



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410085924.2

[43] 公开日 2005年4月27日

[11] 公开号 CN 1608596A

[22] 申请日 2004.10.25

[21] 申请号 200410085924.2

[30] 优先权

[32] 2003.10.23 [33] DE [31] 10349461.8

[71] 申请人 西门子公司

地址 联邦德国慕尼黑

[72] 发明人 汉斯-于尔根·豪曼

克里斯琴·迈纳特 阿尼姆·罗韦德

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

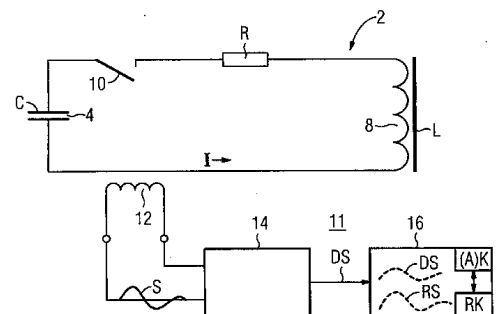
代理人 马莹 邵亚丽

权利要求书2页 说明书9页 附图7页

[54] 发明名称 运行电磁冲击波源的方法和按该方法运行的电磁冲击波源

[57] 摘要

本发明涉及一种用于运行电磁冲击波源(2)的方法以及根据该方法运行的电磁冲击波源(2),其中,通过经线圈(8)对充电电容器(4)放电而产生声冲击波。根据本发明,为了检查该冲击波源(2)的状态在放电期间采集和分析该放电过程。



1. 一种用于运行电磁冲击波源(2)的方法,该冲击波源(2)通过经线圈(8)对充电电容器(4)放电而产生声冲击波,其中,为了检查该冲击波源  
5 (2)的状态,在放电期间采集和分析该放电过程。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,确定所述放电过程的至少一个参数(K)并将该参数(K)与存储的参考值(RK)进行比较。
3. 根据权利要求2所述的方法,其中,根据所述放电过程的至少一个测量的参数(K)推导出所述放电回路的至少一个参数(AK),并且其中,将该  
10 推导的参数(AK)与存储的参考值(RK)进行比较。
4. 根据权利要求2或3所述的方法,其中,作为放电过程的参数(K),确定一个振荡周期的周期持续时间(T)。
5. 根据权利要求4所述的方法,其中,作为推导的参数(AK),确定所述放电回路的电感(L)。
- 15 6. 根据上述权利要求之一所述的方法,其中,作为所述放电过程的参数(K),测量振荡周期的振幅。
7. 根据权利要求6所述的方法,其中,作为所述放电回路的其它推导的参数(AK),确定所述放电回路的电容量(C)和欧姆电阻(R)。
8. 根据上述权利要求之一所述的方法,其中,根据多个测量的或推导的  
20 参数(K, AK)形成一个统计参数。
9. 根据上述权利要求之一所述的方法,其中,在首次投入运行时将所存储的参考值(RK)确定为测量的或推导的参数(K, AK)。
10. 根据上述权利要求之一所述的方法,其中,对所述放电过程通过测量所述放电电流(I)来采集。
- 25 11. 根据上述权利要求之一所述的方法,其中,对所述放电过程通过测量所述充电电容器(4)的放电电压(U)来采集。
12. 一种电磁冲击波源(2),其中,通过经线圈(8)对充电电容器(4)放电产生声冲击波,该电磁冲击波源(2)具有用于为检查所述冲击波源(2)的状态而采集和分析该放电过程的装置(11)。
- 30 13. 根据权利要求12所述的电磁冲击波源(2),其具有用于确定所述放

电过程的至少一个参数(K)的装置(16; 20; 202), 以及具有用于将所采集的参数(K)与存储的参考值(RW)进行比较的装置(16; 22; 204)。

14. 根据权利要求12或13所述电磁冲击波源(2), 其中, 所述用于采集和分析放电过程的装置(11)包括用于采集放电电压(U)的电压分压电路(40)  
5 作为测量值采集器。

15. 根据权利要求12、13或14所述的电磁冲击波源(2), 其中, 所述用于采集和分析放电过程的装置(11)包括用于采集所述放电电流(I)的 Rogowski 线圈(12)作为测量值采集器。

16. 根据权利要求14或15所述的电磁冲击波源(2), 其中, 在所述测量  
10 值采集器后面连接有信号处理单元(20; 200), 在该信号处理单元(20; 200)的至少一个输出端输出至少一个参数(K)作为电信号。

17. 根据权利要求12至16中任一项所述的电磁冲击波源(2), 其中, 所述用于采集和处理放电过程的装置(11)包括用于计算导出的参数(AK)的计算机(16; 22; 202)。

## 运行电磁冲击波源的方法和按该方法运行的电磁冲击波源

## 5 技术领域

本发明涉及一种用于运行电磁冲击波源的方法。此外，本发明还涉及一种根据该方法运行的电磁冲击波源。

## 背景技术

10 诸如 DE4125375 公开的电磁冲击波源例如用于粉碎肾脏内结石这样的体外碎石。在这样的电磁冲击波源中，使高压电容器通过一个平面线圈突然放电来产生冲击波，在该平面线圈前设置了一金属薄膜（通常是铝薄膜）作为次级线圈。平面线圈和金属薄膜通过置于中间的绝缘薄层相互间电绝缘。通过两个线圈的相互磁排斥，薄膜冲击地移动，并且在相邻的耦合介质中产生平面冲击波，该冲击波被一个声学透镜聚焦在一个焦点上。

15 这样的冲击波源由于高机械和电负载而受到磨损，这种磨损可能导致进一步恶化冲击波的质量。这种恶化无法被使用者直接识别出，并可能导致治疗效果不足。此外，还可能在无法预见的时刻发生冲击波源的完全失效。

## 20 发明内容

本发明要解决的技术问题是，提供一种用于运行冲击波源的方法，利用该方法可以简单地识别出由于磨损或其它缺陷而导致的冲击波源特性的恶化。此外，本发明还要解决的技术问题是，提供一种根据该方法运行的冲击波源。

25 对于该方法，根据本发明，该技术问题是通过一种用于运行电磁冲击波源的方法解决的。在这种用于运行电磁冲击波源的方法中，通过使充电电容器经线圈放电来产生声冲击波，为了检查该冲击波源的状态，在放电期间采集并分析该放电过程。

在此，本发明基于以下考虑，即放电过程、即放电的时间过程反映了冲击波源的特性，因此对该放电过程的分析可以说明冲击波源的状态。

30 本发明方法的一个重要优点在于，在每次使用冲击波源期间可以毫无问题

的实施该方法，从而可以进行实用的持久性监控。

优选的，在放电期间确定放电过程的至少一个参数，并将该放电过程的参数与存储的参考值进行比较。然后根据该比较结果，也就是所确定的参数和存储的参考值之间的偏差，可以推断出冲击波源的状态。

