



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107294359 B

(45)授权公告日 2019.08.30

(21)申请号 201710529628.4

(22)申请日 2017.07.02

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107294359 A

(43)申请公布日 2017.10.24

(73)专利权人 中国航空工业集团公司雷华电子技术研究所  
地址 214063 江苏省无锡市梁溪路108号

(72)发明人 房希睿 吴黎明 黄峥嵘

(74)专利代理机构 北京航信高科知识产权代理事务所(普通合伙) 11526  
代理人 高原

(51)Int.Cl.  
H02M 1/00(2007.01)

(56)对比文件

- CN 104821764 A, 2015.08.05,
- CN 2449243 Y, 2001.09.19,
- CN 106410830 A, 2017.02.15,
- CN 104934963 A, 2015.09.23,
- US 2013077362 A1, 2013.03.28,
- CN 201839100 U, 2011.05.18,
- CN 106059376 A, 2016.10.26,

审查员 付文英

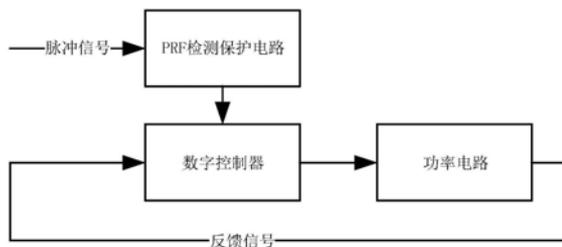
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

基于脉冲信号检测的数字电源稳压修正控制方法

(57)摘要

本发明涉及一种基于脉冲信号检测的数字电源稳压修正控制方法,其包括:首先得到不同模拟负载状态下的电源输出功率与控制量的关系;将多组脉冲信号依次输入到控制系统,得到相应的脉冲负载与控制量的关系;根据电源输出功率与控制量关系及脉冲负载与控制量关系得到不同脉冲负载下控制量的调整范围及控制量标准值;根据所述调整范围及控制量标准值对闭环控制系统运算结果进行修正。本发明的基于脉冲信号检测的数字电源稳压修正控制方法具有以下优点:1)自动测定负载强度;2)根据测定负载状况来补偿控制策略,使电源响应速度快,电压波动小;特别适合用在发射机高压电源或类似的可预知脉冲负载电源中。



1. 一种基于脉冲信号检测的数字电源稳压修正控制方法,其特征在于,包括  
首先得到不同模拟负载状态下的电源输出功率与控制量的关系;  
将多组脉冲信号依次输入到控制系统,得到相应的脉冲负载与控制量的关系;  
根据电源输出功率与控制量关系及脉冲负载与控制量关系得到不同脉冲负载下控制量的调整范围及控制量标准值;  
根据所述调整范围及控制量标注值对闭环控制系统运算结果进行修正。
2. 根据权利要求1所述的基于脉冲信号检测的数字电源稳压修正控制方法,其特征在于,在开环控制系统下得到所述电源输出功率与控制量的关系。
3. 根据权利要求2所述的基于脉冲信号检测的数字电源稳压修正控制方法,其特征在于,得到所述电源输出功率与控制量的关系的过程为将模拟负载的电源输出功率以一定幅度依次增加。
4. 根据权利要求1所述的基于脉冲信号检测的数字电源稳压修正控制方法,其特征在于,控制范围的上限与控制量标准值的差值不小于控制范围的下限与控制量标准值的差值。

## 基于脉冲信号检测的数字电源稳压修正控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于数字电源设计技术领域,尤其涉及一种基于脉冲信号检测的数字电源稳压修正控制方法。

### 背景技术

[0002] 得益于集成电路技术的高速发展,数字电源逐步开始替代模拟电源。相对于模拟电源,数字电源具有适应性强灵活度高、可编程控制算法、高集成度等优点,因此数字电源的控制算法具有很高的提升潜力。

[0003] 对于大多数电源来说,其负载具有很强的未知性,因此其闭环控制算法具有很强的适应性,造成了其缺乏针对性的问题,并不能很好的满足特殊负载下的工作要求。特别是类似于发射机的行波管负载,其工作状态在重载与轻载间高频率更替,并且其自身的特性造成系统闭环控制器只适合采集电压反馈参数,电流参数获取困难或不准确,导致普通的控制算法响应速度不够快的劣势在工作中经常出现,比如在施加辐射初始时电压恢复速度慢,当调节参数照顾到响应速度时,辐射过程中抖动会加剧等,很难照顾到系统的方方面面。因此需要设计了一种修正控制方式来提高响应速度。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种基于脉冲信号检测的数字电源稳压修正控制方法,用于解决行波管负载的控制中,在满足性能的提示,提高电源响应速度、减少电压波动。

