



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110474545 A

(43)申请公布日 2019.11.19

(21)申请号 201810441576.X

(22)申请日 2018.05.10

(71)申请人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市咸宁西路28号

(72)发明人 杨爱军 吕品雷 王小华 荣命哲
马静

(74)专利代理机构 北京中济纬天专利代理有限公司 11429

代理人 覃婧婵

(51) Int. Cl.

H02M 7/217(2006.01)

H02M 5/293(2006.01)

H02N 1/04(2006.01)

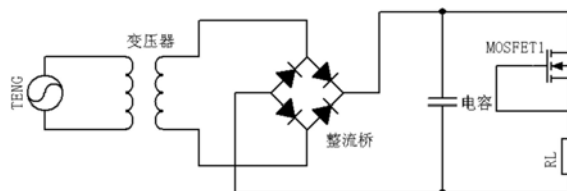
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

摩擦纳米发电机的直流输出控制系统和交流输出控制系统

(57)摘要

本发明公开了一种摩擦纳米发电机的直流输出控制系统,系统包括电压电流调节模块、整流模块、脉冲信号转换模块。其中,电压电流调节模块包括一变压器,用于调节摩擦纳米发电机的输出电压和输出电流。整流模块由四个二极管组成的整流桥构成,能够将摩擦纳米发电机输出的交流信号整流为直流信号。脉冲信号转换模块包括一MOS管,用于将整流模块持续输出的直流信号转换为瞬时大电流脉冲信号。此外,本发明还提供了一种摩擦纳米发电机的交流输出控制系统。本发明能够将摩擦纳米发电机的输出信号转换为脉冲放电输出,并且能降低摩擦纳米发电机的输出阻抗,从而达到在低负载情况下具有更高输出效率和输出功率的目的。



1. 一种摩擦纳米发电机的直流输出控制系统,所述系统包括:
整流模块:用于将摩擦纳米发电机输出的交流信号整流为直流信号;
脉冲信号转换模块:用于将整流模块持续输出的直流信号转换为瞬时大电流脉冲信号。
2. 根据权利要求1所述的直流输出控制系统,其特征在于,优选的,所述系统还包括:
电压电流调节模块:用于调节摩擦纳米发电机的输出电压和输出电流,并降低摩擦纳米发电机的输出阻抗;
所述电压电流调节模块的输入端连接摩擦纳米发电机的输出端,所述整流模块连接电压电流调节模块,所述电压电流调节模块的输出端连接脉冲信号转换模块。
3. 根据权利要求2所述的直流输出控制系统,其特征在于,
所述脉冲信号转换模块包括一MOS管,所述MOS管的栅电极与源电极连接,所述MOS管的源电极与漏电极分别连接电压电流调节模块的两个输出端。
4. 根据权利要求2所述的直流输出控制系统,其特征在于,
所述电压电流调节模块包括一变压器和一储能电路,所述变压器的输入端连接所述摩擦纳米发电机的输出端,用于降低摩擦纳米发电机的输出电压,并提高摩擦纳米发电机的输出电流;
所述储能电路并联连接所述整流模块的输出端,用于降低摩擦纳米发电机的输出阻抗;
所述储能电路采用储能电容,所述储能电容为两只并联连接的电容或一只超级电容。
5. 根据权利要求1至4任一所述的直流输出控制系统,其特征在于,
所述系统还包括能量收集模块,用于对所述脉冲信号转换模块输出的大电流脉冲信号进行能量收集。
6. 一种摩擦纳米发电机的交流输出控制系统,所述系统包括:
脉冲信号转换模块:用于将摩擦纳米发电机持续输出的交流信号转换为瞬时大电流脉冲信号。
7. 根据权利要求6所述的交流输出控制系统,其特征在于,所述系统还包括:电压电流调节模块:用于调节摩擦纳米发电机的输出电压和输出电流,并降低摩擦纳米发电机的输出阻抗;
所述电压电流调节模块的输入端连接摩擦纳米发电机的输出端,所述电压电流调节模块的输出端连接脉冲信号转换模块。
8. 根据权利要求7所述的交流输出控制系统,其特征在于,
所述脉冲信号转换模块包括第一MOS管和第二MOS管,所述第一MOS管的栅电极与源电极连接,所述第二MOS管的栅电极与源电极连接,所述第一MOS管的漏电极与第二MOS管的源电极连接并引出第一接线端,所述第一MOS管的源电极与第二MOS管的漏电极连接并引出第二接线端;通过第一接线端和第二接线端,将所述脉冲信号转换模块与电压电流调节模块相串联。
9. 根据权利要求7所述的交流输出控制系统,其特征在于,
所述电压电流调节模块包括一变压器和一储能电路,所述变压器的输入端连接所述摩擦纳米发电机的输出端,用于降低摩擦纳米发电机的输出电压,并提高摩擦纳米发电机的