5       在本发明方法的优选实施方式中，从该放电过程的至少一个确定的参数中推导出放电回路的至少一个参数，并将该推导出的参数与存储的参考值进行比较。这项措施可以直接说明冲击波源的特性，因为这些特性是由形成冲击波源的放电回路的参数确定的。

10       特别是，测量放电过程的周期持续时间来作为放电过程的参数。周期持续时间可以简单地测量，并且该周期持续时间与所存储的参考值之间的偏差是衡量由于磨损导致的冲击波源特性变化的重要指数。

在本发明方法的一个特别优选的实施方式中，获得放电回路的电感作为该放电回路的推导的参数。该电感对于冲击波源的状态是特别好的判断依据。

15       在本发明的另一实施方式中，确定振荡周期的振幅作为放电过程的其它参数。这些振幅也可以利用简单的电路直接测量出，并可以对冲击波源的状态作出可靠的说明。特别是，利用这些振幅和所确定的周期持续时间，可以精确计算放电回路的电感、电容以及欧姆电阻，并由此精确计算放电回路的所有重要的电参数。

20       优选的，通过由多个确定的或推导出的参数分别形成统计参数，可以提高对于冲击波源状态的检查的精度。通过借助统计分析获得的统计参数，例如算术平均值，可以平衡测量中的统计波动。

25       在一优选实施方式中，在首次投入运行时将所存储的参考值确定为测量的或推导出的参数。由此，该参考值与后面测量的或确定的参数之间的偏差只能通过改变冲击波源的状态引起，例如通过磨损引起。由此因制造引起的差异不会产生影

响。特别是，为了获得放电过程的参数而采集充电电容器上的放电电压。这可以特别简单地以电路技术通过与充电电容器并联的电压分压电路来实现。

30       在特别优选的实施方式中，为了测量或确定放电过程的参数而测量放电电流。这优选无接触地进行，从而简化了为此所需的电路的结构，因为这些电路与冲击波源的高压回路的电位是分离的。

对于冲击波源的技术问题，本发明是通过一种电磁冲击波源解决的，其中，

通过经线圈对充电电容器放电产生声冲击波，该电磁冲击波源具有用于为检查其状态而采集和分析该放电过程的装置。

#### 附图说明

- 5 为进一步解释本发明，下面对附图所示实施方式进行说明。其中示出：  
图 1 示出根据本发明的冲击波源的原理图，  
图 2 是描绘放电电流相对于时间的关系的图，  
图 3 是同样以原理图示出的根据本发明的冲击波源的另一实施例，  
图 4 是图 3 应用的分析电路的实施例，  
10 图 5 是用于说明图 4 分析电路功能的流程图，  
图 6 是适用于根据本发明的冲击波源的分析电路的特别简单的实施方式，  
图 7 是同样以原理图示出的根据本发明的另一种冲击波源，  
图 8 是描绘出放电电压相对于时间的关系的图，  
图 9 是图 7 的实施例中应用的比较电路的实施方式，  
15 图 10 是用于说明图 9 中示出的比较电路功能的流程图。

#### 具体实施方式

在图 1 中，以电容 C、欧姆电阻 R 和电感 L 的串联电路的等效电路图的方式示出电磁冲击波源 2 的放电回路。电容量 C 基本上由与线圈 8 并联的充电电容器 4 的电容确定。放电回路的电感 L 基本上由线圈 8（一般是平面线圈）和与该线圈相对设置的薄膜 6 构成的执行器（Aktuator）的电感确定，如在 DE4125375C1 中详细描述的执行器。欧姆电阻 R 既考虑了高压电缆的欧姆电阻，又考虑了平面线圈 8 的欧姆电阻以及薄膜 6 的感应电阻。

25 通过闭合开关 10，对充电电容器 4 进行放电，并且在放电回路中流动的放电电流 I 按照衰减的周期性振荡的形式衰减，直到充电电容器 4 完全放电为止。利用装置 11 采集和分析该放电过程。该装置 11 包括一个作为测量值采集器的电去耦器、即与放电回路的高压电位分离的 Rogowski 线圈 12，该线圈提供一个与放电电流 I 成正比的电测量信号 S，在本实施例中该信号是在 Rogowski 线圈 12 中感应出的电压。该测量信号 S 被输入模拟/数字转换器 14 中，并作为数字化的测量信号 DS 传送到分析装置 16，在本实施例中分析装置 16 是计算机。  
30 在计算机中，将该数字化的测量信号 DS 或者直接逐点地与存储的参考曲线 RS

比较, 或者为此事先对该测量信号 DS 进行分析, 在该分析中确定再现放电过程的测量信号 DS 的信号曲线的一个或多个参数 K, 例如衰减振荡的周期持续时间 T, 接着将这些参数分别与对应于该参数的存储的参考值 RK 进行比较。这样, 测量信号 DS 或参数 K 与存储的参考信号 RS 或参考值 RK 的偏差就成为对冲击波源 2 的磨损状态的一种度量。

通过对多个连续的放电过程滑动地形成平均值而对用于比较的数字化测量信号 DS 或参数 K 消除了统计波动。由于放电回路的组件 (充电电容器、高压电缆和实际的冲击波头 (执行器)) 可能具有参数差异 (Exemplarstreuung), 因此在新设备投入使用或现场更换其中一个组件时要进行训练过程。在此, 通过在用于该特殊配置的初始化或训练模式中测量一个或多个放电过程来采集测量信号 DS 或参数 K, 并将它们作为参考信号 RS 或参考值 RK 存储。

在图 2 中绘出放电电流 I 对时间 t 的关系。在闭合开关 10 之后放电以衰减振荡的形式变化。由正比于放电电流 I 的测量信号 S 或 DS 的变化曲线, 可以通过分析数字数据或者通过直接测量确定参数 K, 这些参数 K 对于放电过程很重要, 并由此对于冲击波源的状态也很重要。这些参数例如是上升速度  $(I_2 - I_1) / \Delta t$ 、第一周期的持续时间 T 以及电流 I 的第一和第二振幅  $I_{\max}$ 、 $I_{\min}$ 。可以将这些参数在分析电路 16 (图 1) 中直接与对应的存储的参考值或额定值进行比较。

