

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H02M 3/335 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03803836.6

[45] 授权公告日 2008 年 3 月 12 日

[11] 授权公告号 CN 100375378C

[22] 申请日 2003.1.27 [21] 申请号 03803836.6

[30] 优先权

[32] 2002.2.14 [33] EP [31] 02075608.6

[86] 国际申请 PCT/IB2003/000227 2003.1.27

[87] 国际公布 WO2003/069767 英 2003.8.21

[85] 进入国家阶段日期 2004.8.13

[73] 专利权人 NXP 股份有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

[72] 发明人 W·H·M·兰格斯拉格

J·W·斯特里克

[56] 参考文献

JP5-211451A 1993.8.20

CN1302113A 2001.7.4

CN87200105U 1988.2.24

JP2001-8453A 2001.1.12

JP10-198355A 1998.7.31

审查员 李紫峰

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

代理人 王波波

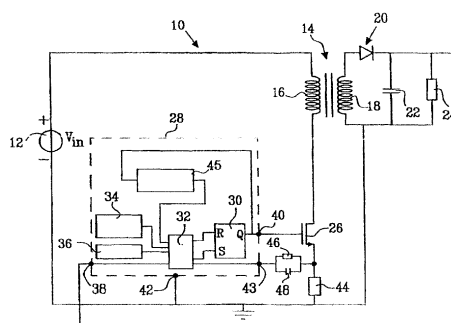
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 5 页

[54] 发明名称

减少可听噪声的控制设备、开关式功率变换器及其方法

[57] 摘要

本发明涉及一种用于开关式功率变换器(10)的控制设备(28)、开关式功率变换器、和控制功率变换器中的开关以减小可听噪声的方法。功率变换器包括控制设备(28)和至少一个开关(26)，用于调节功率变换。控制设备(28)包括：计时器(45)，用于监视开关(26)的切换频率以指示频率下降到某个水平的的时间；门控驱动电路(32)，它连接到计时器并且安排成可根据来自计时器的指示调节开关的切换，从而可将频率升高到所说的某个水平之上以减小可听噪声的产生。



1. 一种控制设备(28、28'), 用于切换功率变换器(10)以减少可听噪声, 功率变换器包括至少一个用于调节功率变换的第一开关(26), 控制设备包括:

监视装置(45), 用于监视第一开关(26)的切换频率, 以指示切换频率下降到某个水平的时间; 和

调节装置(32), 用于根据监视装置(45)的监视结果调节第一开关(26)的切换, 从而使所说的频率高于所说的某个水平以减少可听噪声的产生。

2. 根据权利要求1所述的控制设备, 其中: 设置调节装置(32), 使调节装置(32)在从监视装置(45)接收到一个指示时能直接导通所说的第一开关(26)。

3. 根据权利要求1所述的控制设备, 其中: 设置调节装置(32), 使调节装置(32)在从监视装置(45)接收到一个指示时能限制第一开关(26)的导通时间。

4. 根据权利要求3所述的控制设备, 其中: 设置调节装置(32), 使调节装置(32)通过直接 PWM 控制来限制第一开关(26)的导通时间。

5. 根据权利要求3所述的控制设备, 其中: 设置调节装置(32), 使调节装置(32)通过限制流过第一开关(26)的峰值电流来限制第一开关(26)的导通时间。

6. 根据权利要求5所述的控制设备, 进一步还包括一个第二开关(54)和比较装置(52), 比较装置将与流过第一开关(26)的电流对应的电压与使第一开关(26)导通和截止的基准电压进行比较, 其中: 设置调节装置(32), 使调节装置(32)在从监视装置(45)接收到一个指示时接通第二开关(54), 用于为对应于流过第一开关(26)的电流的电压增加一个电压, 从而可以限制流过第一开关(26)的峰值电流。

7. 根据权利要求6所述的控制设备, 进一步还包括一个电流源(56),

电流源(56)连接到第二开关(54),第二开关(54)连接到电容器(48),电容器连接到比较装置(52)和连接到第一开关(26)的源极,用于检测流过第一开关(26)的电流的检测电阻器(44)连接到第一开关(26)的源极,其中增加的电压由电容器(48)两端的电压和检测电阻器(44)两端的电压构成。

8. 根据权利要求6所述的控制设备,其中设置调节装置(32),使其在监视装置(45)还没有产生下次接通第一开关(26)的指示的条件下切断第二开关(54)。

9. 一种开关式功率变换器,包括:

功率变换装置(14);

至少一个开关(26),用于调节功率变换装置(14);

监视装置(45),用于监视开关(26)的切换频率,以指示切换频率下降到某个水平的时间;和

调节装置(32),用于根据监视装置(45)的监视结果调节开关(26)的切换,从而使所说的频率高于所说的某个水平以减少在该变换器中可听噪声的产生。

10. 在功率变换器中控制至少一个开关(26)的方法,该方法包括如下步骤:

