



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02829301.0

[43] 公开日 2005 年 7 月 13 日

[11] 公开号 CN 1638905A

[22] 申请日 2002.7.12 [21] 申请号 02829301.0
 [86] 国际申请 PCT/JP2002/007107 2002.7.12
 [87] 国际公布 WO2004/007132 日 2004.1.22
 [85] 进入国家阶段日期 2005.1.11
 [71] 申请人 三菱电机株式会社
 地址 日本东京
 [72] 发明人 佐藤清侍 大黑裕之

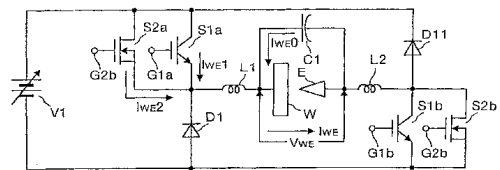
[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司
 代理人 包于俊

权利要求书 4 页 说明书 36 页 附图 22 页

[54] 发明名称 放电加工用电源装置

[57] 摘要

本发明系一种放电加工用电源装置，具备有在电极与隔有预定间隔和前述电极相对配置而作为另一电极之被加工物体的极间(105)提供放电脉冲电流之开关电路，前述开关电路系由：并行接收响应前述极间(105)之放电开始而产生之预定脉冲宽度之控制脉冲信号(PC)之 2 个开关电路所构成，亦即，包含适于高速动作之开关元件的开关电路(6a、S2a)(6b、S2b)；以及包含适于低速动作之开关元件之开关电路(5a、S1a)(5b、S1b)所构成，可力图提高适应大电流且高速动作之线电极放电加工的效率。



1. 一种放电加工用电源装置，系具备有在电极与隔有预定间隔和所述电极相对配置而作为另一电极之被加工物之间体的极间提供放电脉冲电流的开关电路，其特征在于，

具备响应所述极间的放电开始检测信号而产生预定脉冲宽度的控制脉冲信号之脉冲宽度控制机构，并且

所述开关电路系

并行接收所述控制脉冲信号的2个开关电路，由包含适于高速动作的开关元件的开关电路；以及包含适于低速动作的开关元件的开关电路所构成。

2. 如权利要求1所述的放电加工用电源装置，其特征在于，

所述开关电路系由：

接收所述极间放电开始之检测信号的第1开关电路；以及接收响应所述放电开始所产生之预定脉冲宽度的控制脉冲信号之第2开关电路所构成，

所述第1开关电路是包含适于高速动作之开关元件与适于低速动作之开关元件的任一种开关元件之开关电路，而所述第2开关电路是包含适于低速动作之开关元件之开关电路。

3. 如权利要求2所述的放电加工用电源装置，其特征在于，

所述第1开关电路是包含适于高速动作之开关元件的开关电路时，所述放电开始的检测信号直接施加于适于前述高速动作之开关元件的控制端。

4. 如权利要求2所述的放电加工用电源装置，其特征在于，所述第1开关电路具备：

接收所述放电开始检测信号以产生脉冲宽度互相不同之驱动脉冲信号之多个驱动电路；以及

根据来自外部的指令选择所述多个驱动电路之一所输出的驱动脉冲信号、再施加于所述开关元件的控制端之选择电路。

5. 如权利要求1所述的放电加工用电源装置，其特征在于，

所述开关电路系由接收所述放电开始的检测信号之第1开关电路；以及接收所述控制脉冲信号之第2开关电路所构成，

所述第1开关电路为包含适于高速动作之开关元件的开关电路，

所述第2开关电路为包含适于低速动作之开关元件的开关电路，

而所述脉冲宽度控制机构将所述产生之控制脉冲信号之脉冲宽度控制在所述第 2 开关电路中相对向之开关元件间互相不同的值。

6. 如权利要求 5 所述的放电加工用电源装置，其特征在于，

所述脉冲宽度控制装置系具备：第 1 设定机构以及第 2 设定机构，

第 1 设定机构系用以产生设定为提供所述相对之开关元件之一方呈导通状态期间的第 1 脉冲宽度之控制脉冲信号、并将其提供至所述一方的开关元件之驱动机构，

第 2 设定机构系用以产生设定为提供所述相对向之开关元件之另一方呈导通状态期间的与第 1 脉冲宽度为不同值的第 2 脉冲宽度之控制脉冲信号、并将其提供至所述另一方的开关元件之驱动机构。

7. 如权利要求 5 所述的放电加工用电源装置，其特征在于，

所述脉冲宽度控制机构系具备：

产生设定为第 1 脉冲宽度之控制脉冲信号的设定机构；

用以输出延长所述第 1 脉冲宽度之第 2 脉冲宽度的控制脉冲信号之延长机构；以及

对根据来自外部的指令分别驱动所述相对向之开关元件之驱动机构、作为具有使各个开关元件呈导通状态之脉冲宽度之控制脉冲信号、切换输出具有所述第 1 脉冲宽度的控制脉冲信号与具有所述第 2 脉冲宽度之控制脉冲信号之切换机构。

8. 如权利要求 5 所述的放电加工用电源装置，其特征在于，所述脉冲宽度控制机构系具备：第 1 设定机构以及第 2 设定机构，

第 1 设定机构系用以产生设定为提供所述相对之开关元件之一方呈导通状态期间的第 1 脉冲宽度之控制脉冲信号、并将其提供至所述一方的开关元件之驱动机构，

第 2 设定机构系用以产生设定为提供所述相对向之开关元件之另一方呈导通状态期间的与第 1 脉冲宽度为不同值的第 2 脉冲宽度之控制脉冲信号，并将其提供至所述另一方的开关元件之驱动机构，

此外，尚具备有：第 3 设定机构，用以设定提供在所述第 1 开关电路中使各个相对的开关元件呈导通状态之期间的脉冲宽度，

分别驱动所述第 1 开关电路中相对之开关元件的驱动机构在接收所述放电开始的检测信号后，产生具有所述第 3 设定机构所设定之脉冲宽度的驱动脉冲

信号，以驱动各个开关元件。

9. 如权利要求 5 所述的放电加工用电源装置，其特征在于，
所述脉冲宽度控制机构系具备：

产生设定为第 1 脉冲宽度之控制脉冲信号的第 1 设定机构；

用以输出延长所述第 1 脉冲宽度之第 2 脉冲宽度之控制脉冲信号之延长机构；以及

对根据来自外部的指令分别驱动所述相对向之开关元件之驱动机构、作为具有使各个开关元件呈导通状态之脉冲宽度之控制脉冲信号、切换输出具有所述第 1 脉冲宽度的控制脉冲信号与具有所述第 2 脉冲宽度之控制脉冲信号之切换机构，此外，尚具备有：第 2 设定机构，用以设定提供使所述第 1 开关电路中各个相对的开关元件呈导通状态之期间的脉冲宽度，分别驱动所述第 1 开关电路中相对的开关元件之驱动机构在接收所述放电开始的检测信号后，产生具有所述第 2 设定机构所设定之脉冲宽度之驱动脉冲信号，以驱动各个开关元件。

10. 如权利要求 1 所述的放电加工用电源装置，其特征在于，

具备：于放电开始前由外部进行变更设定所述控制脉冲信号之脉冲宽度的机构。

11. 一种放电加工用电源装置，其特征在于，系具备：响应在电极与隔有预定间隔和所述电极相对配置的作为另一电极之被加工物体之间的极间的放电开始而产生第 1 脉冲宽度之控制脉冲信号的第 1 脉冲宽度控制机构、以及产生与所述第 1 脉冲宽度为不同数值之第 2 脉冲宽度之控制脉冲信号的第 2 脉冲宽度控制机构；