在该实施例中, 不进行这种直接比较, 而是在分析电路 16 中计算从参数 K 中推导出的参数  $A_K = R, C, L$ , 这些参数可直接给出等效电路图的组件的电参数 (欧姆电阻、电容量、电感)。为此, 在分析电路 16 中实施如下算法:

$$\text{电感} \quad L = \frac{U_0}{I_{\max} \cdot \omega_0} \cdot \exp \left( -\delta \cdot \frac{\arctan \frac{\omega}{\delta}}{\omega} \right)$$

$$\text{电容量} \quad C = \frac{1}{L \cdot \omega_0^2}$$

$$\text{欧姆电阻} \quad R = 2 \cdot \delta \cdot L$$

其中的参数为

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{2 \cdot \pi}{T} \\ \delta &= -\ln \left( \frac{-I_{\min}}{I_{\max}} \right) \cdot \frac{\omega}{\pi} \\ \omega_0 &= \sqrt{\omega^2 + \delta^2} \end{aligned}$$

在此， $U_0$ 是充电电容器4的充电电压，该电压对每个放电过程是已知的。

将这些推导出的参数  $AK=L, C, R$  分别与对应这些参数的各存储的参考值  $RK$  进行比较。在此，对这种状态监控重要的不是所计算的电感  $L$  值与放电回路的电感真实值一致的绝对精确，而是这些计算值的可再现性。

- 5 冲击波头的状态的最有力判据是电感  $L$ 。如果可以将  $C$  和  $R$  的值简化为已知并且设置为常数，则测量周期持续时间  $T$  就足以从中计算出  $L$ 。

在图3的实施例中，在 Rogowski 线圈12后连接了信号处理单元20，该单元可以根据 Rogowski 线圈12提供的测量信号  $S$  直接地、也就是没有事先进行模拟/数字转换和没有计算机帮助地确定根据上述算法计算的所需参数  $K=I_{\max}$ 、  
10  $I_{\min}$  和  $T$ ，并将这些参数  $K$  作为模拟或数字信号提供。所测量的参数  $K$  被输入到分析装置22中，该装置在模拟/数字转换级22a中将模拟信号转换为数字信号，并在计算级22b中计算从这些测量的参数中推导出的参数  $AK=L,R,C$ 。将这些参数在比较装置22c中与存储的参考值  $RK$  进行比较。

根据图4，在信号处理单元20中，利用第一运算放大器102和第二运算放  
15 大器104将 Rogowski 线圈12提供并作为电压  $U$  施加的测量信号  $S$  反向 ( $-U_v$ ) 和不反向地 ( $U_v$ ) 放大，并低电阻地分别传送到采样和保持电路106及108。采样和保持电路106和108存储第二半波的最大值（放电电流的最小值  $-U_{v,\min} \sim I_{\min}$ ）和第一半波的最大值（放电电流的最大值  $-U_{v,\max} \sim I_{\max}$ ）。

参考电压为  $0V$  的第一比较器112检测不反向放大的测量信号  $U_v$  的过零  
20 点，并且该第一比较器的输出端与运行控制电路110连接。由于根据本发明对放电曲线的第一齿形施加了干扰，因此在本实施例中将该曲线的第二和第四过零点用于确定周期持续时间  $T$ 。只有在确信发生了放电时才应用参考电压  $U_T$  明显不为  $0$ 、且输出端同样与运行控制电路110连接的第二比较器114。

利用计数器116确定周期持续时间  $T$ ，该计数器的启动和停止输入端与运  
25 行控制电路110的控制输出端110连接。在放电曲线的第二过零点（从正值到负值）启动计数器116，在第四过零点（同样的方向）停止计数器116。因此计数器状态成为周期持续时间  $T$  的度量。或者，还可以采用模拟构造的积分器来代替计数器，该积分器提供测量的持续时间作为电压值。

为了保证采样和保持电路106和108只确定特定时间段内的最大值，只在  
30 这些时间间隔内通过运行控制电路110提供的释放信号  $EN1$  和  $EN2$  释放该采样和保持电路。原则上不需要这样的释放电路。

在提供参数  $K=I_{\min}$ ,  $I_{\max}$ ,  $T$  之后, 运行控制电路 110 保持为待用, 也就是不再输出其它控制信号, 直到整个运行控制电路 110 被复位为止。复位信号 R 可以由信号“HV-开”信号导出。在与充电部件的接口中提供了该信号“HV-开”, 利用该充电部件对充电电容器进行充电。在复位时, 对采样和保持电路 106 和 108 的存储电容器放电, 将计数器 116 或积分器设置为 0, 将运行控制电路 110 设置到初始状态。

图 5 示出在运行控制电路 110 中处理的信号的时间变化过程, 并借助下表进行说明:

时刻	条件	结果
t1	HV-开=1	整个电路保持为复位状态 (R=1)
t2	HV-开=1=>0	释放运行控制。(结束对充电电容器 4 的充电, 脉冲即将直接到来)
t3	$U_v > U_T$	启动运行控制。释放采样和保持电路 108 (EN1=1)
t4	$U_v < U_T$	采样和保持电路 106 重新截止, 存储最大值 $U_{v\max}$ (与最大放电电流 $I_{\max}$ 成正比) (EN1=0)。
t5	$U_v < 0$	该过零点启动计数器 116, 同时释放采样和保持电路 108 (EN2=1)。
t6	$U_v > 0$	采样和保持电路 108 重新截止, 存储该半波的最大值 (与最小放电电流 $I_{\min}$ 成正比) (EN2=0)。

t7	$U_v < 0$	该过零点使计数器 116 停止。计数器状态与周期持续时间成正比。从现在开始不再输出其它控制信号。
----	-----------	--

对于  $U_T$  选择一个明显大于测量信号中的噪声、但保证小于最小能量级时的期望最大值的电压值，例如在最小能量级时的期望最大值的一半。

电感  $L$  的值也可以根据测量信号  $S \sim I$  的初始斜率来计算。为此只需要一个显著简化的分析电路，该分析电路包含两个具有两个不同参考值  $I_1$  和  $I_2$  的比较器。该比较器启动和停止计数器电路，以确定这两个结果之间的时间间隔  $\Delta t$ 。从中获得测量信号  $S$  或放电电流  $I$  的初始斜率。如果在其中进行测量的时间间隔位于一个其上限远远小于周期持续时间  $T$  的时间窗内（为此参见图 2），则该初始斜率与电感  $L$  成反比（ $L = U_0 \Delta t / (I_2 - I_1)$ ）。

如果假定电阻  $R$  为常数并已知，为了计算电感  $L$  只需测量电流最大值  $I_{\max}$  以及该电流最大值的时间导数的最大值  $(dI/dt)_{\max}$ ，该时间导数可以通过图 6 中非常简单的电路获得。为此，必要时放大的测量信号  $U_v$  可直接输入第一采样和保持电路 120，并通过高通滤波器 122 输入第二采样和保持电路 124，在这两个采样和保持电路的输出端分别提供与电流最大值  $I_{\max}$  和时间导数的最大值  $(dI/dt)_{\max}$  成正比的测量信号。