监视(45)开关(26)的切换频率;

控制(32)开关(26)以使切换频率保持高于产生可听噪声的某个水平。

减少可听噪声的控制设备、开关式功率变换器及其方法

技术领域

本发明涉及一种用于降低可听噪声的控制设备，一种包括这样的控制设备的功率变换器，以及一种控制功率变换器的方法，例如用于TV、VCR、打印机、计算机等的准共振开关模式功率变换器。

背景技术

在许多开关模式功率变换器中，最低频率并没有限制在 20 千赫兹以下，例如，像在准共振变换器中那样。这就是说，变换器可能产生可听见的噪声，这是不可接受的，并且可由人的耳朵感觉到。在某些变换器中，像在回扫变换器中，当变换器短路、启动、或断开时，就可能发生这种情况。当以高功率电平驱动准共振功率变换器时，用于切换变换器的频率越来越低。当通过开关的电流变高时切换频率进一步降低，所说的开关通常是用某种类型的晶体管电路实现的，像 FET 晶体管。因此，对于现在的变换器来说，存在一个问题。

US-6011361 描述了一种补偿式变换器 (buck converter)，用于点火和操作高压放电灯。这里，可以对切换变换器的晶体管的最大断开时间进行设置以便避免低于 20 千赫兹的操作。在该专利文献中，没有对频率进行监视或直接限制，只设置了断开时间限制。不管切换频率高、低，一直都要设置这些限制。断开时间的上限为 36 微秒，下限为 5 微秒。对于可听噪声而言，如果达到断开时间的时间限制，这个开关就要接通。如果要这种装置能在降低噪声的情况下工作，负载和输入电压都必须已知。由于安排的电路用于驱动灯，灯的负载是已知的，所以在这个环境下的灯工作状态良好。但是对于降低噪声的电源，这种灯的工作状态不好，因为一个电源必须能够配几种不同类型的负载，并且只在实际的频率很低时以及变换器不是在正常工作时，才对开关周期进行限制。这篇文献没有描述不连续导通模式下对于晶体管中峰值电流的限制。

发明内容

本发明涉及在功率变换器中降低可听噪声的问题，可听噪声例如

可能发生在变换器启动、短路、功率过大时，或者发生在断开变换器的时候。

通过控制功率变换器的方法来解决所述的问题，功率变换器包括至少一个开关，监视第一开关的切换频率并且对于第一开关进行控制，以使这个频率保持在大于产生可听噪声的某一水平。

至于本发明的优选实施例，可以实现一种变换器，这个变换器要求在控制设备中有几个额外的部件，借此来保持控制设备和变换器的成本很低。从以下的描述可知，本发明的附加优点是明显的。

根据本发明的一方面，提供一种控制设备，用于切换功率变换器以减少可听噪声，功率变换器包括至少一个用于调节功率变换的第一开关，控制设备包括：监视装置，用于监视第一开关的切换频率，以指示切换频率下降到某个水平的时间；和调节装置，用于根据监视装置的监视结果调节第一开关的切换，从而使所说的频率高于所说的某个水平以减少可听噪声的产生。

根据本发明的另一方面，提供一种开关式功率变换器，包括：功率变换装置；至少一个开关，用于调节功率变换装置；监视装置，用于监视开关的切换频率，以指示切换频率下降到某个水平的时间；和调节装置，用于根据监视装置的监视结果调节开关的切换，从而使所说的频率高于所说的某个水平以减少在该变换器中可听噪声的产生。

根据本发明的另一方面，提供在功率变换器中控制至少一个开关的方法，该方法包括如下步骤：监视开关的切换频率；控制开关以使切换频率保持高于产生可听噪声的某个水平。

附图说明

图 1 是按照本发明的优选实施例的回扫变换器的示意图；

图 2 表示按照本发明的优选实施例的回扫变换器的控制器；

图 3 是表示在图 1 的变换器的操作的几个周期期间的各个电流和电压的曲线图；

图 4 是表示在图 1 的变换器的操作的另外几个周期期间的各个电流和电压的曲线图；

图 5 表示按照本发明的另一个实施例的回扫变换器的示意图。

具体实施方式

下面参照用于 DC/DC 变换的回扫变换器描述本发明。然而，本发明决不只是限于这样的变换器或者只是限于 DC/DC 变换，本发明可以用任何类型的变换器实现。例如像补偿式、升压式、或者补偿-升压式。所说的变换可以是类似的其它类型的变换，如 AC/DC、DC/AC、或 AC/AC。

图 1 表示作为一个电源工作的按照本发明的一个回扫变换器 10。所示的变换器是使用电流模式控制的变换器。在这个变换器中，输入电压源 12 的电压为 V_{in} ，输入电压源 12 连接在地和以变压器 14 形式的功率变换装置的初级绕组 16 的第一端之间。初级绕组 16 的第二端连接到第一晶体管或第一开关 26 的漏极，该晶体管最好是 FET 晶体管。第一晶体管 26 的栅极连接到控制装置或控制器 28 的驱动器输出 40。晶体管 26 的源极连接到检测电阻器 44，检测电阻器 44 又连接