一种用以接收所述第 1 脉冲宽度之控制脉冲信号并将放电脉冲电流提供给所述极间之开关电路、包含适于低速动作之开关元件的第 1 开关电路；

一种用以接收所述第 2 脉冲宽度之控制脉冲信号并将放电脉冲电流提供给所述极间之开关电路、包含适于高速动作之开关元件的第 2 开关电路；

用以判断所述极间开始进行放电时的放电状态为正常放电状态或快速放电状态或短路状态的哪一种状态之放电状态判定机构；以及

当所述放电状态判定机构的判定结果表示为正常放电状态时对所述第 1 脉冲宽度控制装置发出输出指示、而当判定结果表示为快速放电状态或短路状态时则对所述第 2 脉冲宽度控制机构发出输出指示之电流脉冲选择机构。

12. 如权利要求 11 所述放电加工用电源装置，其特征在于，具备：于放电

开始前由外部进行变更设定所述控制脉冲信号的脉冲宽度之机构。

13. 一种放电加工用电源装置，其特征在于，系具备：响应在电极与隔有预定间隔和所述电极相对配置的作为另一电极之被加工物体之间的极间的放电开始而产生第 1 脉冲宽度之控制脉冲信号的第 1 脉冲宽度控制机构、以及产生与所述第 1 脉冲宽度为不同数值之第 2 脉冲宽度之控制脉冲信号的第 2 脉冲宽度控制机构；

一种用以接收所述第 1 脉冲宽度之控制脉冲信号并对所述极间提供放电脉冲电流之开关电路、包含适于低速动作之开关元件的第 1 开关电路；

一种用以接收所述第 2 脉冲宽度之控制脉冲信号并对所述极间提供放电脉冲电流之开关电路、包含适于高速动作之开关元件的第 2 开关电路；

用以判断所述极间开始进行放电时的放电状态为正常放电状态或快速放电状态或短路状态的哪一种状态之放电状态判定机构；以及

当所述放电状态判定机构的判定结果表示为快速放电状态或短路状态时、对所述第 1 脉冲宽度控制装置发出输出停止指示之电流脉冲停止机构。

14. 如权利要求 13 所述的放电加工用电源装置，其特征在于，具备：于放电开始前由外部进行变更设定所述控制脉冲信号之脉冲宽度之机构。

放电加工用电源装置

[技术领域]

本发明涉及一种在线电极放电加工装置中使用的放电加工用电源装置，而该线电极放电加工装置，是在线电极与另一电极即被加工物体之间(以下称为「极间」)产生放电，用以对被加工物体进行线电极放电加工，尤其是关于进行适应大电流、高频率之线电极放电加工之线电极放电加工装置所使用之放电加工用电源装置。

[背景技术]

(线电极放电加工之相关技术)

一般所熟知之技术，系根据以无负载时间之长度为代表之极间的状态，在极间加工大小电流脉冲，通过这样既防止导线断线，同时又可高速地进行线电极放电加工。另一方面，线电极放电加工中的重复频率约为 60kHz 至 100kHz 程度，但在施加大小 2 种电流脉冲时，各电流脉冲的发生比例，例如大电流脉冲约为 50%，小电流脉冲约为 50% 的程度，此外大电流脉冲的重复频率约为 30 至 50kHz。

一般而言，在依照预放电脉冲的无负载电压的长度来改变大小各电流脉冲的电流峰值时，若施加电压之后的无负载时间在 $2\mu\text{s}$ 以内以小电流脉冲(短路、快速放电)加以控制，施加电压之后的无负载时间在 $2\mu\text{s}$ 以上时以大电流脉冲(正常放电)加以控制，则正常放电的发生比例，约为全脉冲数的约 1/2 至 1/3 的程度的数值。此外，在短路或快速放电中，淤浆(sludge)的发生因加工液流通的影响等而容易产生时间集中或位置集中的情形，淤浆的发生在放电集中的情况下其重复频率随之升高。

(开关元件之相关技术)

第 1 图为表示具有不同额定容量之开关元件的开关响应时间相关特性数据之一览表。在第 1 图中，就开关元件而言，表示了 3 个场效应晶体管(以下称为「FET」)1 至 3、1 个绝缘栅极双极型晶体管(以下称为「IGBT」)、1 个 IGBT 模块，同时并分别表示「容量」、「栅极输入电容」、「导通(turn on)时间」、「关断(turn off)时间」、「最小脉冲宽度」。

FET1 的「容量」为 500V、3A，「栅极输入电容」为 330pF，「导通时间」为 25ns，「关断时间」为 50ns，「最小脉冲宽度」为 77ns。FET2 的「容量」为 500V、10A，「栅极输入电容」为 1050pF，「导通时间」为 85ns，「关断时间」为 135ns，「最小脉冲宽度」为 210ns。FET3 的「容量」为 500V、30A，「栅极输入电容」为 2800pF，「导通时间」为 172ns，「关断时间」为 300ns，「最小脉冲宽度」为 472ns。

IGBT 的「容量」为 600V、75A，「栅极输入电容」为 4100pF，「导通时间」为 600ns，「关断时间」为 800ns，「最小脉冲宽度」为 1400ns。IGBT 模块的「容量」为 600V、400A，「栅极输入电容」为 20000pF，「导通时间」为 700ns，「关断时间」为 1100ns，「最小脉冲宽度」为 1800ns。

一般而言，开关元件具有额定电压及额定电流的容量愈大、开关响应时间越慢的倾向。此外，如第 1 图所示，一般而言即使拥有相同的额定电压，还具有电流容量较小的开关元件其栅极输入电容越小的倾向。亦即，由于不需耗费太多的功率即可进行驱动，因此可更高速地进行开关元件的动作。

开关元件中，导通电阻小，发热少的元件，因栅极输入电容较大，故无法进行高速动作。此外，栅极输入电容小、可进行高速动作的元件，因除了导通电阻大、最大电流容量较小以外，并且发热量大，因此为了冷却元件，将造成成本提高、空间增大等问题。

(以往的放电加工用电源装置的具体例)

第 2 图为表示以往的放电加工用电源装置之构成例之电路图。第 3 图为表示用以驱动控制第 2 图所示之加工放电用电源部 101 之开关元件 S11a、S11b 之电源控制电路之构成方块图。

在第 2 图中，放电加工部 100 中，隔开适当之间隔相对配置有由导线所构成的电极 E 与另一电极即被加工物体 W。对该放电加工部 100 设置有加工放电用电源部 101 与预放电用电源部 102。

加工放电用电源部 101 具备：可变的直流电源 V11；开关元件(例如：FET)S11a、S11b；以及二极管 D11、D12、D13、D14。而预放电用电源部 102 具备：可变的直流电源 V21；开关元件(例如：FET)S21；电阻器 R21；以及二极管 D21、D22。

加工放电用电源部 101 中，在直流电源 V11 的正极端，连接有二极管 D11 的阴极电极与开关元件 S11a 的源极电极。此外，在直流电源 V11 的负极端，

连接有开关元件 S11b 的源极电极与二极管 D12 的阳极电极。

开关元件 S11a 的漏极电极连接于二极管 D12 的阴极电极、与二极管 D13 的阳极电极，而二极管 D13 的阴极电极则连接于被加工物体 W。在二极管 D13 的阴极电极与被加工物体 W 间的连接线上，存在有寄生电感 L11。

开关元件 S11b 的漏极电极连接于二极管 D11 的阳极电极、与二极管 D14 的阴极电极。在二极管 D14 的阳极电极与电极 E 间的连接线上，存在有寄生电感 L12。

此外，预放电源部 102 中，在直流电源 V21 的正极端，连接有开关元件 S21 的源极电极，而开关元件 S21 的漏极电极则通过电阻器 R21 连接于二极管 D21 的阳极电极。二极管 D21 的阴极电极连接于被加工物体 W。在二极管 D21 的阴极电极与被加工物体 W 间的连接线上，存在有寄生电感 L21。

此外，在直流电源 V21 的负极端，连接有二极管 D22 的阴极电极，而二极管 D22 的阳极电极则连接于电极 E。在二极管 D22 的阳极电极与电极 E 间的连接线上，存在有寄生电感 L22。在二极管 D21 的阴极电极与被加工物体 W 间的连接线和二极管 D22 的阳极电极与电极 E 间的连接线之间，则存在有寄生电容 C11。