如果充电电容器的电容量  $C$  已知，并且假定放电回路的欧姆电阻为常数，则为了检测电感  $L$  的变化只需在放电时测量电流最大值  $I_{\max}$ 。充电电容器的电容量  $C$  可以利用充电期间的（已知）充电电流和电压增量获得。

在根据图 7 的另一种实施方式中，作为测量值采集器设置了与充电电容器 4 并联的电压分压器 40，利用该电压分压器 40 采集充电电容器 4 上的充电电压  $U$ 。该充电电压  $U$  在后面连接的装置 11 中被进一步处理，该装置 11 和图 1 实施例中的一样也可以由模拟/数字转换器和连接在后面的计算机组成。在这种情况下，也可以根据测量信号  $S$  的变化曲线，或者通过分析数字测量值或者通过直接测量来采集那些对放电过程很重要并由此对冲击波源状态很重要的参数。

在根据图 7 的实施例，与根据图 3 的实施例类似地设置了信号处理单元 200，该信号处理单元 200 在其输出端提供周期持续时间  $T$  和电压  $U$  的第一最

小值  $U_{\min}$  作为该电压  $U$  的信号变化的参数, 根据这些参数在计算机 202 中获得导出的参数  $AK$ 。

在根据图 8 的图中, 绘出放电电压的最大值  $U_{\max}$  ( $=U_0$  (通过高压源预先给定)) 和最小值  $U_{\min}$  以及周期持续时间  $T$  作为对冲击波源的状态很重要的放电曲线参数。这些参数可以在计算机 202 (图 7) 中直接与对应的存储的参考值进行比较。

在该实施例中, 也可以在分析装置中根据参数  $K=U_{\min}$ ,  $T$ ,  $U_{\max}$  计算推导出的参数  $AK=R, C, L$ , 后者可以直接给出等效电路图组件的电参数 (欧姆电阻、电容量、电感)。为此, 在分析装置中实施以下算法:

$$10 \quad \text{电感} \quad L = \frac{1}{C \cdot \omega_0^2}$$

$$\text{欧姆电阻} \quad R = 2 \cdot \delta \cdot L$$

其中的参数为

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T}$$

$$\delta = -\ln \left( \frac{-U_{\min}}{U_{\max}} \right) \cdot \frac{\omega}{\pi}$$

$$15 \quad \omega_0 = \sqrt{\omega^2 + \delta^2}$$

对充电电容器 4 的充电以恒定的充电电流  $i$  进行。对电压  $U$  和充电电流  $i$  进行测量。根据在时间间隔  $\Delta t$  内的电压增量  $\Delta U$  可以如下计算电容量  $C$ :

$$C = i \cdot \frac{\Delta t}{\Delta U}.$$

根据图 9, 借助第一和第二运算放大器 206 和 208 将来自电压分压器的信号 (与充电电容器的电压成正比) 分别进行反向和不反向的放大, 并低阻值地传送到连接于后面的处理级。反向信号输入到采样和保持电路 210。该电路 210 存储第二半波的最大值  $U_{\min}$  (电压的最小值)。不反向的信号输出到两个比较器 212、214。

只有在确信发生了放电时, 参考电压 ( $U_T$ ) 明显不为 0 的第一比较器 212 才进行运行控制。

第二比较器 214 (参考电压 0V) 检测信号的过零点。与图 4 的实施例类似, 同样用计数器 216 来确定周期持续时间  $T$ 。或者, 在该实施例中也可以用模拟构造的积分器来代替计数器, 该积分器提供测量的持续时间作为电压值。

为了保证采样和保持电路 210 只确定特定时间段内的最大值, 仅在该时间

间隔内通过运行控制电路 218 提供的释放信号释放该采样和保持电路 210。原则上在这里也不需要这样的释放电路。

- 5 在提供参数  $U_{\min}$  和  $T$  之后，运行控制电路 218 保持为待用，也就是不再输出其它控制信号，直到整个运行控制电路 110 被复位为止。复位信号 R 由信号“HV-开”信号导出。该信号“HV-开”是已有的、用于对充电电容器进行充电的充电部件的接口的组成部分。在复位时，对采样和保持电路 210 的存储电容器放电，将计数器 216 或积分器设置为 0，将运行控制电路 218 设置到初始状态。

- 10 图 10 示出在运行控制电路 218 中处理的信号的时间变化，并借助下表解释：

时刻	条件	结果
$t_1 < t_2$	HV-开=1	整个电路保持为复位状态 ( $R=1$ )
$t_2$	HV-开=1= $\Rightarrow$ 0	释放运行控制。(结束对充电电容器的充电，脉冲即将直接到来)
$t_3$	$U < U_T$	启动运行控制。
$t_4$	$U < 0$	该过零点启动计数器 216，同时释放采样和保持电路 210 ( $EN=1$ )。
$t_5$	$U > 0$	采样和保持电路 210 重新截止，存储该半波的最大值 (与电压最小值成正比)。
$t_6$	$U < 0$	该过零点使计数器 216 停止。计数器状态与周期持续时间成正比。从现在开始不再输出其它控制信号。