[0005] 为达到上述目的,本发明采用的技术方案是:一种基于脉冲信号检测的数字电源稳压修正控制方法,其包括

[0006] 首先得到不同模拟负载状态下的电源输出功率与控制量的关系;

[0007] 将多组脉冲信号依次输入到控制系统,得到相应的脉冲负载与控制量的关系;

[0008] 根据电源输出功率与控制量关系及脉冲负载与控制量关系得到不同脉冲负载下控制量的调整范围及控制量标准值;

[0009] 根据所述调整范围及控制量标注值对闭环控制系统运算结果进行修正。

[0010] 进一步的,在开环控制系统下得到所述电源输出功率与控制量的关系。

[0011] 进一步的,得到所述关系的过程为将模拟负载的电源输出功率以一定幅度依次增加。

[0012] 进一步的,控制范围的上限与控制量标准值的差值不小于控制范围的下限与控制量标准值的差值。

[0013] 本发明还提供了一种基于脉冲信号检测的数字电源稳压修正控制系统,其包括

[0014] 负载模块;

[0015] 脉冲信号发送模块,用于发送脉冲负载信号;

[0016] 功率电路模块,用于为负载提供电源,并输出电源电压反馈信号;

[0017] 数字控制模块,数字控制模块接收脉冲负载信号及电源电压反馈信号,根据脉冲

负载信号及电源电压反馈信号输出控制信号用于控制功率电路模块输出给负载的电源。

[0018] 本发明的基于脉冲信号检测的数字电源稳压修正控制系统电路相对传统闭环控制器主要增加了PRF信号检测电路、数字运算控制电路：

[0019] ①PRF信号检测电路用于采集辐射的脉冲信号，并根据运算器采集引脚的电气特性将其转换至合适的电平，防止损坏运算器；

[0020] ②运算控制电路具有脉冲信号检测功能和较高的运算能力；

[0021] 系统投入工作前，首先在不同强度的脉冲负载工况下，将稳态的控制信号做标定记录，然后将结果写入存储器中。控制器工作时会检测到传递过来的脉冲PRF信号，并在一个负载周期内计算出负载强度，根据之前标定的数据选择对应的控制信号标定结果，直接传送至驱动控制器中，提高系统的响应速度。

[0022] 本发明的基于脉冲信号检测的数字电源稳压修正控制方法具有以下优点：

[0023] 1、自动测定负载强度；

[0024] 2、根据测定负载状况来补偿控制策略，使电源响应速度快，电压波动小；特别适合用在发射机高压电源或类似的可预知脉冲负载电源中。

## 附图说明

[0025] 此处的附图被并入说明书中并构成本说明书的一部分，示出了符合本发明的实施例，并与说明书一起用于解释本发明的原理。

[0026] 图1为本发明一实施例的有修正的控制器原理图。

[0027] 图2为本发明一实施例的控制算法流程图。

[0028] 图3为本发明一实施例的无修正控制算法仿真曲线图。

[0029] 图4为本发明一实施例的有修正控制算法仿真曲线图。

## 具体实施方式

[0030] 为使本发明实施的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行更加详细的描述。

[0031] 本发明的基于脉冲信号检测的数字电源稳压修正控制系统，如图1所示，其包括负载模块；脉冲信号发送模块，用于发送脉冲负载信号；功率电路模块，用于为负载提供电源，并输出电源电压反馈信号；数字控制模块，数字控制模块接收脉冲负载信号及电源电压反馈信号，根据脉冲负载信号及电源电压反馈信号输出控制信号用于控制功率电路模块输出给负载的电源。

[0032] 本发明中基于脉冲信号检测的数字电源稳压修正控制系统的修正控制方法步骤参见图2，包括：

[0033] 首先进行控制系统的开环功率测试，用负载模块模拟行波管负载下，通过数字控制模块调整控制信号使控制系统稳定工作在行波管额定工作值，记录该状态下的控制信号数值；

[0034] 之后发送多种脉冲信号并通过脉冲信号 (PRF, Pulse Recurrence Frequency) 检测电路调整不同频率和占空比的负载，进行多次的测试，最终得到不同频率及占空比下控制系统稳定工作的控制信号对应表，将对应表作为控制量标准值 (标准库) 嵌入到数字控制