如第 3 图所示，用以驱动控制加工放电源部 101 的开关元件 S11a、S11b 之电源控制电路具备：用以检测流过电极 E 与被加工物体 W 之间的极间 (W-E) 105 的放电电流的放电检测电路 13；由放电检测电路 13 接收开始指令脉冲信号 PK 之振荡控制电路 14；以及由振荡控制电路 14 将控制脉冲信号 PC 并行输入之驱动电路 15a、15b。开关元件 S11a、S11b 从驱动电路 15a、15b 接收驱动脉冲信号 PD，并将加工脉冲信号 PS 施加于极间 (W-E) 105。

以下，参照第 2 图至第 4 图，说明有关以往的放电加工用电源装置的动作。此外，第 4 图为用以说明第 1 图所示之以往的放电加工用电源装置的动作原理图。

首先，说明表示于第 2 图、第 3 图之标号的意思。在第 2 图中，由寄生电容 C11 流向放电加工部 100 之电流 IWE10 为放电开始电流。由加工放电源部 101 流向放电加工部 100 的电流 IWE11 则为放电加工电流。由预放电源部 102 流向放电加工部 100 之电流 IWE22 为放电维持电流。而由被加工物体 W 流向电极 E 之电流 IWE 则为极间电流。此外，VWE 为极间电压。

此外，在第 3 图中，tk、tc、td、ts 分别表示在各电路中进行接收输入、

产生并输出所需信号的处理所需时间(迟延时间), t_r 为上述这些延迟时间的总和之迟延时间。亦即, 迟延时间 t_r 系指, 利用放电检测电路 13 在检测出放电加工部 100 的极间(W-E)105 中发生放电之后、至开关元件 S11a、S11b 将加工脉冲 PS 施加于极间(W-E)105 为止的时间。此外, 极间(W-E)105 在以下的文中仅以极间来表述。

此外, 在第 2 图、第 3 图中, 电极 E 与被加工物体 W 之间的极间在未产生放电短路的状态下, 当预放电用电源部 100 的开关元件 S21 导通时, 极间即出现直流电源 V21 之电压。同时, 电路中的寄生电容 C11 被充电至直流电源 V21 的电压。此外, 电极 E 与被加工物体 W 之间的距离, 系利用未图示之数控装置与伺服驱动控制装置加以控制, 以产生放电。

利用直流电源 V21 的输出电压在极间产生放电时, 首先, 存储于电路中的寄生电容 C11 的电荷于极间产生电容放电, 流过放电开始电流 IWE10。藉此, 于极间形成导电路径。为维持该导电路径, 即使电路中的寄生电容 C11 的电荷放电结束后, 由于极间仍必须持续流过电流, 因此开关元件 S21 必须维持导通的状态。

其结果, 放电维持电流 IWE22 沿着直流电源 V21→开关元件 S21→电阻器 R21→二极管 D21→电路中的寄生电感 L21→被加工物体 W→电极 E→电路中的寄生电感 L22→二极管 D22→直流电源 V21 的路径流通, 以维持形成于极间的导电路径。此时, 放电维持电流 IWE22 因通过电阻器 R21 而流通, 因此放电维持电流 IWE22 的最大值因电阻器 R21 而被限制在 $IWE22(max) = V21/R21$ 。因此, 该放电维持电流 IWE22 因电流值较小, 加工能量较弱, 而具有流过大电流的放电加工电流 IWE11 用的预放电电流的功能。想要流过极间的大电流的放电加工电流 IWE11, 如下所述, 系利用在放电产生的同时出现于极间的该放电维持电流 IWE22, 来检测出产生放电, 从检测出的时刻 t_0 起迟延某时间 t_r 向极间输出。

亦即, 放电检测电路 13 利用极间产生放电, 检测出极间电压 V_{WE} 的下降, 并将大电流输出的开始指令脉冲信号 PK 输出至振荡控制电路 14。振荡控制电路 14 将根据极间的加工状态所设定的脉冲宽度的控制脉冲信号 PC 输出至驱动电路 15a、15b。驱动电路 15a 利用具有振荡控制电路 14 设定之脉冲宽度的驱动脉冲信号 PD, 导通驱动开关元件 S11a。同时, 驱动电路 15b 同样地利用驱动脉冲信号 PD, 导通驱动开关元件 S11b。

在此，当所有的开关元件 S11a、S11b、S21 转换为导通动作状态时，则形成连接有不同电压的多个直流电源之电路。此时，会有因包含浪涌(surge)电压的电位差导致电路中的元件被破坏之危险。因此，基于安全的考虑，在开关元件 S11a、S11b 导通时，最好能将开关元件 S21 关断。

在加工放电源部 101 中，利用同时导通开关元件 S11a、S11b 的动作，使大电流的放电加工电流 IWE11 沿着直流电源 V11→开关元件 S11a→二极管 D13→电路中的寄生电感 L11→被加工物体 W→电极 E→电路中的寄生电感 L12→二极管 D14→开关元件 S11b→直流电源 V11 的路径而流通。

当来自振荡控制电路 14 的控制脉冲信号 PC 消失时，驱动电路 15a、15b 即驱动各个开关元件 S11a、S11b，使其关断。此时，放电加工电流 IWE11 利用电路中的寄生电感 L11、L12 的感应作用而持续流通于电路中。其结果，放电加工电流 IWE11 沿着电路中的寄生电感 L11→被加工物体 W→电极 E→电路中的寄生电感 L12→二极管 D14→二极管 D11→直流电源 V11 的路径，回到直流电源 V11，并进行再生。

之后，第 4 图中，极间电压 VWE(1) 利用开关元件 S21(3) 进行导通动作而转换为某一电压(直流电源 V21 的电压)，而使电容器 C11 进行充电。在放电开始时刻 t_0 ，因电容器 C11 的放电而放电开始电流 IWE10(2) 开始流通时，极电压 VWE(1) 即开始下降。此外，放电维持电流 IWE22(4) 受到寄生电感 L21、L22 的影响，以 $V21/(L21+L22)$ 之上升斜率开始流通。

极间电压 VWE(1) 在从放电开始时刻 t_0 经过时间 t_k 后的某时刻到达最低的放电电压 V_a ，之后，即维持该放电电压 V_a 。放电维持电流 IWE22(4) 在放电开始电流 IWE10(2) 大约超过峰值(从放电开始时刻 t_0 经过时间 t_k 后的某时刻)时，到达预定值($IWE22(\max)=V21/R21$)。之后，从放电开始时刻 t_0 经过时间 t_r 后，因开关元件 S11a、S11b 即开关元件 S11(8) 进行导通动作，因此一直到经过该时间 t_r 之前，开关元件 S21(3) 维持着导通动作状态。因此，放电维持电流 IWE22(4) 在开关元件 S21(3) 进行导通动作的时间 t_r 内，维持其预定值($IWE22(\max)=V21/R21$)。

从放电开始时刻 t_0 经过时间 t_k 后，放电检测电路 13 检测出极间电压 VWE(1) 低于预定值，而产生开始指令脉冲信号 PK(5)。该开始指令脉冲信号 PK(5) 系在大大超过开关元件 S21(3) 导通动作时间 t_r 之时间内输出。接着，从放电开始时刻 t_0 经过时间 (t_k+t_c) 时，振荡控制电路 14 产生控制脉冲信号 PC(6)。该

控制脉冲信号 PC(6)于时间 (t_d+t_s) 之时间内输出。

接着,从放电开始时刻 t_0 经过时间 $(t_k+t_c+t_d)$ 时,驱动电路 15a、15b 产生驱动脉冲信号 PD(7)。该驱动脉冲信号 PD(7)的发生期间系与控制脉冲信号 PC(6)的发生期间相同。最后,从放电开始时刻 t_0 经过时间 $(t_k+t_c+t_d+t_s)$ 时,亦即,从放电开始时刻 t_0 经过时间 t_r 时,开关元件 S11a、S11b 即开关元件 S11(8)进行导通动作,输出加工脉冲信号 PS。开关元件 S11(8)进行导通动作的期间系与驱动脉冲信号 PD(7)的发生期间相同。