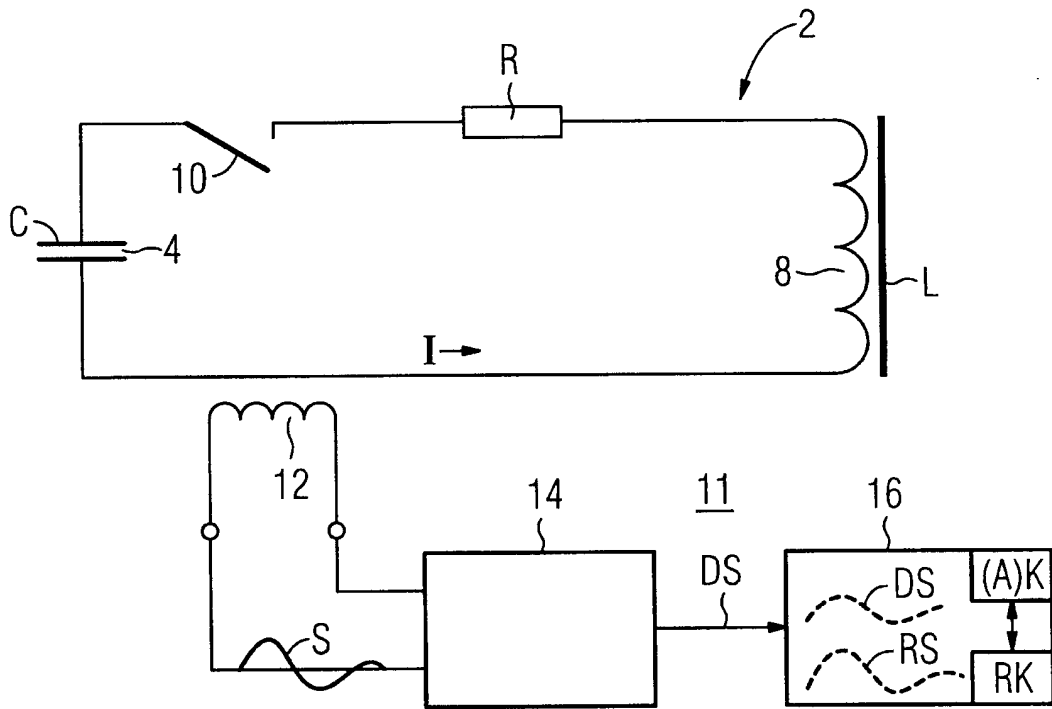


图 1

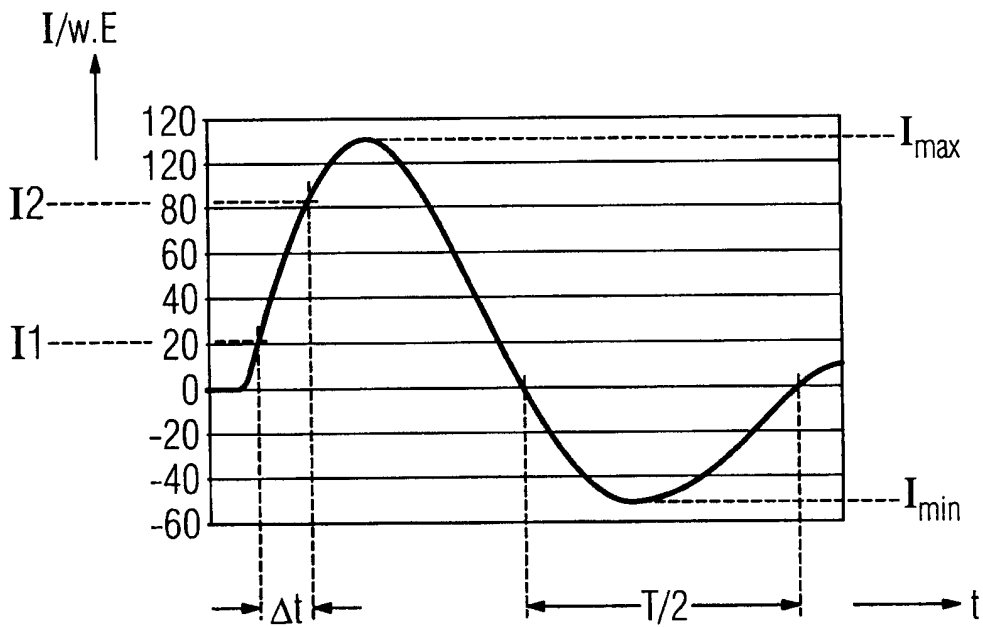


图 2

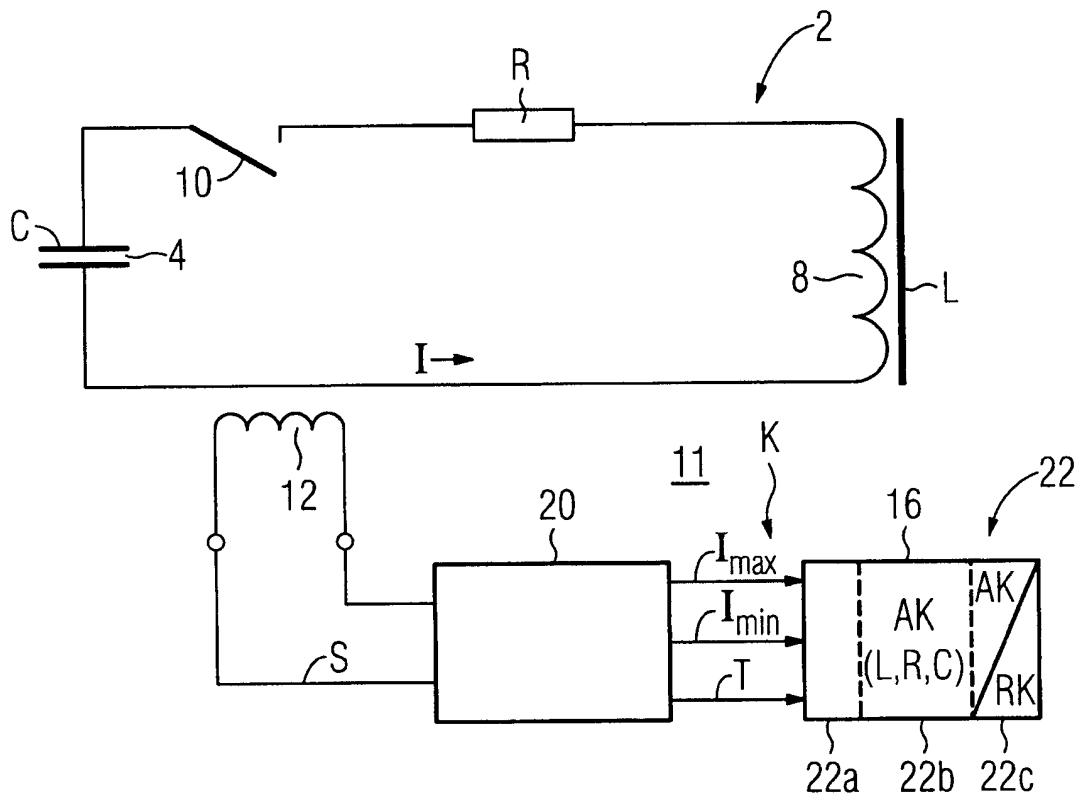