输出电流；

所述储能电路并联连接所述变压器的输出端，用于降低摩擦纳米发电机的输出阻抗；
所述储能电路采用储能电容，所述储能电容为两只并联连接的电容或一只超级电容。

10. 根据权利要求6至9任一所述的交流输出控制系统，其特征在于，

所述系统还包括能量收集模块，用于对所述脉冲信号转换模块输出的大电流脉冲信号进行能量收集。

摩擦纳米发电机的直流输出控制系统和交流输出控制系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于摩擦纳米发电机的输出控制系统,特别涉及一种摩擦纳米发电机的直流输出控制系统,以及一种摩擦纳米发电机的交流输出控制系统,属于摩擦纳米发电技术领域。

背景技术

[0002] 电子器件的快速发展和广泛应用,为人类的生活带来极大的便利。但是如何在使用过程中为这些电子器件持续性地供电或者定期充电却是一个非常棘手的问题。为了解决这一问题,人们设计出了基于摩擦效应的摩擦纳米发电机(TENG),用于收集生活中常见的微小能量,例如走路产生的振动、微风的吹拂、水的波动等。然而,摩擦纳米发电机的输出具有高电压、低电流、高输出阻抗的特性,且输出信号不稳定,通常需要使用能量控制模块对摩擦纳米发电机的输出进行控制。

[0003] 纳米发电机的输出控制系统有很多种,从最简单的整流桥到复杂的能量控制系统,但是整流桥只能简单的将交流信号转变为直流输出信号,不能对输出电压电流幅值进行调节,特别是针对摩擦纳米发电机的高输出电压、低输出电流、大输出电阻的输出特性无太大的调节作用。然而,已有的能量控制系统基本是基于有源器件的复杂集成电路,在调节摩擦纳米发电机的输出特性的同时消耗掉了摩擦纳米发电机产生的部分能量,甚至需要外接电源进行供电。

发明内容

[0004] 本发明为解决上述技术问题,并期望提供一种能够有效调节摩擦纳米发电机输出特性的控制系统,从而将摩擦纳米发电机的输出有效利用起来。

[0005] 本发明采用如下技术方案:一种摩擦纳米发电机的直流输出控制系统,所述系统包括:

[0006] 整流模块:用于将摩擦纳米发电机输出的交流信号整流为直流信号;

[0007] 脉冲信号转换模块:用于将整流模块持续输出的直流信号转换为瞬时大电流脉冲信号。

[0008] 进一步的,所述系统还包括:

[0009] 电压电流调节模块:用于调节摩擦纳米发电机的输出电压和输出电流,并降低摩擦纳米发电机的输出阻抗。

[0010] 所述电压电流调节模块的输入端连接摩擦纳米发电机的输出端,所述整流模块连接电压电流调节模块,所述电压电流调节模块的输出端连接脉冲信号转换模块。

[0011] 本发明还提供一种摩擦纳米发电机的交流输出控制系统,所述系统包括:

[0012] 脉冲信号转换模块:用于将摩擦纳米发电机持续输出的交流信号转换为瞬时大电流脉冲信号。

[0013] 进一步的,所述系统还包括:

[0014] 电压电流调节模块：用于调节摩擦纳米发电机的输出电压和输出电流，并降低摩擦纳米发电机的输出阻抗。

[0015] 所述电压电流调节模块的输入端连接摩擦纳米发电机的输出端，所述电压电流调节模块的输出端连接脉冲信号转换模块。

[0016] 本发明采用如上技术方案所带来的有益效果是：本发明采用的输出控制系统能够将摩擦纳米发电机的输出信号转换为脉冲放电输出，并且能降低摩擦纳米发电机的输出阻抗，从而达到在低负载情况下具有更高输出效率和输出功率的目的。