开关元件 S11(8)一进行导通动作,放电加工电流 IWE11(9)即开始流通。放电加工电流 IWE11(9)因通过寄生电感 L11、L12 而流通之故,因此在开关元件 S11(8)呈导通动作状态的期间内,以具有 $V_{11}/(L_{11}+L_{12})$ 的斜率持续上升。通常,因直流电源 V11 的电压较直流电源 V21 的电压高出 2 至 3 倍,因此,放电加工电流 IWE11(9)的上升斜率较放电维持电流 IWE22(4)的上升斜率要来得陡峭。放电加工电流 IWE11(9)在开关元件 S11(8)进行关断动作时,即开始下降。

最后,极间电极 IWE(10)变为 $IWE=IWE_{10}+IWE_{22}+IWE_{11}$ 。亦即,将最初的放电开始电流 IWE10(2)与最后的大电流的放电加工电流 IWE11(9)之间的时间差的期间用预放电用电源部 102 所输出之放电维持电流 IWE22(4)来连接。藉此,极间电流 IWE(10)便不会产生中断,而在维持极间的放电状态的同时反复地进行放电加工。

在此,就开关元件 S11a、S11b 而言,使用第 1 图所示之 FET2 时,由放电开始时刻 t_0 至放电加工电流 IWE11 出现在极间为止的迟延时间 t_r ,通常为 410ns 左右。此外,放电开始电流 IWE10 的电容放电的脉冲宽度,约为 360ns 左右。这之间的时间 60ns 如维持状态不变,则将产生放电中断的危险,但如前所述,因放电维持电流 IWE22 流通其间,故极间电流 IWE 不会发生中断。

然而,在上述之习知的放电加工用电源装置中,放电维持电流 IWE22 的上限值被电阻器 R21 所限制。由于电路中的寄生电感 L21、L22 的作用,在过渡状态的初期阶段的电流值偏低。因此,其不但无法维持在放电发生后所形成之极间的导电路径,同时亦可能导致无法顺利产生放电加工电流 IWE11 等问题。

特别是,在大型的线电极放电加工装置中,因该线电极放电加工装置内的放电加工部的极间与电源装置的距离较长,因此,连接两者的供电电缆亦随之加长。其结果乃造成,电路中的寄生电感变大,有时在放电开始电流 IWE10 消

失后放电维持电流 IWE22 仍未能上升，而使得形成于极间的导电路径消失。

此外，电阻器 R21 中因电阻绕线而存在电感分量，而为获得必要的电阻值，电感亦随之变大。这样，电阻器的电感变大时，进一步阻碍放电维持电流 IWE22 的上升。此外，最初的放电开始电流 IWE10 系电容放电而产生的电流，实际上其包含振荡分量。因此，即使预先将放电维持电流 IWE22 的最大值稍稍加大，因该振荡的负分量的作用放电维持电流 IWE22 相互抵消，使得形成于极间的导电路径消失。

如上所述，在产生放电加工电流 IWE11 以前，若利用放电开始电流 IWE10 所确保的极间的导电路径消失，则因无法得到利用预放电电流之放电维持电流 IWE22 稳定地将放电加工电流 IWE11 提供给极间的作用，而使得放电加工过程产生各种故障。

亦即，在极间的导电路径中断的状态下，因加工放电电源部 101 的输出端呈开路状态，故放电加工电流 IWE11 未能流通。在此情况下即无法进行正常的放电加工。而当上述状态的发生频率过高时，有效的放电次数将会下降。其结果产生的问题是，将导致无法获得原本预期的加工速度，或无法提高加工速度。

此外，为在短时间内输出大电流，通常会将直流电源 V11 的电压，设定为较直流电源 V21 的电压高出 2 至 3 倍的程度，但在极间未有导电路径而呈开路的状态下，则形成该直流电源 V11 的高电压施加于极间的状态。其结果将导致，利用该高电压再次产生放电，在未有预放电的状态下大电流突然流通于极间。其结果将导致，在线电极较细小的情况下产生断线的问题。此外即使线电极未产生断线的问题，该结果亦将造成加工面粗糙而加工精度恶化、以及无法获得稳定的放电加工特性等问题。

有关上述问题，在日本特公平 5-9209 号公报（线切割放电加工装置用电源）中亦指出相同的情况，就其解决措施而言，该公报阐述一种技术，该技术系将串联连接的电感与电容器之电路与极间并联设置，以保持发生放电后的极间之导电路径，亦即稳定持续地维持放电状态，以防止加工效率的下降。然而上述之措施中，因将导致极间附加过多的电容器，因此例如从电源装置侧来看的电容与电路中的寄生电容相加而增大，在对极间加上输出电压时的上升时间常数将变大，而导致极间电压的上升变慢。因此，一直到产生放电为止的电压施加时间变长，所以其缺点是，有效的放电次数减少，无法充分提高加工效率。

此外，在上述日本特公平 5-9209 号公报所揭示之导线切割放电加工装置

用电源中，利用附加的电感与电容器的值，以获得固有的振荡频率，但在近年所开发的放电加工用电源装置中，则以相互交换施加于极间的电压的极性而振荡输出的双极型为主流。此时，附加的电容器至少根据电压施加的振荡频率反复进行充放电动作。即使是高频用途的电容器亦存在介质损耗。因此，在上述日本特公平 5-9209 号公报所揭示的技术中存在的问题是，不仅限制了电压施加的振荡频率，同时亦产生因介质损耗而导致的发热，还产生供给能量的损耗。

(本发明之已有例)

本发明之目的系在同时能够实现进行高速加工时所需之大电流以及高频化。关于实现此目的之以往例，例如可列举：日本特开平 11-48039 号公报(放电加工机械之放电加工电源装置)、日本特开昭 64-11713 号公报(放电加工电源)以及日本特开平 8-118147 号公报(线电极放电加工机械的放电加工电源控制装置)。

在日本特开平 11-48039 号公报(放电加工机械之放电加工电源装置)、以及日本特开昭 64-11713 号公报(放电加工电源)中，虽提及了有关将大电流提供给加工间隙之技术，但却未对电路的效率以及热损耗进行讨论。亦即，在提供大电流时为改善热损耗及开关效率，而若使用具有较大的电流容量、具有良好的低损耗特性的开关元件，则产生的问题是，会导致栅极输入电容变大，翻转(turn)电流的上升特性恶化，容易产生电弧中断，以及频频发生导线断线等。

此外，在日本特开平 8-118147 号公报(线电极放电加工机械的放电加工电源控制装置)中揭示有，利用施加大中小 3 种电流脉冲、以达到更确实地防止导线断线的技术。然而，因以相同的开关元件与驱动电路构成之故，例如使用 $\phi 0.35$ 等较粗的线电极时，为对应电流峰值的增加，必须增加开关元件的并联数，如此不但会导致成本的增加，同时亦无法达到电源装置小型化的目的。

简言之，在包含上述已有例之比往例中，虽可提供大电流，但在放电频率升高的情况下，开关元件的能量损耗急速增加，而有开关元件遭受热破坏的问题产生。或者，即使未产生热破坏，但由于增大的开关损耗，因此为了保护元件，必需大大增大热变换装置的容量，如此即无法达到降低成本、电源装置小型化的目的。例如：IGBT 等的因低损耗而适合提供大电流的开关元件，在高重复频率的领域(例如：40kHz)中难以使用。对于小电流容量开关元件，一般而言因导通电阻较大，因此在 ON 时间拉长的情况下热损耗明显激增，而必须花费较高的成本在散热处理上。