到地。在晶体管 26 的源极和检测电阻器 44 之间的连接点经过包括电阻器 46 和电容器 48 的并联电路连接到控制器 28 的检测输入端 43。控制器 28 有一个接地端 42，该接地端 42 连接到地，用于使构成控制器的不同电路接地。控制器 28 包括加电复位电路 (power-on-reset circuit) 34 和振荡器 36，二者都连接到 PWM 控制器或门控驱动电路 32。门控驱动电路 32 还连接到控制输入端 38 和检测输入端 43。门控驱动电路 32 还连接到 RS 触发器 30 的复位输入端 R 和 RS 触发器 30 的置位输入端 S。RS 触发器有输出端 Q，该输出端 Q 连接到晶体管 26 的栅极。控制器 28 还有一个计时器 45，计时器 45 连接在驱动器输出 40 和门控驱动电路 32 之间。

变压器 14 的次级绕组 18 的第一端连接到二极管 20，二极管 20 又连接到第一电容器 22 和负载 24。负载 24、第一电容器 22、和变压器 14 的次级绕组 18 还连接到地，最好是经过电流隔离 (galvanic isolation) 接地。二极管 20、电容器 22 和负载 24 之间的连接点还连接到控制器 28 的控制输入端 38。连接点最好经过光耦合器连接到控制输入端 38。

图 2 表示按照本发明的优选实施例的控制器 28 的各个部分的电路图。控制器 28 的检测输入端 43 连接到比较装置的第一输入端，所说的比较装置为第一比较器 52 的形式，第一比较器设置在门控驱动电路 32 中。电流源 56 经过第二开关 54 连接到比较器 52 的所说第一输入端。比较器 52 的第二输入端连接到电压源 50。与晶体管 26 相连以形成第一开关的第一比较器 52 的输出还连接到 D 触发器 58 的时钟输入端 dk。第二比较器 57 的输出连接到 D 触发器 58 的 D 输入端。第二比较器 57 具有正输入端和负输入端，正输入端接收来自上述的计时器的信号，负输入端连接到基准电压 V_{ref} 。第二开关 54 由门控驱动电路 32 控制，后面将在本说明书中描述所说的控制的方式。还应该认识到，第二开关、电流源、电压源、D 触发器、和第二比较器也都设置在门控驱动电路中。

图 3 表示的是图 1 和图 2 的回扫变换器的不同电压和电流。在图 3 的上部，表示晶体管 26 的漏极电压 U_d 随时间以及输入电压 V_i 的变化。这个电压的下面表示的是由门控驱动电路 32 为晶体管 26 的切换

向晶体管 26 的栅极产生的驱动电压脉冲 V_{40} 。在驱动脉冲下面表示的是流过晶体管 26 的电流 I_{26} ，在流过晶体管的电流的下面表示的是变换器的输出电流 I_{18} 。在变换器的输出电流 I_{18} 的下面表示的是从计时器 45 向第二比较器 57 提供的电压 V_{45} 以及基准电压电平 V_{ref} 。在从计时器 45 提供的电压 V_{45} 的下面表示的是从第二比较器 57 的输出电压 V_{57} ，在一个电压 V_{57} 的下面是从由 D 触发器向第二开关 54 提供的另一个电压 S_{54} 。图 4 表示与图 3 相同类型的电流和电压，但是负载较大，即较大的输出电流，并且这时的频率变得很低以致于要产生可听噪声。

在正常操作下，即，当频率大于产生可听噪声的水平时，变换器按照已知的方式向负载提供输出电压。还要通过调节通过开关 26 的峰值电流并且检测晶体管 26 的漏极的电压变为最小或变为 0 的时间来使用电流控制按照已知方式对于第一开关 26 进行控制。按照另一种方式，可以检测是否有变压器 14 的初级绕组 16 两端电压的零交叉并且增加一个延迟，这种操作模式称之为临界不连续电源或自动振荡电源（SOPS）模式。通过变换器的输出电压设置要进行切换的峰值电流。从图 3 和图 4 可以看出，功率电平越高，即，当变换器传递更多的电流的时候，频率变得越来越低。进而，当晶体管 26 的导通时间越长，峰值电流变得越来越大，这种情况也降低了频率。第二阶段（stroke）时间，即，电流流过输出级的时间，取决于输入电压 V_{18} 。当输入电压下降时，第二阶段时间增加，所以频率下降。在正常操作中，变换器在高于 20 千赫兹的频率范围内工作。然而，当存在大的负载的时候，例如当变换器在短路、启动、功率过高时，或者当断开变换器时，可能会产生可听噪声，这是绝对不期望的。下面，将更加详细地描述减小这些低频的方法。在“Philips 的半导体”一文的数据页“TEA1507”中，描述了一种典型的控制器，在这里参照引用了这篇文章。