图 3

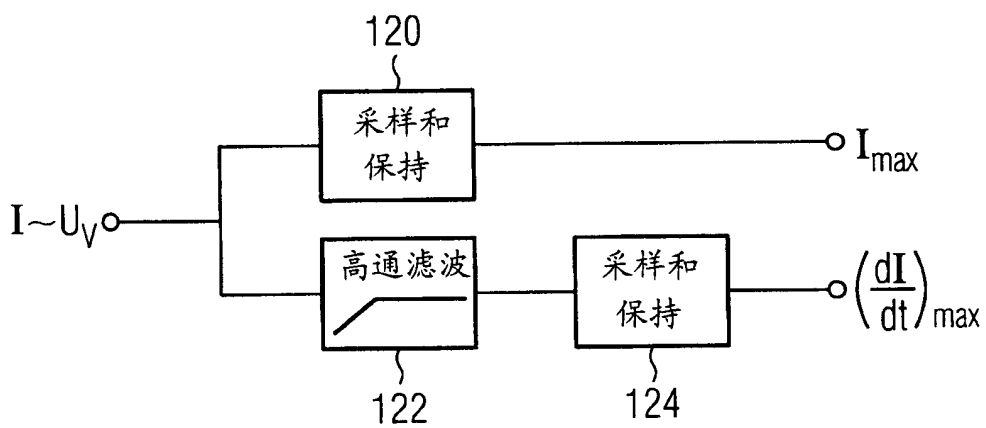


图 6

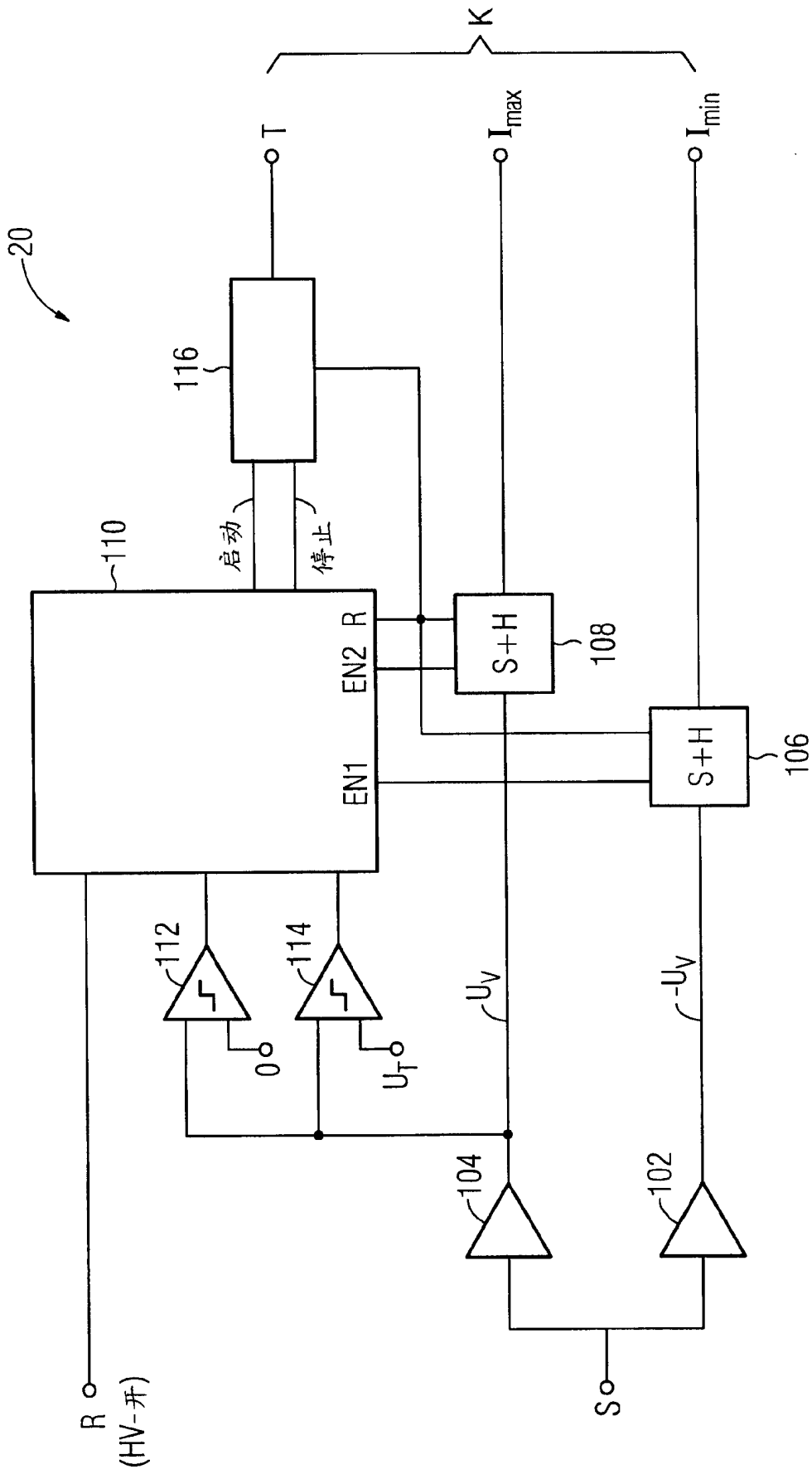


图 4