器的某存储区域内；

[0035] 然后电源启动工作后,数字控制器检测到PRF触发的中断,然后捕捉其相邻的上升沿信号与下降沿信号间的数值以及相邻的两个上升沿之间的数值,通过计算两值之间的占空比即可得到当前负载的轻重；

[0036] 最后将测得的负载程度与标准库中的对应结果做比较,将标准库中的对应的控制信号赋予驱动数字控制器,数字控制器在此基础上再进行稳压控制。

[0037] 上述控制方式是通过测试PRF信号,对控制系统进行了限制修正的工作。

[0038] 下面以一具体案例进行举例说明,假设行波管工作额定电压10KV,最大工作功率1KW,脉冲工作信号占空比在1%-5% (1%,2%,3%,4%,5%五种工作状态)之间。首先,在开环功率测试,断开功率电路闭环控制回路,使用可调模拟负载替代行波管负载：

[0039] 1) 将模拟负载调整至最小状态下,从零开始逐步提高数字控制器输出的控制量,当输出电压稳定在行波管负载额定工作电压时,记录此状态下控制量的数值；

[0040] 2) 提高可调模拟负载至行波管最大功率的10%,此时功率电路输出电压被拉低,逐步提高数字控制器输出的恒定控制量,当输出电压稳定在行波管额定工作电压时,记录此状态下控制量的数值；

[0041] 3) 重复2中的操作,以行波管最大工作功率的10%为步长,依次提高模拟负载,并逐步提高数字控制器输出的恒定控制量,当输出电压稳定在行波管额定工作电压时,记录相应状态下控制量的数值,直至测试至最大功率。

[0042] 之后进行脉冲信号占空比及对应功率测试,连接功率电路与数字控制器形成闭环控制回路,脉冲信号给定控制系统正常工作状态下时不同的占空比信号,并测定该占空比下控制信号量的数值。

[0043] 将上述两组测试结果统计记录,如下表：

[0044]	占空比	功率 (相对额定)	控制量 (0.0-50.0)
	0	0	4

	-	10%	7
	-	20%	10
	1%	-	10.5
	-	30%	13
	-	40%	17
	2%	-	18
	-	50%	20
[0045]	-	60%	24
	3%	-	26
	-	70%	28
	-	80%	33
	4%	-	33.5
	-	90%	38
	5%	-	43.5
	-	100%	44

[0046] 通过上述步骤可以得到控制量与占空比大致的对应关系及趋势,将行波管每种工作状态对应的控制量范围做近似估测,得到控制量标准库数据,如下:

	占空比	控制量范围	控制量标准值
	1%	10-11.5	10.5
	2%	17-19	18
[0047]	3%	25-27.5	26
	4%	32.5-35	33.5
	5%	42.5-46	43.5

[0048] 以占空比为1%时为例,其控制量范围确定如下:闭环测试下,当控制系统负载的占空比为1%时,控制量信号稳定在10.5左右,现实情况下控制系统会受到外界环境条件的影响,提高或者降低电源的性能,这时要通过实际经验与实验来确定外界环境对系统的影响程度,再根据开环测试得到的控制量与输出功率对应关系,来确定控制量范围。例如近似认为20%-30%这段控制量与输出功率为线性关系,那么控制量达到11.5时,输出功率已经可以到25%的额定功率,预留出的控制余量足矣应对各种外界环境对系统造成的功率衰减。标准实验室环境下通常位于控制系统较为适宜的工作环境,即效率较高的工作环境,因此其控制范围下限通常比较接近控制量的标准值,不宜偏离过大,留出过多的余量,因此控

制范围的上限与控制量标准值的差值不小于控制范围的下限与控制量标准值的差值,如占空比为4%,控制量范围上限与标准值的差值为(35-33.5)不小于控制量范围下限与标准值的差值为(32.5-33.5)。

[0049] 在将上述控制量标准值嵌入到数字控制器控制算法中,当数字控制器检测到脉冲信号时,数字控制器会计算出当前脉冲信号的占空比,并找到对应的控制量标准值,将其输出至功率电路,然后进入至闭环稳压控制算法,当经过控制算法得到的新控制量超过对应的控制量范围时,控制量取控制量范围的边界值。