为解决上述问题，本发明之旨在提供一种放电加工用电源装置，系以 2 种不同特性的开关电路构成开关电路，利用该种电路装置，能够以高效率进行适应大电流且高频率之线电极放电加工，同时可减少开关元件的数量及发热量。

[发明内容]

本发明系一种具备有开关电路的放电加工用电源装置，系在电极与隔有预定间隔和前述电极相对配置之作为另一电极即被加工物体之间的极间提供放电脉冲电流，其特征为：具备响应前述极间的放电开始检测信号而产生预定脉冲宽度的控制脉冲信号之脉冲宽度控制机构，并且前述开关电路系并行接收前述控制脉冲信号的 2 个开关电路，由包含适于高速动作的开关元件的开关电路；以及包含适于低速动作的开关元件的开关电路所构成。

根据本发明，因可在同一放电电流脉冲发生时间内，依次驱动包含适于高速动作的开关元件的开关电路、以及包含适于低速动作的开关元件的开关电路，使放电电流继续，故可产生大电流且高频率的间歇放电电流。如此，即可高效率地进行适应大电流且高频率的线电极放电加工。此外，因使用不同特性的开关元件之故，所以元件数得以减少，其结果将使得发热量亦随之降低。

以下之发明，系于上述发明中，前述开关电路系由：接收前述极间放电开始之检测信号的第 1 开关电路；以及接收前述控制脉冲信号之第 2 开关电路所构成，前述第 1 开关电路，为包含适于高速动作之开关元件与适于低速动作之开关元件的任一方之开关电路，而前述第 2 开关电路，为包含适于低速动作之开关元件之开关电路。

根据本发明，第 1 开关电路系以较第 2 开关电路快了产生控制脉冲信号的处理时间进行开关动作。如此，即可实现更加高速的动作。此外，因第 1 开关电路可使用包含适于高速动作之开关元件或适于低速动作之开关元件的任一种开关元件之开关电路，如此能更扩大元件使用的选择范围。

以下之发明，系上述之发明中，其特征为：前述第 1 开关电路为包含适于高速动作之开关元件的开关电路时，前述放电开始的检测信号直接施加于适于前述高速动作之开关元件的控制端。

根据本发明，第 1 开关电路中，可省略开关元件的驱动机构，而达到简化构成的目的。

以下之发明，系上述之发明中，其特征为：前述第 1 开关电路系具备：接

收前述放电开始检测信号以产生脉冲宽度互相不同之驱动脉冲信号之多个驱动电路；以及根据来自外部的指令选择前述多个驱动电路之一所输出的驱动脉冲信号、再施加于前述开关元件的控制端之选择电路。

根据本发明，即可进行控制来任意改变进行高速动作之开关元件的驱动时间。

以下之发明，系上述之发明中，前述开关电路系由：接收前述放电开始的检测信号之第1开关电路；以及接收前述控制脉冲信号之第2开关电路所构成，前述第1开关电路系包含适于高速动作之开关元件的开关电路，前述第2开关电路为包含适于低速动作之开关元件的开关电路，而前述脉冲宽度控制机构将前述产生之控制脉冲信号之脉冲宽度控制在前述第2开关电路中相对之开关元件间互相不同的值。

根据本发明，可使用包含适于进行低速动作之开关元件的开关电路，以实现每1个间歇放电脉冲之输入能量较大的环流驱动方式。因此，可实现需大电流之使用粗线电极之线电极放电加工。

以下发明，系上述的发明中，前述脉冲宽度控制装置系具备：第1设定机构以及第2设定机构。第1设定机构系用以产生设定为提供前述相对之开关元件之一方呈导通状态期间的第1脉冲宽度之控制脉冲信号、并将其提供至前述一方的开关元件之驱动机构。第2设定机构系用以产生设定为提供前述相对之开关元件之另一方呈导通状态期间的与第1脉冲宽度为不同值的第2脉冲宽度之控制脉冲信号、并将其提供至前述另一方的开关元件之驱动机构。

根据本发明，能产生在包含适于低速动作之开关元件的开关电路中对各个相对的开关元件具有不同脉冲宽度的控制脉冲信号。

以下发明，系上述之发明中，前述脉冲宽度控制机构系具备：产生设定为第1脉冲宽度之控制脉冲信号的设定机构；用以输出延长前述第1脉冲宽度之第2脉冲宽度的控制脉冲信号之延长机构；以及对根据来自外部的指令分别驱动前述相对之开关元件之驱动机构、作为具有使各个开关元件呈导通状态之脉冲宽度之控制脉冲信号、切换输出具有前述第1脉冲宽度的控制脉冲信号与具有前述第2脉冲宽度之控制脉冲信号之切换机构。

根据本发明，对包含适于低速动作之开关元件的开关电路中相对的开关元件，能够根据外部的指令，提供具有不同脉冲宽度的控制脉冲信号。

以下之发明，系上述的发明中，前述脉冲宽度控制装置系具备：第1设定

机构以及第2设定机构。第1设定机构系用以产生设定为提供前述相对之开关元件之一方呈导通状态期间的第1脉冲宽度之控制脉冲信号、并将其提供至前述一方的开关元件之驱动机构。第2设定机构系用以产生设定为提供前述相对之开关元件之另一方呈导通状态期间的与第1脉冲宽度为不同值的第2脉冲宽度之控制脉冲信号、并将其提供至前述另一方的开关元件之驱动机构。此外，尚具备有：设定机构，用以设定提供在前述第1开关电路中使各个相对的开关元件呈导通状态之期间的脉冲宽度，分别驱动前述第1开关电路中相对之开关元件的驱动机构在接收前述放电开始的检测信号后，产生具有前述设定机构所设定之脉冲宽度的驱动脉冲信号，以驱动各个开关元件。

根据本发明，由于分别驱动包含适于高速动作之开关元件的开关电路中相对的开关元件的驱动机构能产生具有适当设定的脉冲宽度之驱动脉冲信号，以驱动各个开关元件，因此可使元件的负载均衡。

以下之发明，系上述的发明中，前述脉冲宽度控制机构，系具备：产生设定为第1脉冲宽度之控制脉冲信号的第1设定机构；用以输出延长前述第1脉冲宽度之第2脉冲宽度的控制脉冲信号之延长机构；以及对根据来自外部的指令分别驱动前述相对之开关元件之驱动机构、作为具有使各个开关元件呈导通状态之脉冲宽度之控制脉冲信号、切换输出具有前述第1脉冲宽度的控制脉冲信号与具有前述第2脉冲宽度之控制脉冲信号之切换机构，此外，尚具备有：第2设定机构，用以设定提供使前述第1开关电路中各个相对的开关元件呈导通状态之期间的脉冲宽度，分别驱动前述第1开关电路中相对的开关元件之驱动机构在接收前述放电开始的检测信号后，产生具有前述第2设定机构所设定之脉冲宽度之驱动脉冲信号，以驱动各个开关元件。

根据本发明，由于分别驱动包含适于高速动作之开关元件的开关电路中相对的开关元件的驱动机构能产生具有适当设定的脉冲宽度之驱动脉冲信号，以驱动各个开关元件，因此可使元件的负载均衡。

以下发明，系在上述发明中，具备：在放电开始前由外部进行变更设定前述控制脉冲信号之脉冲宽度的机构。

根据本发明，因可在放电开始前由外部进行前述控制脉冲信号的脉冲宽度的变更设定，因此，至少可由外部任意设定适于低速动作之开关元件的导通动作期间。

以下之发明系具备：响应在电极与隔有预定间隔和前述电极相对配置之作

为另一电极之被加工物体之间的极间的放电开始而产生第1脉冲宽度之控制脉冲信号的第1脉冲宽度控制机构、以及产生与前述第1脉冲宽度为不同数值之第2脉冲宽度之控制脉冲信号的第2脉冲宽度控制机构；一种用以接收前述第1脉冲宽度之控制脉冲信号并将放电脉冲电流提供给前述极间之开关电路、包含适于低速动作之开关元件的第1开关电路；一种用以接收前述第2脉冲宽度之控制脉冲信号并将放电脉冲电流提供给前述极间之开关电路、包含适于高速动作之开关元件的第2开关电路；用以判断前述极间开始进行放电时的放电状态为正常放电状态或快速放电状态或短路状态的哪一种状态之放电状态判定机构；以及当前述放电状态判定机构的判定结果表示为正常放电状态时对前述第1脉冲宽度控制装置发出输出指示、而当判定结果表示为快速放电状态或短路状态时则对前述第2脉冲宽度控制机构发出输出指示之电流脉冲选择机构。