如早些时候提到的，变换器的输出电压 V_{18} 是通过使用控制器 28 控制初级绕组 16 中电流的导通时间进行控制的。这个电流是通过测量检测电阻器 44 上的电压确定的。这个电压加到门控驱动电路 32 上，门控驱动电路 32 响应检测的电流来调节晶体管 26（通常为场效应晶

晶体管, 如 BJT 或 MOSFET) 的导通时间。在优选实施例中, 这是通过比较检测电阻器两端电压与第一比较器 52 中的电压源 50 的电压进行的, 结果产生高的电压电平。然而这个高的电压电平使第一开关 26 导通。当晶体管 26 截止时, 在变压器 14 中的磁场破灭 (collapse), 存储在磁场中的能量转换成次级电路中的电流, 这个电流给第一电容器 22 充电。在初级绕组阶段 (stroke) 漏-源极电压 U_d 约为 0, 在次级绕组阶段 (stroke) $U_d = V_i + nV_{18}$, 这里 n 是初级绕组 16 和次级绕组 18 之间的比例。

在控制器 28 的正常操作期间, 当漏极两端电压接近为 0 的时候, 第一开关 26 导通。这个电压可通过经变压器的初级绕组的中点的检测终端的检测电压来提供。这个电压还可以通过具有额外的检测绕组的变压器来提供, 控制器检测或者通过某个其它合适的装置来检测这个检测绕组。按照在本领域中公知的自动振荡模式控制或临界不连续模式控制, 对于开关 26 进行控制。电压源的电压不必固定, 而是可以根据在控制器 28 的控制输出端接收的测量的输入电压有所变化。所有这些都是变换器的标准电流控制。

如果时间太长, 即, 频率达到设定的水平, 如产生可听噪声的 20 千赫兹, 计时器 45 向门控驱动电路 32 发送一个信号, 以便调节第一开关 26。门控驱动电路 32 然后控制第一开关 26, 使这个频率再次增加。

如早些时候描述的, 控制单元 28 的计时器 45 监视第一开关 26 的频率。为此, 它要计数从开关 26 最后一次导通开始的时间。如果这个时间达到了对应于选定频率 (在优选实施例中为 20 千赫兹) 的设定时间限制, 即用于产生可听噪声的时间限制 (即这个时间是 50 微秒), 则要向门控驱动电路 给出一个指示。为此要通过计时器 45 向第二比较器 57 提供一个随时间不断增加的电压。如果这个电压大于基准电压 V_{ref} , 第二比较器 57 就向 D 触发器 58 提供高电压电平。这里将基准电压设置成当达到对应于设定频率的周期的时间时通过来自计时器的电压可达到的电压电平 V_{ref} 。然后, D 触发器 58 在下一次得到时钟脉冲时将它的输出端 Q 设置成高电压电平。然后, 在与第一开关 26 导通的同时, 门控驱动电路闭合第二开关 54。这通过以下的事

实完成：正在驱动第一开关 26 的第一比较器 52 的输出也用作 D 触发器 58 的时钟信号，D 触发器 58 随后时钟输出导通第二开关的高电压电平。这使电流源 56 开始加载电容器 48。在这样作时，电容器 43 两端的电压就加到检测电阻器 44 两端的电压上，这导致比较器 52 以较低的电流水平切断第一开关 26。在这样作时，第一开关 26 的频率得以提高。当第一开关 26 截止时，第二开关 54 保持导通。一旦第一开关 26 导通，计时器 45 马上复位，并且再次开始计数。如果低频问题占据主导地位，计时器将产生另一个指示，它将保持第二开关 54 导通。然而，如果频率达到高于所说的设定水平，计时器 45 的输出将不会达到电压电平 V_{ref} ，并且第二比较器 57 将产生将要提供给 D 触发器 58 的一个低电压。下一次 D 触发器 58 通过导通第一开关 26 得到时钟脉冲时，D 触发器的 Q 输出端变低，使第二开关 54 截止。电阻器 46 用于给电容器 48 卸载。

利用优选实施例，明显降低了产生噪声的频率。描述的例子是针对电流控制的。所述的优选实施例是成本有效的方法。电阻器 46 和电容器 48 已经存在在许多系统中，用于变换器的软启动。这就意味着，由于不需要额外的元部件，所以本发明是廉价的。为了减小成本，重要的是要保持在变换器中的元部件的数目最少，这也是众所周知的事实。由于电阻器 46 和电容器 48 都不在控制器里，因此对它们的选择是随心所欲的，从而使本发明的可操作性良好。这在确定峰值电流限制的速度时可有很大的灵活性。已经对这个优选实施例进行了测试，得到了良好的效果。