附图说明

[0017] 图1是本发明摩擦纳米发电机的直流输出控制系统整体结构示意图；

[0018] 图2是本发明摩擦纳米发电机的直流输出控制系统电路结构示意图；

[0019] 图3是摩擦纳米发电机的等效电路示意图；

[0020] 图4是本发明摩擦纳米发电机的交流输出控制系统整体结构示意图；

[0021] 图5是本发明摩擦纳米发电机的交流输出控制系统电路结构示意图；

[0022] 图6是本发明摩擦纳米发电机的交流输出控制系统的脉冲信号转换模块结构示意图；

[0023] 图7本发明摩擦纳米发电机的交流输出控制系统输出的单脉冲信号示意图；

[0024] 图8本发明摩擦纳米发电机的交流输出控制系统输出的双脉冲信号示意图。

具体实施方式

[0025] 下面结合附图和实施例对本发明进行详细描述，但不作为对本发明的限定。

[0026] 实施例1

[0027] 本发明公开了一种摩擦纳米发电机的直流输出控制系统，如图1所示，系统包括电压电流调节模块、整流模块、脉冲信号转换模块，所述电压电流调节模块的输入端连接摩擦纳米发电机的输出端，所述整流模块连接电压电流调节模块，所述电压电流调节模块的输出端连接脉冲信号转换模块。

[0028] 电压电流调节模块用于调节摩擦纳米发电机的输出电压和输出电流，并降低摩擦纳米发电机的输出阻抗。

[0029] 整流模块用于将摩擦纳米发电机输出的交流信号整流为直流信号。

[0030] 脉冲信号转换模块：用于将整流模块持续输出的直流信号转换为瞬时大电流脉冲信号。

[0031] 在本实施例中，所述用于摩擦纳米发电机的直流输出控制系统能够满足实际应用中需要特定输入直流脉冲信号功能的设备或将直流脉冲信号以电压略高于电池额定电压的形式往蓄电池中充电，以进行进一步的能量分配。

[0032] 在一个优选实施例中，如图2所示，脉冲信号转换模块包括一MOS管，所述MOS管的栅电极与源电极连接，所述MOS管的源电极与漏电极分别连接电压电流调节模块的两个输出端。

[0033] 在本实施例中，仅利用一个工作在无源状态的增强型MOS管MOSFET1来实现将摩擦纳米发电机输出的持续信号转变为脉冲信号。即MOS管主要是将摩擦纳米发电机的输出电

荷由原来的持续输出转换为电荷经积累后快速释放,从而达到将持续小电流放电过程转换为瞬时大电流的脉冲放电过程。当MOS管的栅电极与源电极短接,即 $V_{GS}=0V$ 时,源电极与漏电极分别连接电压电流调节模块的两个输出端。当摩擦纳米发电机的输出电压低于穿透击穿电压时,MOS管源电极与漏电极处于断开工作状态,电路断开,电荷在MOS管两个电极之间集聚;当摩擦纳米发电机的输出电压高于穿透击穿电压时,MOS管源电极与漏电极处于穿透击穿工作状态,电路导通,电荷快速通过在MOS管形成回路,从而达到将摩擦纳米发电机输出的持续信号转换为脉冲信号的目的。因此,所选MOS管的穿透击穿电压是系统最终的输出电压以及占空比的一个影响因素,此外,所用摩擦纳米发电机的实际输出电压也是一个影响因素。

[0034] 在一个优选实施例中,如图2所示,电压电流调节模块包括一变压器,所述变压器的输入端连接所述摩擦纳米发电机的输出端,用于降低摩擦纳米发电机的输出电压,并提高摩擦纳米发电机的输出电流。