[0050] 参见图3和图4即分别为未采用本发明的修正控制方法和采用本发明的修正控制方法的仿真图,通过对比附图3与附图4可见,在增加修正控制算法以后,控制系统在第一时间调整至相对合适的控制量输出,而没有增加修正控制算法的附图3中,控制量是通过闭环控制算法逐步增加至相应位置(图3中上图的初始位置),显然响应速度较修正后的偏慢(参见图4上图的初始位置,直接达到控制量);其次,经过修正后的控制算法,其控制量的波动的明显减小,图3中的波形中峰值与峰谷差值明显大于图4,相应的输出电压纹波也减小,当标定结果越精细时,其效果越明显。在图3和图4中,由上至下分别为控制信号、电压、脉冲负载。

[0051] 本发明的基于脉冲信号检测的数字电源稳压修正控制系统电路相对传统闭环控制器主要增加了PRF信号检测电路、数字运算控制电路:

[0052] ①PRF信号检测电路用于采集辐射的脉冲信号,并根据运算器采集引脚的电气特性将其转换至合适的电平,防止损坏运算器;

[0053] ②运算控制电路具有脉冲信号检测功能和较高的运算能力;

[0054] 系统投入工作前,首先在不同强度的脉冲负载工况下,将稳态的控制信号做标定记录,然后将结果写入存储器中。控制器工作时检测到传递过来的脉冲PRF信号,并在一个负载周期内计算出负载强度,根据之前标定的数据选择对应的控制信号标定结果,直接传送至驱动控制器中,提高系统的响应速度。

[0055] 本发明的基于脉冲信号检测的数字电源稳压修正控制方法具有以下优点:

[0056] 1、自动测定负载强度;