本发明还可能使用电压控制来实施。在图 5 中表示的是电压控制的变换器。图 5 有许多地方与图 1 类似。其差别在于，在图 5 的变换器中，控制器没有检测输入端 43，并且没有检测电阻器 44 或并联电路 46、48。其余部分相同，在这里不作进一步的描述。在这种情况下，第一开关 26 的导通时间通过直接 PWM 控制进行限制。这里，导通时间由输入电压控制。在这里，提高相对于基准电压的电压也能提供导通时间限制。低频率的指示在这里也是使用连接到计时器的比较器提供的。然而，在许多情况下，电流控制优于电压控制，这是因为前者的控制更加直接和更加快速的缘故。

尽管上述按照本发明控制第一开关的导通时间,但还有一种情况存在,即,频率低于20千赫兹。第一开关26具有最小的导通时间,即最小的可能导通的时间。如果由门控驱动电路32设定的导通时间限制小于这个最小的导通时间,则第一开关26不可能低于这个限制。在这种情况下,频率可能低于这个设定的限值。然而,在这种情况下,不可能听见噪声,因为这时的系统中的峰值电流也是低的。

本发明还有一个可替换实施例,即,一旦接收到指示,第一开关26直接导通。门控驱动电路32一旦从计时器接收到指示,门控驱动电路立即导通第一开关26。按照优选实施例的教导,这可能由合适的逻辑电路来实施。然后,变换器进入连续导通模式,这就直接地限制了频率。然而,这个实施例还存在一个问题,即,在输出侧的二极管20可能过热。

为了解决这个问题,本发明的第二实施例可以与上述的实施例之一组合,即,当频率变为设定频率或低于设定频率同时开关的导通时间也是由电流控制或电压控制限制时,第一开关26自动接通。这样就减小了二极管20的温度。

最后,描述按照本发明控制变换器的方法。在所述的方法中,描述通过电流控制来限制第一开关26的导通时间的方法,其中首先调节第一开关26,然后再调节第二开关54。这个方法进一步地可按照硬件形式来实施。

当变换器导通时,控制第一开关的方法开始。在此之后,这个开关导通。然后,在所加的电压(即在电容器48和检测电阻器44上的电压)和 V_{50} 之间进行比较。如果所加的电压大于电压 V_{50} ,第一开关截止。否则,再次进行比较。应当说明的是,如果没有低频率,电容器48的电压是0,比较只在检测电阻器44两端电压和 V_{50} 之间进行,这是正常的操作模式。在此之后,检查是否存在导通第一开关26的信号。在优选实施例中,这是由以下的事实指示的:变压器的初级绕组两端的电压发生零交叉。如果不存在这样的指示,进行新的检测(investigation)。然而,如果存在这样的指示,开关26再次导通,只要变换器导通,该方法就如以上所述地继续进行。

控制第二开关54的方法类似地当变换器导通时开始。然后,检查

是否存在用于导通第一开关 26 的门控驱动信号的上升沿。如果存在这样的信号, 计时器 45 通过检查频率开始进行操作; 如果不存在这样的信号, 该方法等待新的上升沿。在此之后, 该方法继续检查第一开关 26 的频率。如果频率保持在大于某个设定水平或者不低于某个设定水平, 第二开关 54 在先前是导通的条件现在变为断开, 并且再次检查是否存在门控驱动信号的上升沿。然而, 如果频率低于这个水平, 在优选实施例中的这个水平是 20 千赫兹, 结果产生一个指示。然后, 第二开关 54 在还没有导通的条件下变为导通。通过导通第二开关 54, 电容器 48 加载, 电容器 48 的电压增加到检测电阻器 44 两端的电压, 用于调节第一开关 26 的比较步骤。在此之后, 恢复门控驱动信号的上升沿的检查。然后, 该方法如以上所述继续进行。

如果本发明与进入连续导通模式和在指示之后导通第一开关的过程结合起来, 就可以为导通第二开关 54 的步骤产生导通第一开关 26 的信号。如果本发明只用于使变换器进入连续导通模式, 则可省去使第二开关 54 截止和导通的步骤, 在调节第一开关 26 的比较步骤中不增加任何电压, 即只比较检测电阻器两端电压与 V_{50} 。

这种方法的优选实施例可总结如下。在功率变换器控制至少一个第一开关的方法包括如下步骤: 监视第一开关的切换频率, 和对于第一开关进行控制, 以使这个频率保持在大于产生可听噪声的某个水平。优选地, 这样一种方法还包括下一个步骤: 指示所说的频率落入所说的水平的水平的时间。优选地, 所说的控制步骤还包括如下步骤: 在指示之后自动导通第一开关。优选地, 所说的控制步骤还包括如下步骤: 限制第一开关的导通时间。优选地, 导通时间通过直接 PWM 控制进行限制。优选地, 导通时间通过限制流过第一开关的峰值电流进行限制。优选地, 所说的控制步骤还包括如下步骤: 将一个电压增加到检测电阻器的电压上, 使得通过第一开关的电流也流过的检测电阻器, 并且比较增加的电压与一个基准电压, 以便切断第一开关。优选地, 增加电压是通过给电容器加载一个来自电流源的电流实现的。优选地, 电流的加载是在所说指示时开始的。