根据本发明，在施加大电流的正常放电时，可使适于低速动作之开关电路进行动作，反之在具有重复频率增高的短路或快速放电时，则可使适于高速动作之开关电路进行动作。因此，可以高效率地进行适应大电流且高频率之线电极放电加工。此外，因使用不同特性的开关元件，因此可以减少元件数，进而减少发热量。此外，由于可将低损耗侧的开关电路的重复频率控制在 $1/2$ 至 $1/3$ 之间，因此可使用更加大电流且低损耗的元件（例如IGBT等）。

根据以下发明，本发明系具备：响应在电极与隔有预定间隔和前述电极相对配置之作为另一电极之被加工物体之间的极间的放电开始而产生第1脉冲宽度之控制脉冲信号的第1脉冲宽度控制机构、以及产生与前述第1脉冲宽度为不同数值之第2脉冲宽度之控制脉冲信号的第2脉冲宽度控制机构；一种用以接收前述第1脉冲宽度之控制脉冲信号并对前述极间提供放电脉冲电流之开关电路、包含适于低速动作之开关元件的第1开关电路；一种用以接收前述第2脉冲宽度之控制脉冲信号并对前述极间提供放电脉冲电流之开关电路、包含适于高速动作之开关元件的第2开关电路；用以判断前述极间开始进行放电时的放电状态为正常放电状态或快速放电状态或短路状态的哪一种状态之放电状态判定机构；以及当前述放电状态判定机构的判定结果表示为快速放电状态或短路状态时、对前述第1脉冲宽度控制装置发出输出停止指示之电流脉冲停止机构。

根据本发明，在施加大电流的正常放电时，可使适于高速动作之开关电路与适于低速动作之开关电路的两个电路进行动作，反之在具有重复频率增高的

短路或快速放电时，则仅使适于高速动作之开关电路进行动作。如此，即可高效率地进行适应大电流且高频率之线电极放电加工。此外，因使用不同特性的开关元件，因此可以减少元件数，进而减少发热量。此外，可将低损耗侧的开关电路的重复频率控制在 $1/2$ 至 $1/3$ 之间，因此可使用更加大电流且低损耗的元件(例如 IGBT 等)。

根据以下发明，系在上述发明中，具备：在放电开始前由外部进行变更设定前述控制脉冲信号之脉冲宽度之机构。

根据本发明，因可在放电开始前由外部进行前述控制脉冲信号的脉冲宽度的变更设定，因此，至少可由外部任意设定适于低速动作之开关元件的导通动作期间。

[附图说明]

第 1 图为，表示有关具有不同额定容量之开关元件的开关响应时间的特性数据一览表，

第 2 图为表示以往的放电加工用电源装置的构成例之电路图，

第 3 图为表示用以驱动控制第 2 图所示之加工放电用电源部的开关元件之电源控制电路的构造方块图，

第 4 图为用以说明利用第 3 图所示之电源控制电路之以往的放电加工用电源装置的动作原理图，

第 5 图为表示本发明第 1 实施形态之放电加工用电源装置的主要构成电路图，

第 6 图为表示用以驱动控制第 5 图所示之放电加工用电源装置的开关元件之电源控制电路的构成方块图，

第 7 图为用以说明利用第 6 图所示之电源控制电路之放电加工用电源装置的动作原理图，

第 8 图为利用第 6 图所示之电源控制电路进行动作之放电加工用电源装置的各部分动作波形图，

第 9 图为用以说明使用第 1 图所示之开关元件时的发热量与加工速度之关系图，

第 10 图为表示本发明第 2 实施形态之放电加工用电源装置具有的电源控制电路之构造方块图，

第 11 图为用以说明利用第 10 图所示之电源控制电路之放电加工用电源装

置的动作原理图，

第 12 图为利用第 10 图所示之电源控制电路进行动作之放电加工用电源装置的各部分动作波形图，

第 13 图为表示本发明第 3 实施形态之放电加工用电源装置具有的电源控制电路之构造方块图，

第 14 图为表示本发明第 4 实施形态之放电加工用电源装置具有的电源控制电路之构造方块图，

第 15 图为用以说明利用第 14 图所示之电源控制电路之放电加工用电源装置的动作原理图，

第 16 图为用以说明第 14 图所示之电源控制电路所输出之栅极驱动信号与放电加工电源装置中的极间电流之关系图，

第 17 图为表示本发明第 5 实施形态之放电加工用电源装置之电源控制电路之构造方块图，

第 18 图为表示本发明第 6 实施形态之放电加工用电源装置具有的电源控制电路之构造方块图，

第 19 图为表示本发明第 7 实施形态之放电加工用电源装置具有的电源控制电路之构造方块图，

第 20 图为用以说明利用第 19 图所示之电源控制电路之放电加工用电源装置的动作原理图，

第 21 图为表示具本发明第 8 实施形态之放电加工用电源装置具有的电源控制电路之构造方块图，

第 22 图为用以说明利用第 21 图所示之电源控制电路之放电加工用电源装置的动作原理图。

[元件标号说明]

3、13 放电检测电路

4、4a、4b、14 振荡控制电路

5a、5b、6a、6b、7a、7b、15a、15b 驱动电路

8 数控装置(NC)

9 切换器

11、22 比较器

11a、11b、12a、12b 加工电流导通时间设定电路

13 脉冲宽度延长电路
14 切换电路
15 放电状态判定电路
16 电流脉冲选择电路
17 电流脉冲停止电路
21 基准电压
23、24、26、29、31 电阻元件
25、30 缓冲器
27、28 晶体管
100 放电加工部
101 加工放电用电源部
102 预放电用电源部
105 极间
C1、C11 寄生电容
D1、D2、D11、D12、D13、D14、D21、D22 二极管
E 电极
G1、G2、G1a、G2a 栅极驱动信号
IWE 极间电流
IWE0、IWE10 放电开始电流
IWE1、IWE11 放电加工电流
IWE2、IWE22 放电维持电流
L1、L2、L21、L22 寄生电感
P1、P2、PC 控制脉冲信号
PD1、PD2、PD3 驱动脉冲信号
PK 开始指令脉冲信号
PS 加工脉冲信号
IGBT、FET1、FET2、S1a、S1b、S2a、S2b、S11a、S11b、S21 开关元件
R21 电阻器
t0 放电开始时刻
V1、V11、V21 直流电源
Va 放电电压

VWE 极间电压
W 被加工物体

[发明的最佳实施形态]

以下参照附图，详细说明本发明之放电加工用电源装置的最佳实施形态。

第 1 实施形态

第 5 图为表示本发明第 1 实施形态之放电加工用电源装置的主要构成之电路图。第 6 图为表示用以驱动控制第 5 图所示之放电加工用电源装置的开关元件之电源控制电路的构成方块图。

在第 5 图中，电极 E 与被加工物体 W 在放电加工部隔着适当的间隔配置。放电开始时，可在电极 E 与被加工物体 W 之间，自外部施加直流电压(极间电压)。此外，在电极 E 与被加工物体 W 之间，存在有寄生电容 C1。

对该电极 E 与被加工物体 W，配置有可变的直流电源 V1；开关元件 S1a、S1b、S2a、S2b；以及二极管 D1、D2。在此，对于开关元件 S1a、S1b，使用适于大电流/低损耗的元件(例如 IGBT)。此外，对于开关元件 S2a、S2b，则使用适于高速动作之元件(例如 FET)。