[0035] 进一步的,电压电流调节模块还包括一储能电路,所述储能电路并联连接所述整流模块的输出端,用于降低摩擦纳米发电机的输出阻抗。

[0036] 进一步的,所述储能电路采用储能电容,所述储能电容为两只并联连接的电容或一只超级电容。

[0037] 在本实施例中,变压器将摩擦纳米发电机直接输出的具有高电压低电流高内阻特性的交流信号(能量)进行电压降低、电流提高,并且通过与储能电路(特定的电容,如两只并联的电容或一只超级电容)进行并联,将摩擦纳米发电机的等效内阻抗降低,从而达到降低输出阻抗的目的。如图3所示,摩擦纳米发电机等效为一个电压源与电容串联,由于摩擦纳米发电机的工作特性,使得其输出信号为低频信号, $\omega = 2\pi f$ 较小,此时内阻抗 $Z = \frac{1}{j\omega C}$ 会很大,那么最大输出功率时的匹配负载电阻也会很大($10 \sim 1000M\Omega$),即导致摩擦纳米发电机在低负载情况有效输出功率较低。此外,摩擦纳米发电机还具有高电压($>100V$)低电流($1mA/cm^2$)的输出特性,采取变压器,将输出电压降低的同时提高输出电流。进一步的,在变压器输出端并联一个大电容,既可以实现能量存储的目的(类似于超级电容器)。此外,还可以通过电容并联公式 $C_{并}=C_1+C_2$,即两电容并联的电容值接近更大电容的值,从而降低等效输出阻抗,即最大输出功率时的匹配负载电阻降低,从而达到在低负载情况下具有更高输出效率、输出功率的目的。也就是说,虽然并联电容会损失一部分摩擦纳米发电机的输出能量,但是在低负载情况下,这部分损失的能量小于从摩擦纳米发电机中输出的有效功率的增大值,即等效提高输出效率及功率。

[0038] 在一个优选实施例中,整流模块由四个二极管组成的整流桥构成,用于将摩擦纳米发电机输出的交流信号整流为直流信号。

[0039] 在本实施例中,所选择的二极管具有最大正向电压、最大反向电压均高于变压器输出电压的最大值,且最大正向电流高于变压器输出电流最大值,使得所有二极管均工作在安全状态。即,二极管工作在截止状态时,不会因为输入电压过高而击穿;二极管导通时,不会因为电流电压过大而烧毁。此外,所选择的二极管应具有导通时能量消耗尽可能低的特性。

[0040] 在一个优选实施例中,本发明所述系统还包括能量收集模块,用于对所述脉冲信

号转换模块输出的大电流脉冲信号进行能量收集。本实施例中,能量收集模块采用蓄电池或者超级电容。

[0041] 在上述实施例中,本发明所采用的主要思想是通过工作在无源状态的增强型MOS管将摩擦纳米发电机连续输出的小电流积攒起来,然后快速释放,形成大电流的脉冲信号,从而有效提高输出效率。同时采用一系列方式,降低摩擦纳米发电机输出阻抗过大的问题,从而最终在希望的输出电压下得到一个大电流小输出阻抗的能量源。并且,采用变压器放大电流之后并联大电容的方式,有效降低系统输出阻抗,从而达到在低负载情况下系统具有更高输出效率和输出功率的目的。需要说明的是,在实际电路中,变压器、并联的电容以及MOS管的具体参数应根据实际需要以及摩擦纳米发电机的实际输出情况进行选择,使得最终输出的信号具有在需要输出电压时具有尽可能小的输出电阻,且输出控制系统的能量损耗最低,使得摩擦纳米发电机的输出能量尽可能多的施加到负载端。

[0042] 本发明虽然采用的是无源器件,但当电流通过时仍有能量损耗,即模块越多、器件越多时,对摩擦纳米发电机产生的能量的损耗也就越多,最终输出到负载端的能量更低。因此,针对不同的应用场景,可对系统模块进行增减,去除无用模块,以进一步提高系统的转换效率。

[0043] 实施例2

[0044] 本发明公开了一种摩擦纳米发电机的交流输出控制系统,如图4所示,系统包括电压电流调节模块、脉冲信号转换模块,所述电压电流调节模块的输入端连接摩擦纳米发电机的输出端,所述电压电流调节模块的输出端连接脉冲信号转换模块。

[0045] 电压电流调节模块用于调节摩擦纳米发电机的输出电压和输出电流,并降低摩擦纳米发电机的输出阻抗。

[0046] 脉冲信号转换模块用于将摩擦纳米发电机持续输出的交流信号转换为瞬时大电流脉冲信号。

[0047] 在本实施例中,所述用于摩擦纳米发电机的交流输出控制系统能够满足实际应用中需要特定输入交流脉冲信号功能的设备或将交流脉冲信号以电压略高于电池额定电压的形式往蓄电池中充电,以进行进一步的能量分配。