因此, 利用本发明, 降低了来自变换器的可听噪声。当存在意外的操作环境时, 如过功率、短路、启动、或断开变换器时, 本发明都

能正常地工作。已经介绍了在功率变换器中降低可听噪声的一种简单、廉价、和有效的方式。应当说明的是，上述的实施例说明了本发明，而不是限制本发明，在不偏离所附的权利要求书的范围的情况下，本领域的普通技术人员能够设计出许多可替换的实施例。在权利要求书中，在括号中的任何标号都不被认为是权利要求的限制。术语“包括”并不排除在权利要求中列出的元件或步骤以外的元件或步骤的存在。在元件之前的词“一个”并不排除存在多个这样的元件。本发明可以借助于包括几个不同的元件的硬件来实现，并且可借助于经过适当编程的处理器来实现。在列举几个装置的设备权利要求中，几个这样的装置可以用一个和相同类的硬件来实现。在相互不同的从属权利要求中列出了某些措施的事实并不表明不能利用这些措施的组合来获得好处。

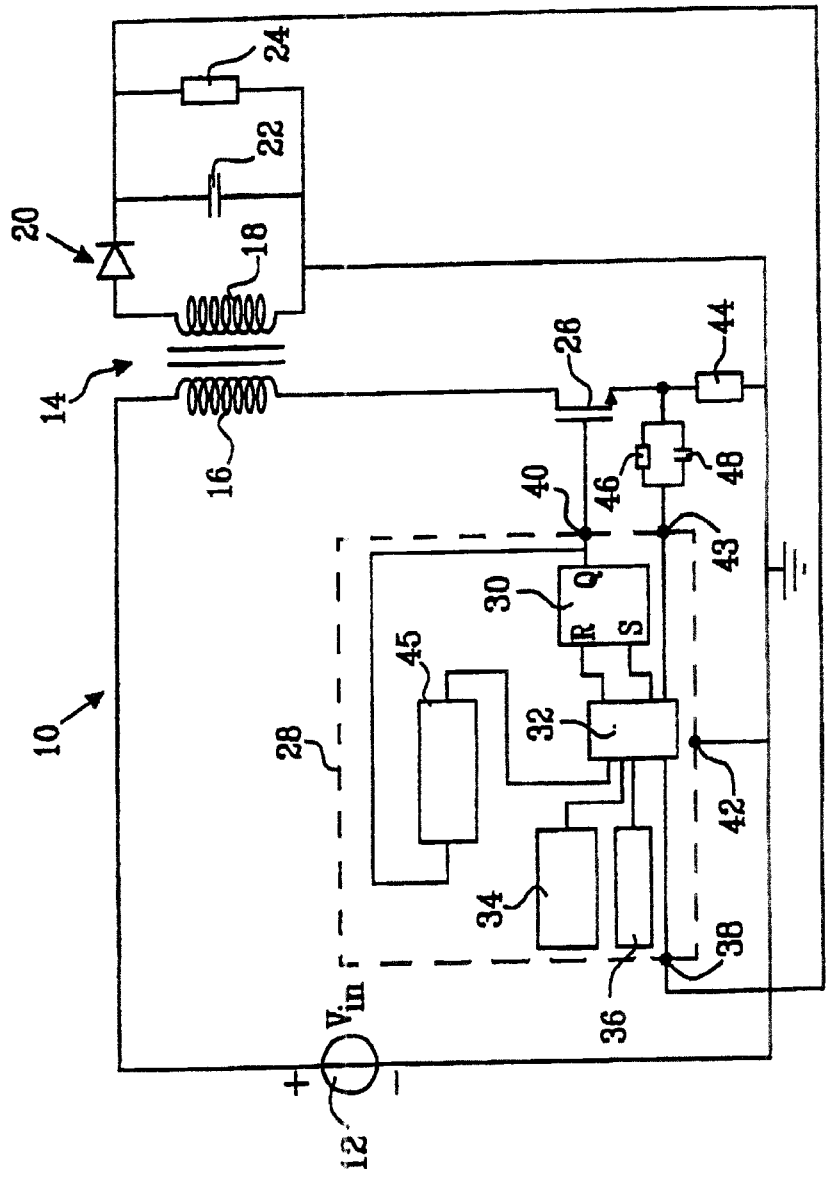