在直流电源 V1 的正极端，连接有并联连接之开关元件 S2a、S1a 的一信号电极与二极管 D2 的阴极电极。此外，在直流电源 V1 的负极端，连接有并联连接之开关元件 S1b、S2b 的一信号电极与二极管 D1 的阳极电极。

并联连接之开关元件 S2a、S1a 的另一信号电极，与二极管 D1 的阴极电极共同连接于被加工物体 W。在该连接线中，存在有寄生电感 L1。此外，并联连接之开关元件 S1b、S2b 的另一信号电极，与二极管 D2 的阳极电极共同连接于电极 E。在该连接线中，存在有寄生电感 L2。

如第 6 图所示，用以驱动控制开关元件 S1a、S1b、S2a、S2b 之电源控制电路系具备：用以检测放电电流流入电极 E 与被加工物体 W 之间即极间(W-E)105 的放电检测电路 3；由放电检测电路 3 接收开始指令脉冲信号 PK 之振荡控制电路 4；由振荡控制电路 4 将控制脉冲信号 PC 并行输入之驱动电路 5a、5b、6a、6b。开关元件 S1a、S1b 由驱动电路 5a、5b 接收驱动脉冲信号 PD1，此外，开关元件 S2a、S2b 由驱动电路 6a、6b 接收驱动脉冲信号 PD2，再分别将加工脉冲信号 PS 施加于极间(W-E)105。

放电检测电路 3 系具备例如：基准电压 21；比较器 22；以及将极间电压

VWE 分压之电阻元件 23、24 的串联电路。将电阻元件 23、24 的串联电路中的分压电压提供给比较器 22 的同相输入端(+), 并将基准电压 21 提供给比较器 22 的反相输入端(-), 在极间电压 VWE 由初期值下降至基准电压 21 以下时, 利用比较器 22 的输出电平的反转以检测极间的放电开始。

驱动电路 5a、5b 系由例如: 输入有控制脉冲信号 PC 的缓冲器 25; 通过电阻元件 26 将缓冲器 25 的输出作为输入而由 2 个晶体管 27、28 的串联电路所构成的驱动器; 以及连接驱动器的输出端与开关元件 S1a、S1b 的控制端之电阻元件 29 所构成。驱动电路 6a、6b 系由例如: 输入有控制脉冲信号 PC 之缓冲器 30; 以及连接缓冲器 30 的输出端与开关元件 S2a、S2b 的控制端之电阻元件 31 所构成。

以下, 参考第 5 图至第 9 图, 说明有关第 1 实施形态之放电加工用电源装置的动作。此外, 第 7 图为用以说明利用第 6 图所示之电源控制电路之放电加工用电源装置的动作原理图。第 8 图为表示利用第 6 图所示之电源控制电路之放电加工用电源装置之各部分之动作波形图。第 9 图为用以说明使用第 1 图所示之开关元件时之发热量与加工速度间的关系图。

首先, 说明第 5 图、第 6 图所示之标号的意思。在第 5 图中, 由寄生电容 C1 流向被加工物体 W 的电流 IWE0 为放电开始电流。通过开关元件 S1a(S1b) 由一侧的信号电极流向另一侧的信号电极之电流 IWE1 为放电加工电流。通过开关元件 S2a(S2b) 由一侧的信号电极流向另一侧的信号电极之电流 IWE2 为放电维持电流。由被加工物体 W 流向电极 E 的电流 IWE 为极间电流。此外, VWE 为极间电压。

此外, 在第 6 图中, tk、tc、td 则分别表示在各电路中接收输入而产生并输出所需信号之处理的所需时间(迟延时间)。ts1 表示开关元件 S1a、S1b 的迟延时间。ts2 表示开关元件 S1a、S1b 的迟延时间。tr1 为由放电产生时刻(时刻 t0)至大电流的放电加工电流 IWE1 出现在极间为止的迟延时间。tr2 为由放电产生时刻(时刻 t0)至放电维持电流 IWE2 出现在极间为止的迟延时间。

此外, 在第 5 图至第 7 图中, 从未表示于图示之其他电源装置将预定的极间电压 VWE 施加于极间, 使极间呈可放电的状态。藉此由电路中的寄生电容 C1 产生电容放电, 使放电开始电流 IWE0 出现于极间。极间电压 VWE 急速下降, 由放电开始时刻 t0 在经过时间 tk 后, 稳定在最低的放电电压 Va(第 7 图(1))。

放电检测电路 3 系当利用比较器 22 检测极间电压 VWE 变得较基准电压 21

为低，以检测出极间产生放电时，由该检测时刻(放电开始时刻 t_0)于延迟时间 t_k 后，将振荡开始指令脉冲信号 PK 输出至振荡控制电路 4。振荡开始指令脉冲信号 PK 在直到极间电压 VWE 消失为止的期间持续输出(第 7 图(2))。振荡控制电路 4 接收振荡开始指令脉冲信号 PK，视极间的加工状态将预设的脉冲宽度的控制脉冲信号 PC 在延迟时间 t_c 后输出至驱动电路 5a、5b、6a、6b(第 7 图(3))。

藉此，驱动电路 5a、5b 在延迟时间 t_d 后，将拥有预定脉冲宽度的驱动脉冲信号 PD1 输出至开关元件 S1a、S1b，以进行导通(on)驱动(第 7 图(4))。开关元件 S1a、S1b 在延迟时间 t_{s1} 后，仅在一定期间 $t_1(\text{on})$ 呈导通动作状态(第 7 图(5))。流过开关元件 S1a、S1b 的电流 IWE1，因通过寄生电感 L1、L2 而出现于极间，因此在一定期间 $t_1(\text{on})$ 内，以某一斜率持续上升，并在一定期间 $t_1(\text{on})$ 结束的同时，转换为下降(第 7 图(8))。

驱动电路 6a、6b 在延迟时间 t_d 后，将拥有预定脉冲宽度的驱动脉冲信号 PD2 输出至开关元件 S2a、S2b，以进行导通驱动(第 7 图(6))。开关元件 S2a、S2b 在延迟时间 t_{s2} 后，仅在一定期间 $t_2(\text{on})$ 呈导通动作状态(第 7 图(7))。流过开关元件 S2a、S2b 的电流 IWE2，因通过寄生电感 L1、L2 而出现于极间，因此在一定期间 $t_2(\text{on})$ 内，以某一斜率持续上升，并在一定期间 $t_2(\text{on})$ 结束的同时，转换为下降(第 7 图(8))。

在此，因开关元件 S1a、S1b 为适于大电流/低损耗的元件之故，其延迟时间 t_{s1} 较长，故导通动作状态的期间($t_1(\text{on})$)亦必须随之延长。另一方面，因开关元件 S2a、S2b 为适于高速动作的元件之故，其延迟时间 t_{s2} 较短，故导通动作状态的期间($t_2(\text{on})$)亦可较短。因此，如第 7 图(5)、(7)所示，对于开关元件 S1a、S1b 的延迟时间 t_{s1} 与开关元件 S2a、S2b 的延迟时间 t_{s2} ，为 $t_{s1} > t_{s2}$ 。

此外，如第 7 图(4)、(6)所示，驱动脉冲信号 PD1、PD2 的脉冲宽度为 $PD1 > PD2$ 。此外，驱动脉冲信号 PD1 的脉冲宽度，具有与振荡控制电路 4 所输出的控制脉冲信号 PC 的脉冲宽度相同的脉冲宽度，但其结束时刻可由外部加以设定变更。另一方面，驱动脉冲信号 PD1 的脉冲宽度，根据其功能可使用固定值。

其结果，如第 7 图(8)所示，就极间电流 IME 而言，一开始在经过时间 $tr_2(t_k+t_c+t_d+t_{s2}=tr_2)$ 后，出现流过开关元件 S2a、S2b 的电流 IME2，之后，