[0048] 在一个优选实施例中,如图5所示,脉冲信号转换模块包括第一MOS管和第二MOS管,所述第一MOS管的栅电极与源电极连接,所述第二MOS管的栅电极与源电极连接,所述第一MOS管的漏电极与第二MOS管的源电极连接并引出第一接线端,所述第一MOS管的源电极与第二MOS管的漏电极连接并引出第二接线端;通过第一接线端和第二接线端,将所述脉冲信号转换模块与电压电流调节模块相串联。

[0049] 在本实施例中,脉冲信号转换模块包括两个反向并联的MOS管,即第一MOS管MOSFET1和第二MOS管MOSFET2反向并联。将第一MOS管的栅电极与源电极连接,将第二MOS管的栅电极与源电极连接,使MOS管的 $V_{GS}=0V$ 。然后将第一MOS管的漏电极与第二MOS管的源电极连接并引出接线端,将第一MOS管的源电极与第二MOS管的漏电极连接并引出接线端,最后将两接线端与摩擦纳米发电机和负载相串联。选择两个MOS管分别工作在穿通击穿状态,当一个MOS管穿通击穿时,另外一个MOS管正向截止状态,且MOS管的正向截止状态的最大电压高于摩擦纳米发电机的最大输出电压和另外一个MOS管的穿通击穿电压。两个MOS管的穿通击穿电压可以根据实际输出要求进行选择和调节。因此,所选MOS管的穿通击穿电压是最

终的输出电压以及占空比的一个影响因素,此外,所用摩擦纳米发电机的实际输出电压也是一个影响因素。

[0050] 在一个优选实施例中,如图6所示,电压电流调节模块包括一变压器,所述变压器的输入端连接所述摩擦纳米发电机的输出端,用于降低摩擦纳米发电机的输出电压,并提高摩擦纳米发电机的输出电流。

[0051] 进一步的,电压电流调节模块还包括一储能电路,所述储能电路并联连接所述变压器的输出端,用于降低摩擦纳米发电机的输出阻抗。

[0052] 进一步的,所述储能电路采用储能电容,所述储能电容为两只并联连接的电容或一只超级电容。

[0053] 在本实施例中,变压器将摩擦纳米发电机直接输出的具有高电压低电流高内阻特性的交流信号(能量)进行电压降低、电流提高,并且通过与储能电路(特定的电容,如两只并联的电容或一只超级电容)进行并联,将摩擦纳米发电机的等效内阻抗降低,从而达到降低输出阻抗的目的。摩擦纳米发电机等效为一个电压源与电容串联,由于摩擦纳米发电机的工作特性,使得其输出信号为低频信号, $\omega = 2\pi f$ 较小,此时内阻抗 $Z = \frac{1}{j\omega C}$ 会很大,那么最大输出功率时的匹配负载电阻也会很大(10~1000M Ω),即导致摩擦纳米发电机在低负载情况有效输出功率较低。此外,摩擦纳米发电机还具有高电压(>100V)低电流(1mA/cm²)的输出特性,采取变压器,将输出电压降低的同时提高输出电流。进一步的,在变压器输出端并联一个大电容,既可以实现能量存储的目的(类似于超级电容器)。此外,还可以通过电容并联公式 $C_{并} = C_1 + C_2$,即两电容并联的电容值接近更大电容的值,从而降低等效输出阻抗,即最大输出功率时的匹配负载电阻降低,从而达到在低负载情况下具有更高输出效率、输出功率的目的。也就是说,虽然并联电容会损失一部分摩擦纳米发电机的输出能量,但是在低负载情况下,这部分损失的能量小于从摩擦纳米发电机中输出的有效功率的增大值,即等效提高输出效率及功率。

[0054] 在一个优选实施例中,本发明所述系统还包括能量收集模块,用于对所述脉冲信号转换模块输出的大电流脉冲信号进行能量收集。本实施例中,能量收集模块采用蓄电池或者超级电容。