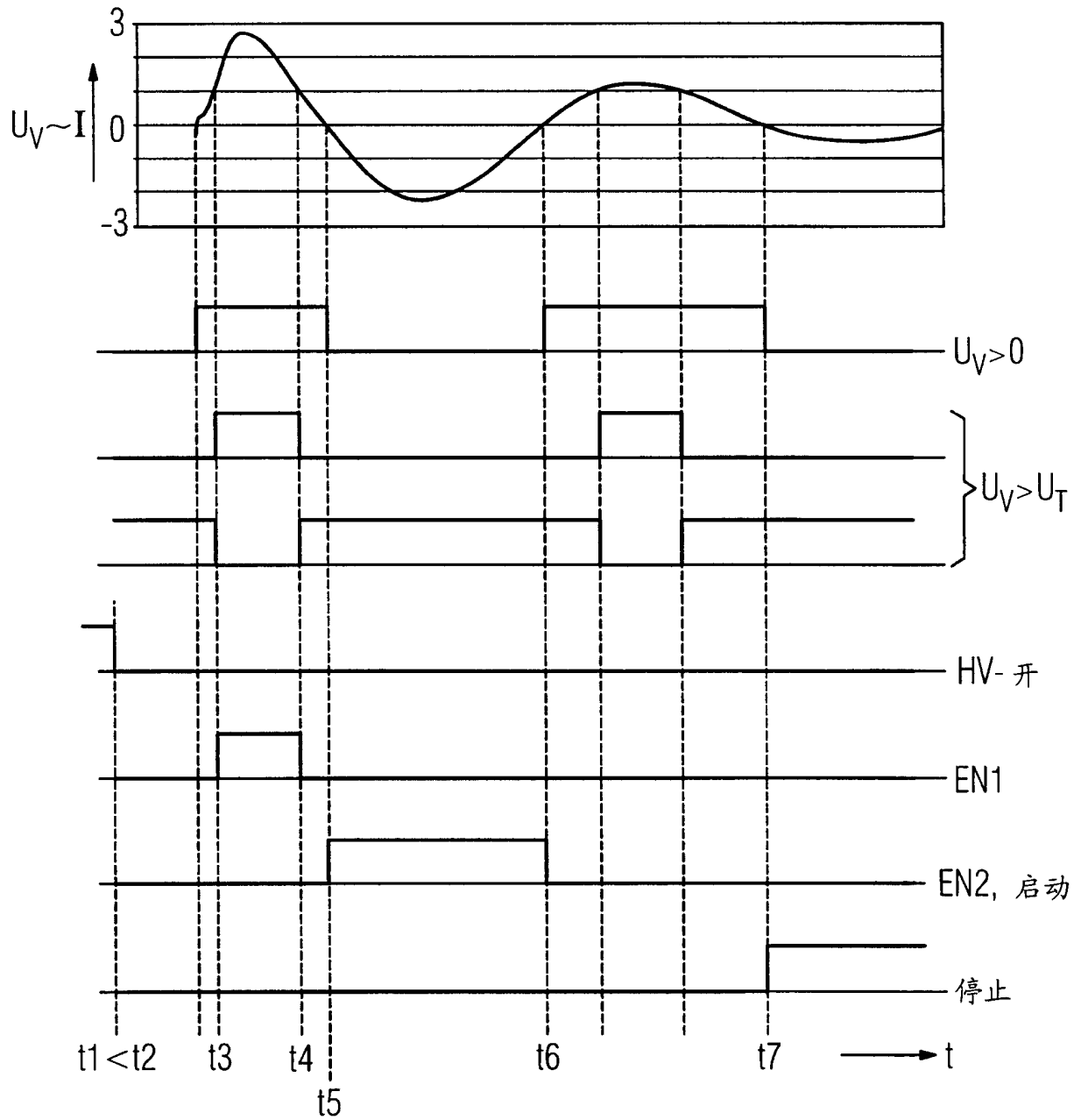


图 5

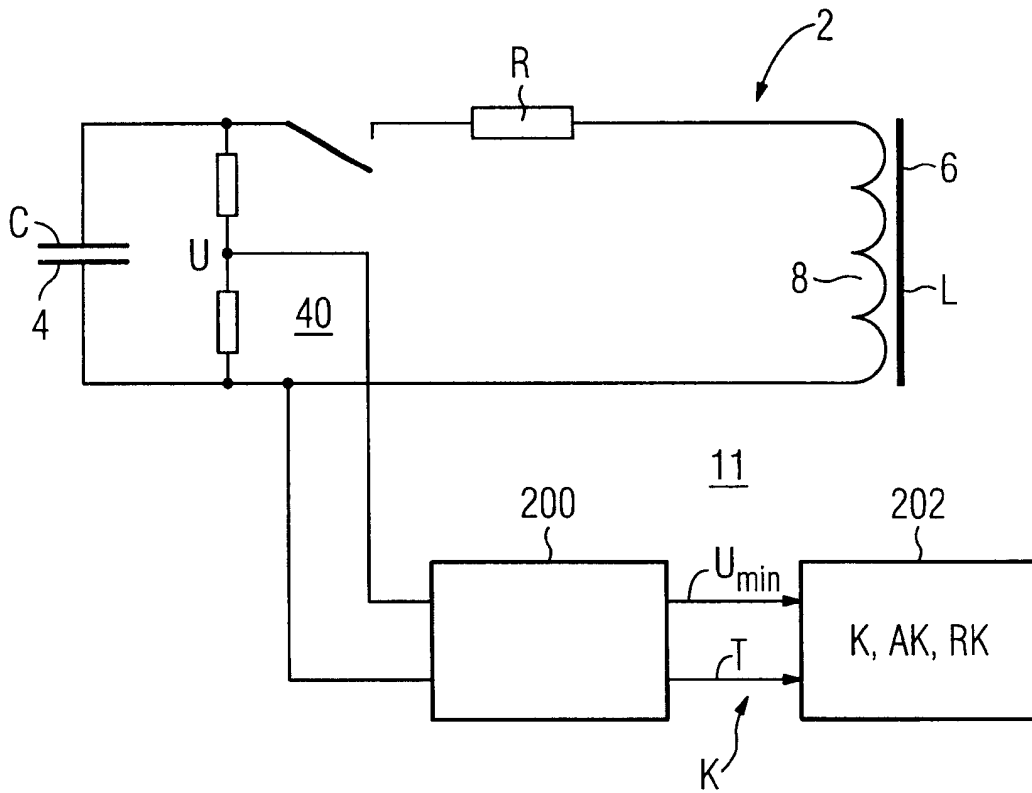


图 7

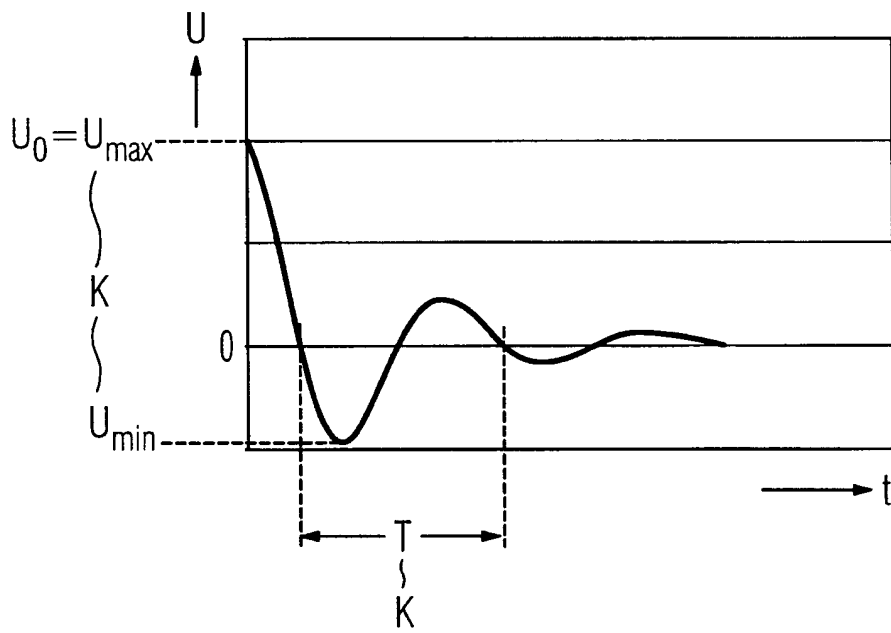


