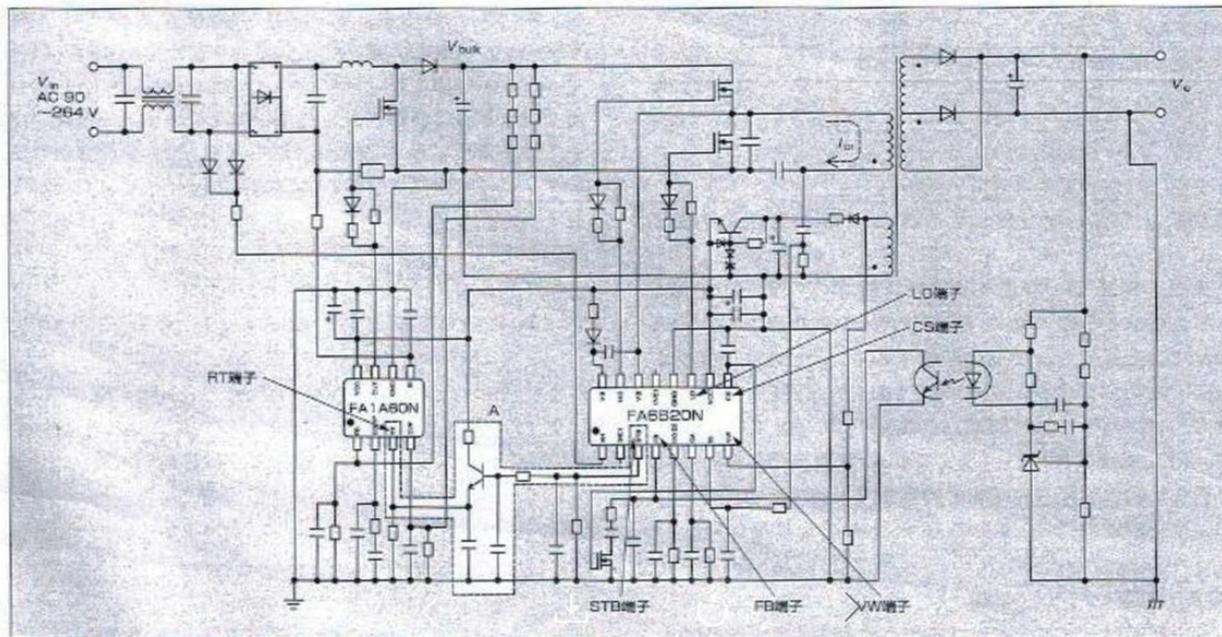


图7 [FA1A60N]与[FA6B20N]的应用电路例

故障的光电耦合器 (photo-coupler) 部件也可以削减。

4.2 轻负荷时效率提高

图8所示为输入电压AC240V轻负荷时的效率。配置了FA1A60N和FA6B20N的电源，与待机状态下停止PFC控制IC的、配置原来产品的电源比较，15W以下的效率高，负荷 P_o 为5W时效率达到了75%。

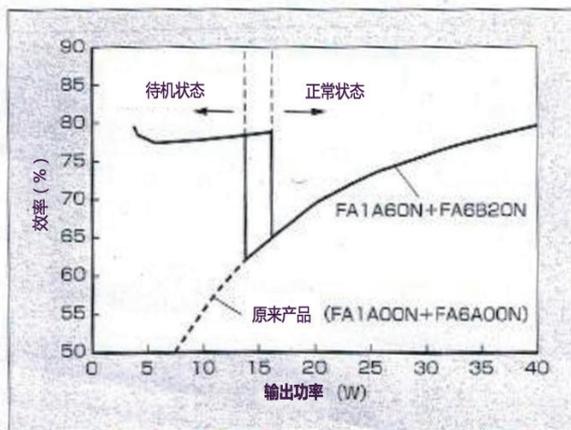


图8 轻负荷时的效率 (输入电压 AC240V)

图9所示为负荷 $P_o=125mW$ 时的待机功率。配置了FA1A60N与FA6B20N的电源，与配置原来产品的电源比较，相应于AC输入电压下，待机功率的依赖关系小，

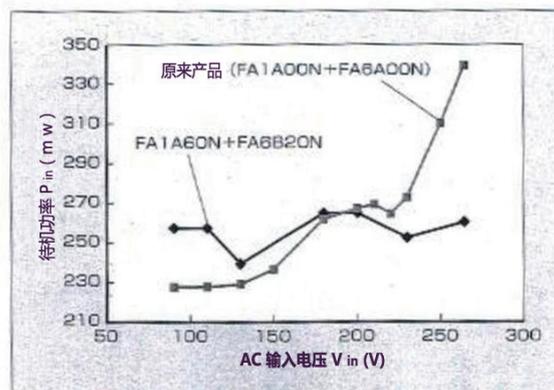


图9 待机功率

当输入电压AC230V时，待机功率实现了260mW以下。

4.3 相应重负荷起动时的起动程序

图10所示为配置了FA1A60N与FA6B20N的电源中，在低输入电压的重负荷起动波形。评价条件是：输入电压AC90V，输出电压 $V_o=13V$ ，输出电路 $I_o=4.2A$ 。配置了FA1A60N与FA6B20N的电源，电源投入后，PFC电路首先开始操作。PFC电路的输出电压 V_{bulk} 上升后，LLC电流谐振电路开始操作，其输出电压 V_o 上升。当LLC电流谐振电路开始操作时，因 V_{bulk} 上升，过负荷保

下转172页