[0055] 在上述实施例中,本发明所采用的主要思想是通过工作在无源状态的增强型MOS管将摩擦纳米发电机连续输出的小电流积攒起来,然后快速释放,形成大电流的脉冲信号,从而有效提高输出效率。同时采用一系列方式,降低摩擦纳米发电机输出阻抗过大的问题,从而最终在希望的输出电压下得到一个大电流小输出阻抗的能量源。并且,采用变压器放大电流之后并联大电容的方式,有效降低系统输出阻抗,从而达到在低负载情况下系统具有更高输出效率和输出功率的目的。需要说明的是,在实际电路中,变压器、并联的电容以及MOS管的具体参数应根据实际需要以及摩擦纳米发电机的实际输出情况进行选择,使得最终输出的信号具有在需要输出电压时具有尽可能小的输出电阻,且输出控制系统的能量损耗最低,使得摩擦纳米发电机的输出能量尽可能多的施加到负载端。

[0056] 本发明虽然采用的是无源器件,但当电流通过时仍有能量损耗,即模块越多、器件越多时,对摩擦纳米发电机产生的能量的损耗也就越多,最终输出到负载端的能量更低。因此,针对不同的应用场景,可对系统模块进行增减,去除无用模块,以进一步提高系统的转

换效率。例如,在本发明中,如图5所示,可仅使用脉冲信号转换模块,以达到直接将摩擦纳米发电机的输出信号转换为脉冲信号的目的,即将连续的小电流积攒起来,然后快速释放,形成大电流的脉冲信号,从而有效提高输出效率。并且,尽可能少的使用电子器件,以求最大限度的减少系统的能量损耗。此外,如图6所示,还可以通过串并联电压电流调节模块,进一步调节输出电阻以及效率等。

[0057] 本发明所述系统最终输出脉冲信号的输出电压及占空比与所选MOS管的穿通击穿电压、摩擦纳米发电机的实际输出有关,如图7、图8所示。

[0058] 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制。尽管参照上述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解,其依然可以对上述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换,而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术所述的精神范围。