[0057] 2、根据测定负载状况来补偿控制策略,使电源响应速度快,电压波动小;特别适合用在发射机高压电源或类似的可预知脉冲负载电源中。

[0058] 以上所述,仅为本发明的最优具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

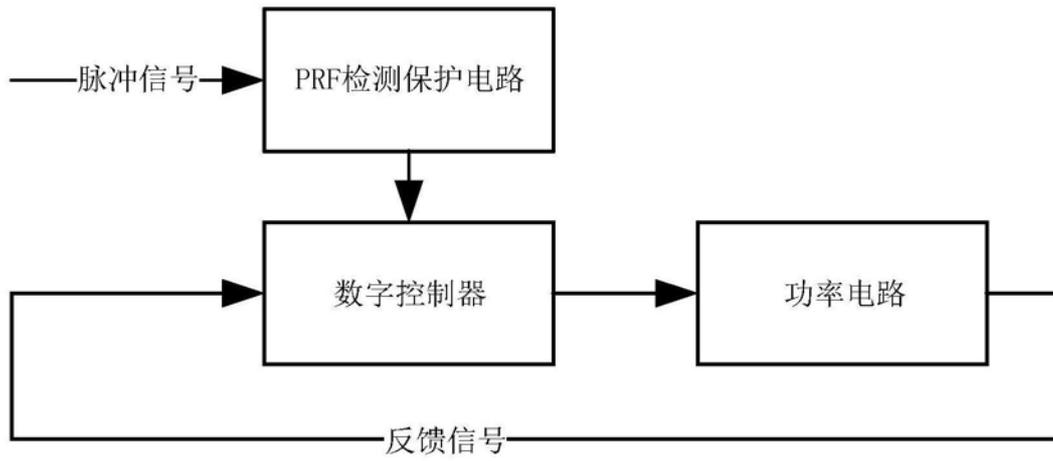


图1

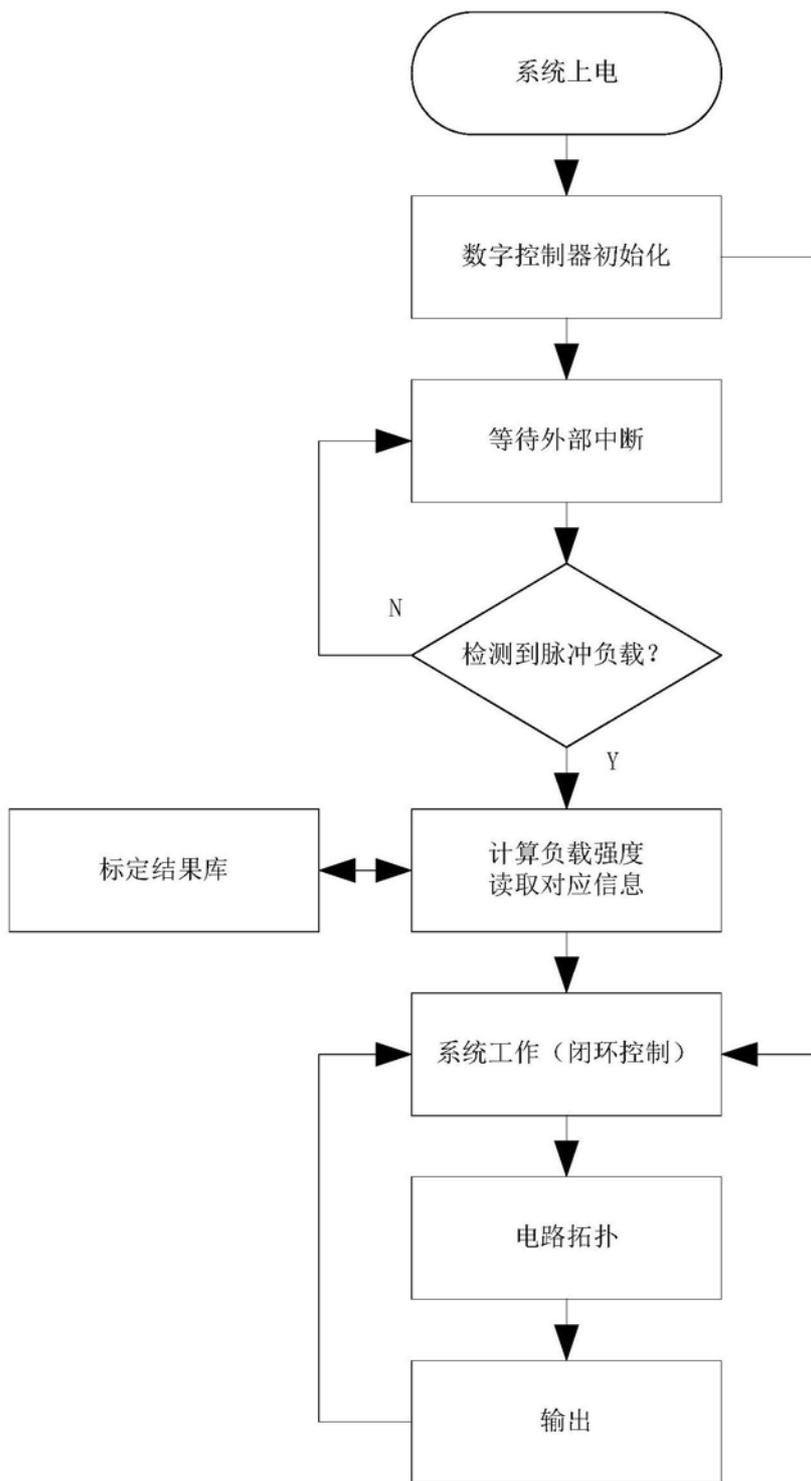


图2

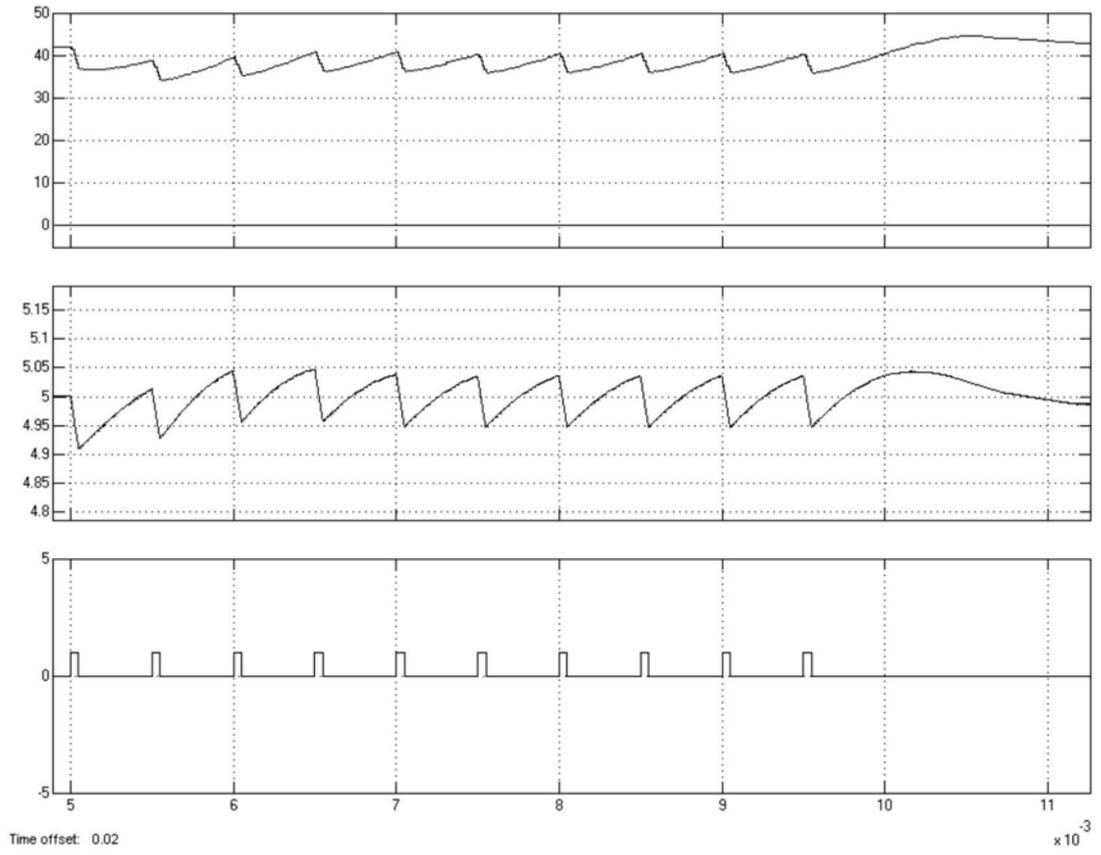


图3

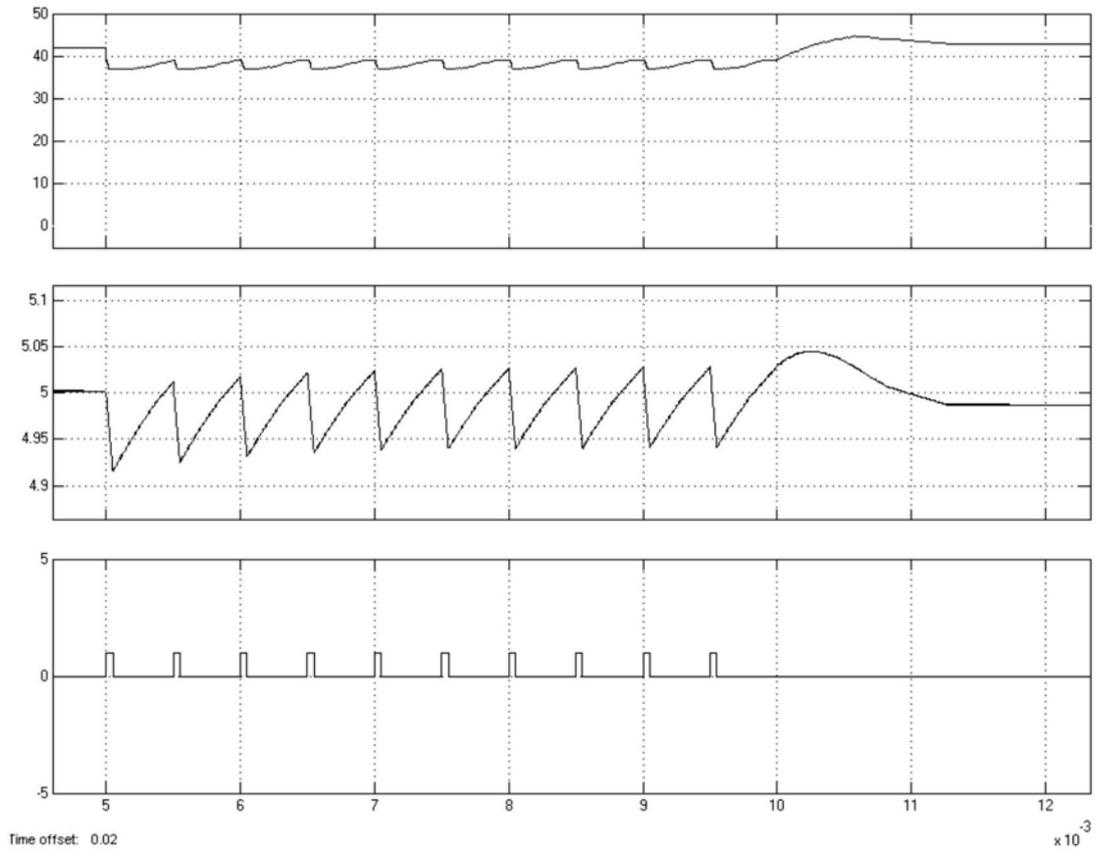


图4