图 1

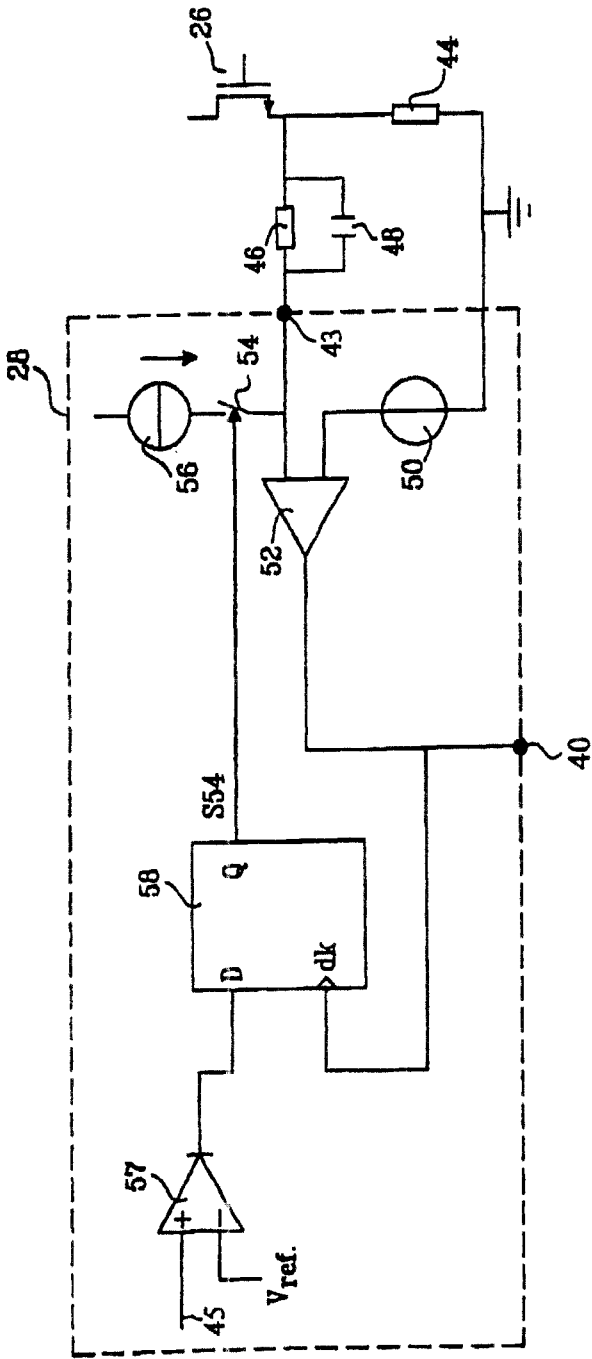


图 2

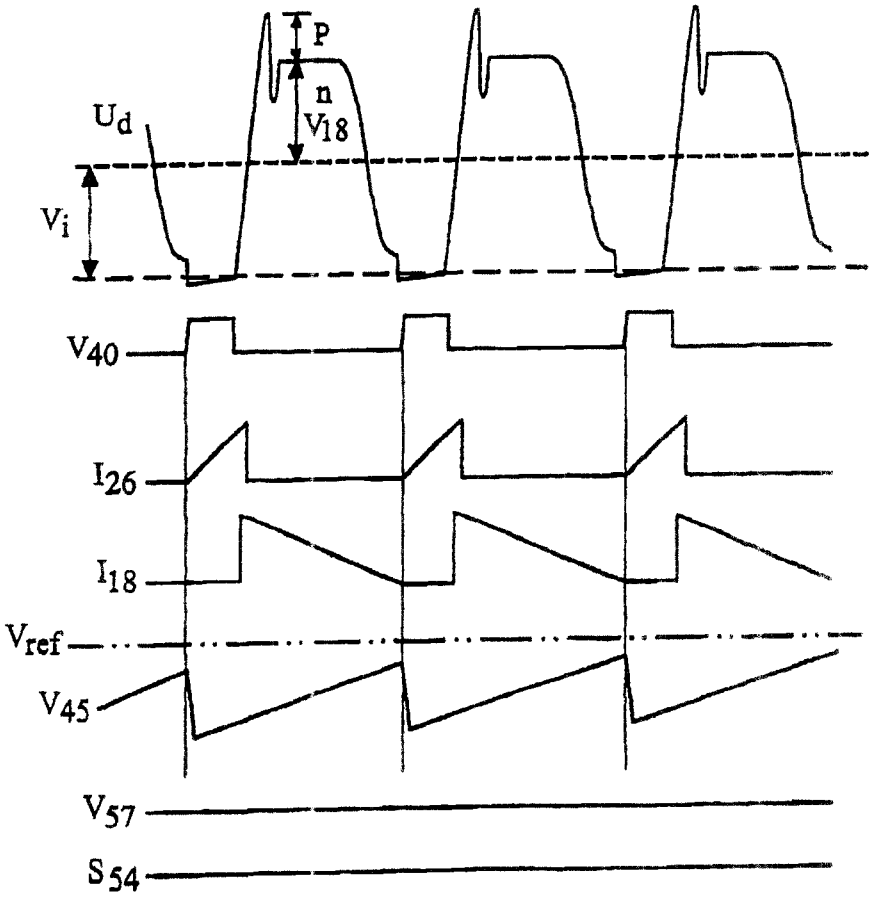


图 3

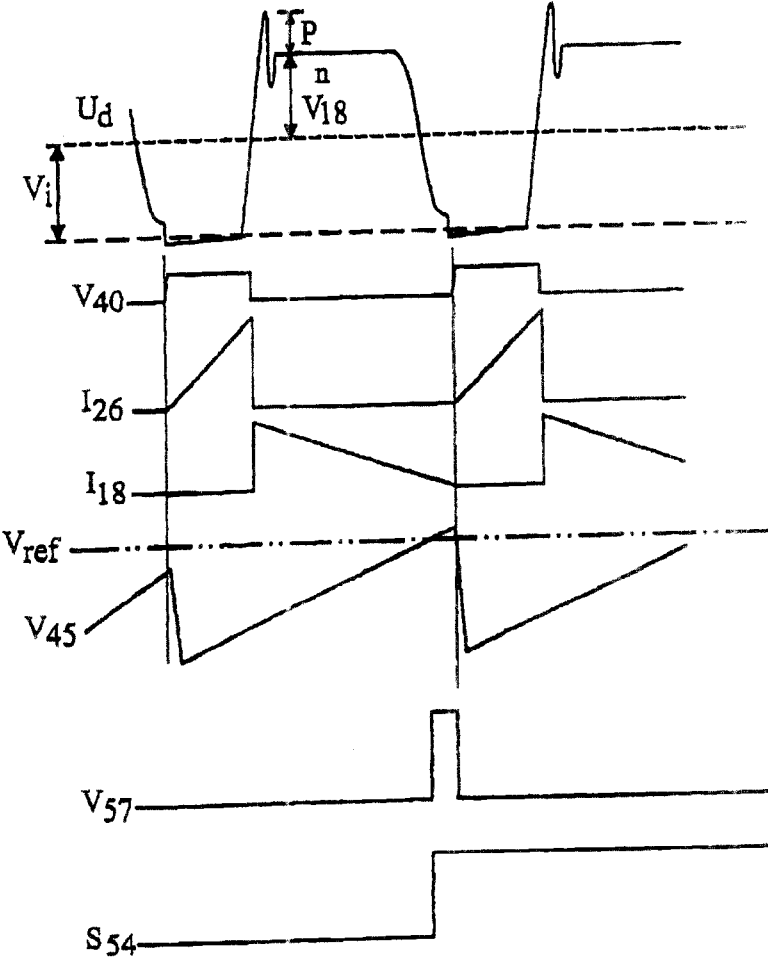
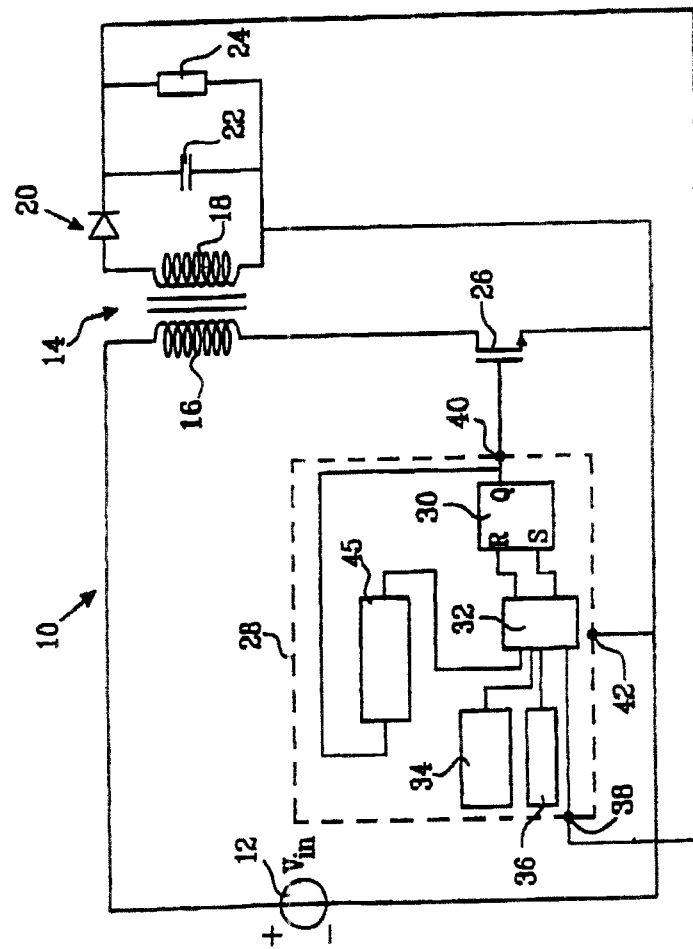


图 4



5