图 8

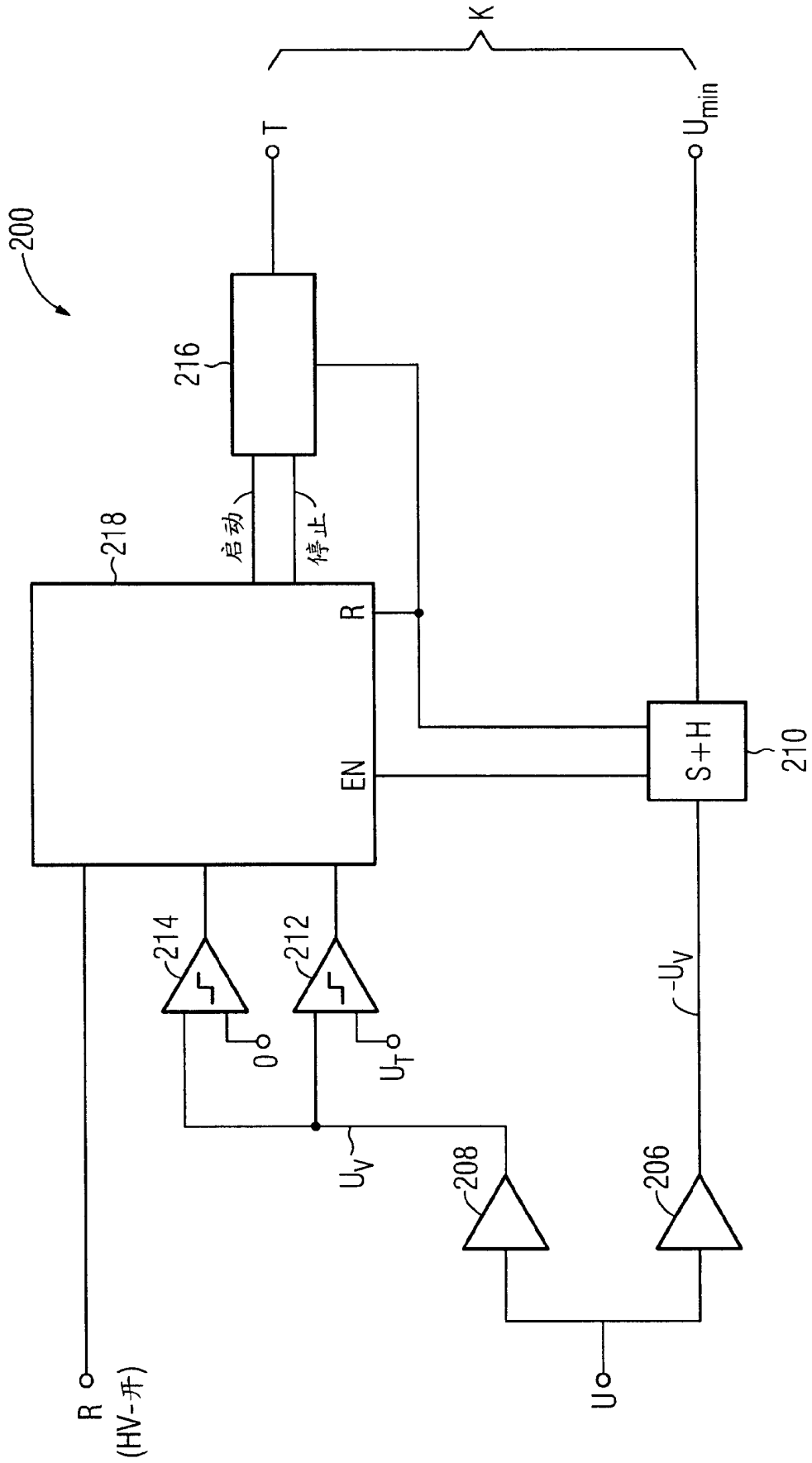


图 9

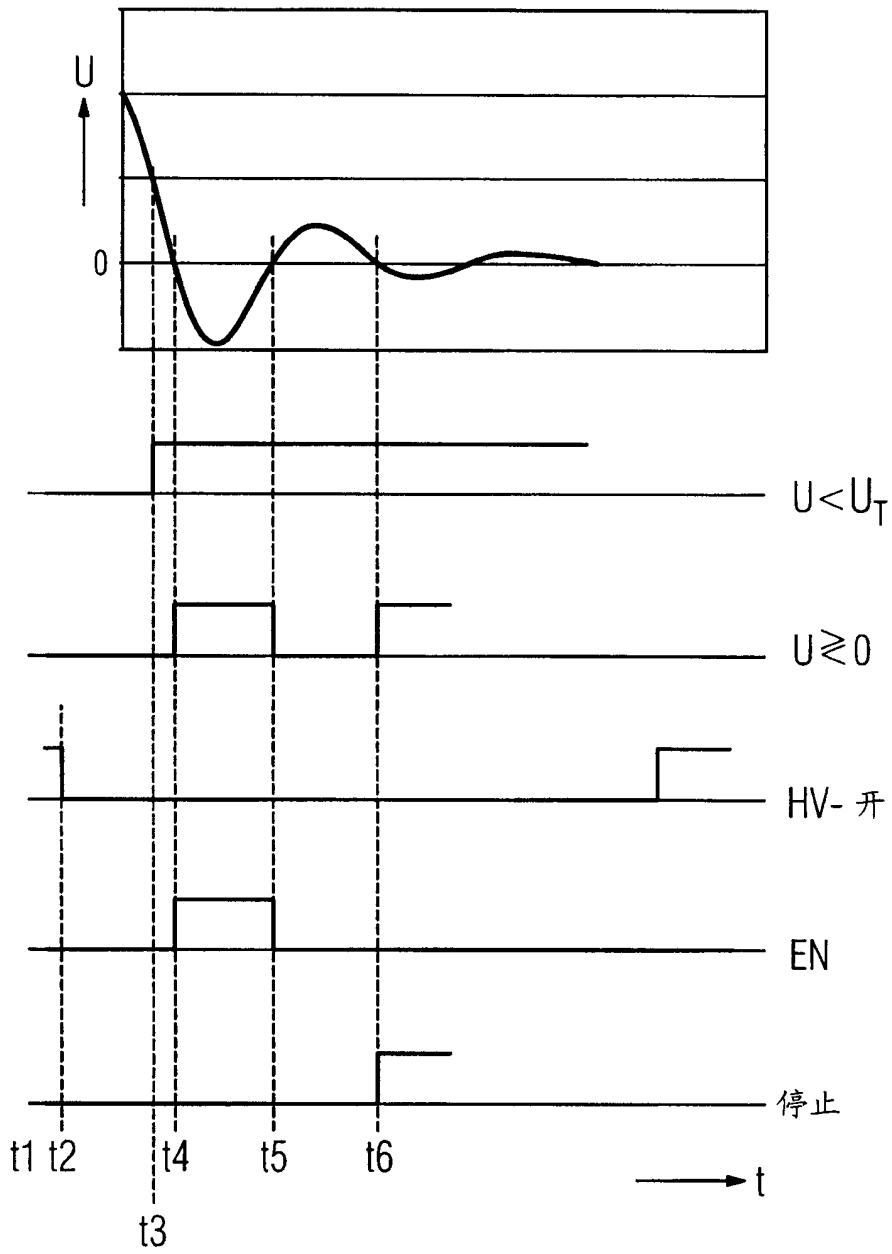


图 10