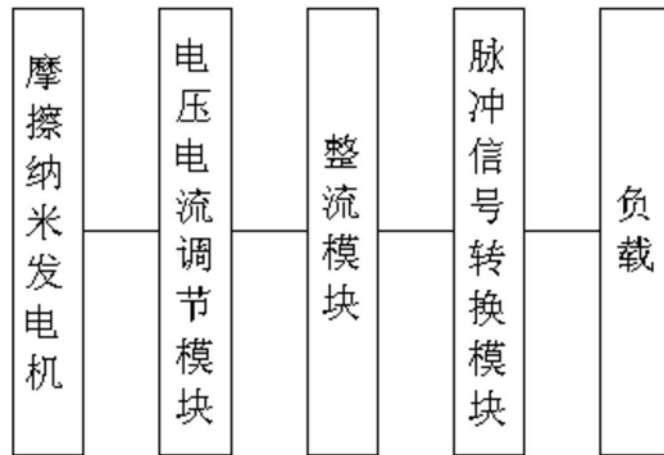


图1

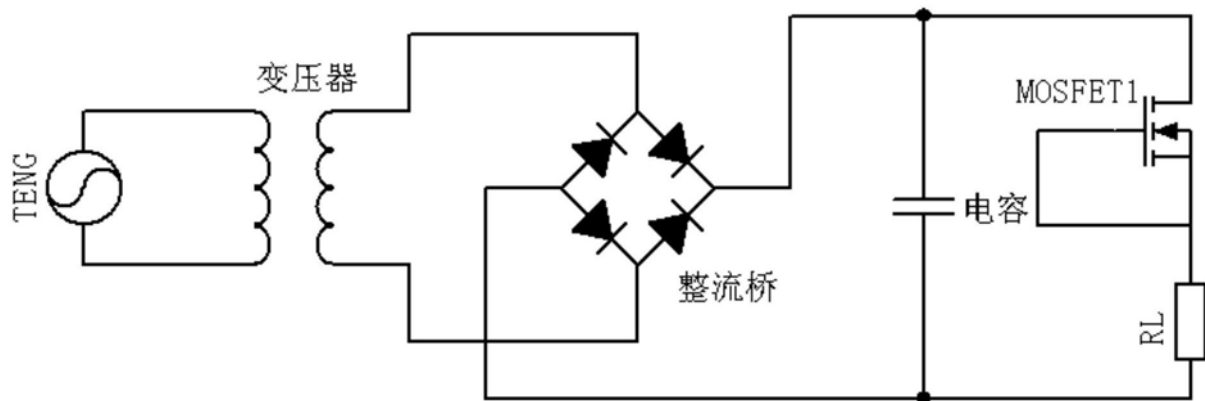


图2

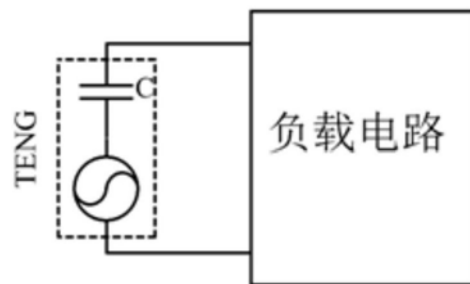


图3

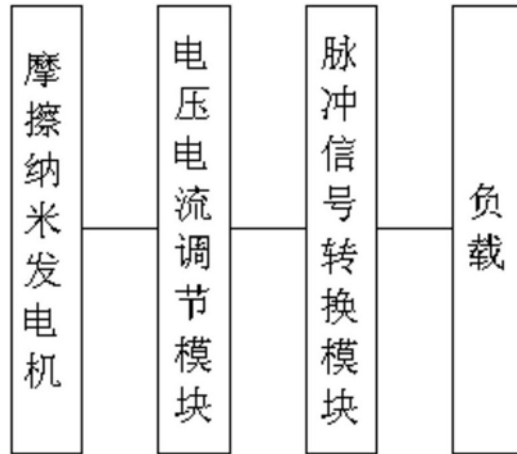


图4

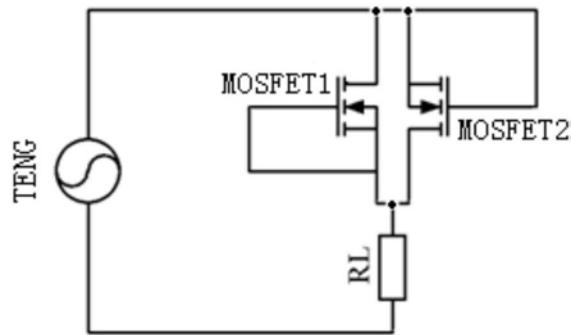


图5

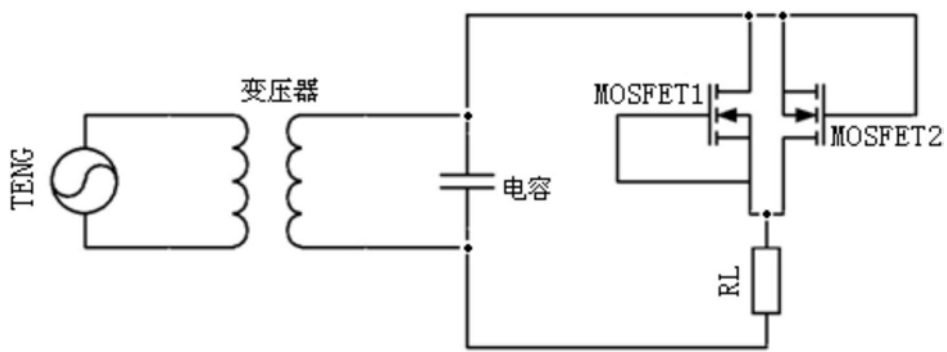


图6



图7

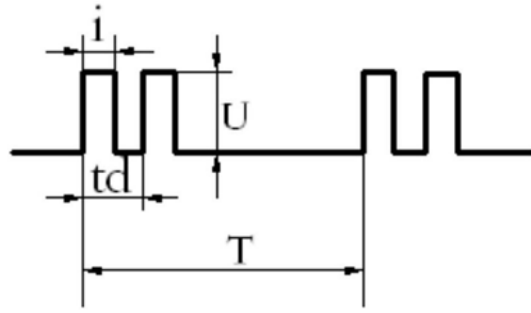


图8