在经过时间 $tr1$ ($tk+tc+td+ts1=tr1$) 后, 出现流过开关元件 S1a、S1b 的电流 I_{ME1} 。该电流 I_{ME2} 对应于以往例中所说明之放电维持电流 I_{WE22} , 而电流 I_{ME1} 则对应于比往例中所说明之大电流的放电加工电流 I_{WE11} 。

此外, 利用调节开关元件 S1a、S1b 呈导通动作状态的期间 ($t1(on)$)、以及开关元件 S2a、S2b 呈导通动作状态的期间 ($t2(on)$) 之时间位置与大小, 如第 7 图 (8) 所示, 即可使放电维持电流 I_{WE2} 与放电加工电流 I_{WE1} 产生相当大的重叠部分。

第 8 图表示选出以上所说明之有关极间电流 I_{WE} 的部分的动作波形。第 8 图中, 在将预定的极间电压 V_{WE} 施加于极间时 (1), 放电开始电流 I_{WE0} 开始流通 (2), 在放电检测电路 3 检测出极间电压 V_{WE} 开始下降的放电开始时刻 t_0 , 输出开始指令脉冲信号 PK (3)。由放电开始时刻 t_0 经过时间 $tr2$ 的时刻为放电开始电流 I_{WE0} 超过峰值的时刻附近 (9)。

在由放电开始时刻 t_0 经过时间 $tr2$ 的时刻, 开关元件 S2a、S2b 利用驱动脉冲信号 PD2, 仅在一定期间 $t2(on)$ 呈导通动作状态 (4), 而放电维持电流 I_{WE2} 开始流通 (5)。在放电开始电流 I_{WE0} 超过峰值而下降至某值附近时, 该放电维持电流 I_{WE2} 以与放电开始电流 I_{WE0} 交替的方式开始流通 (9)。

振荡控制电路 4 所输出之控制脉冲信号 PC 拥有预设的脉冲宽度 (6), 产生的驱动脉冲信号 PD1 拥有与控制脉冲信号相同的脉冲宽度 (7)。在由放电开始时刻 t_0 经过时间 $tr1$ 后的时刻, 开关元件 S1a、S1b 利用驱动脉冲信号 PD1 仅在一定期间 $t1(on)$ 呈导通动作状态 (7), 而大电流的放电加工电流 I_{WE1} 开始流通 (8)。该放电加工电流 I_{WE1} , 在放电维持电流 I_{WE2} 变为下降时, 以与放电维持电流 I_{WE2} 交替的方式开始流通 (9)。

如第 8 图 (9) 所示, 极间电流 I_{WE} 虽与比往例相同 (参考第 4 图 (10)), 而为 $I_{WE}=I_{WE0}+I_{WE2}+I_{WE1}$, 但相较于比往例其相互重叠的部分也大幅增加。因此, 不但可避免极间电流 I_{WE} 产生中断, 同时由于其拥有较大的重叠部分而可使加工能量增加, 因此以相同的放电频率来比较时, 可提高加工效率。

在此, 将具体的元件用于开关元件 S1a、S1b、S2a、S2b 以进行说明。首先, 对于开关元件 S1a、S1b, 为使大电流流通而选用第 1 图所示之开关元件 IGBT 作为电流容量较大的元件时, 迟延时间 $ts1$ 约为 600ns。之后, 开关元件 S2a、S2b, 以下述之方式决定。

亦即, 由电容放电产生之放电开始电流 I_{WE0} 的脉冲宽度约为 360ns。对于

开关元件 S2a、S2b，如使用第 1 图所示之开关元件 FET2 时，由放电开始时刻 t_0 至放电维持电流 I_{WE2} 出现在极间为止的迟延时间 t_{r2} 则与比往例相同，约为 410ns 程度。该数值较放电开始电流 I_{WE0} 的脉冲宽度为大。如此，将导致极间电流产生中断。

因此，对于开关元件 S2a、S2b，为使流通能够维持放电的电流，而选定第 1 图所示之开关元件 FET1 以作为电流容量较小的元件。此时的迟延时间 t_{s2} 较 FET2 的迟延时间缩短 60ns，而约为 25ns。如使用 FET1，则迟延时间 t_{r2} 可缩短为 350ns。该时间较放电开始电流 I_{WE0} 的脉冲宽度 360ns 要短。

因此，对于开关元件 S2a、S2b，利用使用第 1 图所示之开关元件 FET1，在放电开始电流 I_{WE0} 输出后，因利用开关元件 S2a、S2b 所产生的放电维持电流 I_{WE2} ，能够无间隙地填补到放电加工电流 I_{WE1} 出现之前的迟延时间的这一段期间，而使得极间电流 I_{WE} 不至于产生中断，而达到维持极间的导电路径的目的。

此外，放电维持电流 I_{WE2} 相较于大电流的放电加工电流 I_{WE1} ，约提前 $t_{s1} - t_{s2} = 575\text{ns}$ 出现于极间，因此如为使放电维持电流 I_{WE2} 的脉冲宽度维持在 575ns 以上，而预先设定开关元件 S2a、S2b 的导通动作状态之一定时间 $t_2(\text{on})$ ，则放电维持电流 I_{WE2} 与大电流的放电加工电流 I_{WE1} 可为时间上连续之输出电流波形。

以下，参考第 9 图具体说明本发明之意义。此外，第 9 图中之横轴为加工速度 (mm^2/min)。而纵轴为发热量 (W)。第 9 图中，特性 36 为，与比往例相同利用单一特性的开关元件构成上述之开关元件 S1a、S1b、S2a、S2b，并使用第 1 图所示之开关元件 4 (IGBT) 作为大容量元件时的特性图。特性 37 为与比往例相同利用单一特性的开关元件构成上述之开关元件 S1a、S1b、S2a、S2b，并使用第 1 图所示之开关元件 1 (FET1) 作为小容量元件时的特性图。特性 38 为利用本发明之不同特性的开关元件构成上述之开关元件 S1a、S1b、S2a、S2b，并组合使用第 1 图所示之开关元件 1 (FET1) 与开关元件 4 (IGBT) 时的特性图。特性 39 为与比往例相同利用单一特性的开关元件构成上述之开关元件 S1a、S1b、S2a、S2b，并使用第 1 图所示之开关元件 1 (FET2) 作为小容量元件时的特性图。

即使是以单一的开关元件构成上述开关元件 S1a、S1b、S2a、S2b，但如使用第 1 图所示之开关元件 4 (IGBT) 作为大容量元件时，能以较少的元件数即可完成。然而，在只拥有大容量开关元件的电路中，由于元件的特性而无法快速

动作，因此无法尽早在放电开始电流 IWE0 进行流通且极间电流持续的期间内施加放电加工电流 IWE1，而在放电加工电流 IWE1 输出时，极间状态回复到绝缘状态(无导电路径，呈开路状态)。在上述之极间状态下，与比往例相同，形成直流电源 V1 之高电压施加于极间的状态，而利用该高电压产生新的放电，形成在没有预放电的情况下大电流突然流过极间。因放电无法稳定，如特性 36 所示，只能获得 200 (mm²/min) 左右的加工速度，而无法提高加工速度。

另一方面，以第 1 图所示之开关元件 1 (FET1) 构成上述开关元件 S1a、S1b、S2a、S2b 时，由于该开关元件 1 (FET1) 为高速响应元件，因此可尽早在放电开始电流 IWE0 进行流通且极间电流持续的期间内施加放电加工电流 IWE1，而不会产生上述之问题。然而，在仅有开关元件 1 (FET1) 的电路中，因元件的电流容量较小，因此如欲直接输出大电流的放电加工电流 IWE1，则必须将为数众多的元件以并联之方式构成。此外，在需要大电流的高速加工领域中，开关元件的导通电阻较大，而最大电流容量较小。因此，如特性 37 所示，而有发热量将增多、冷却元件的成本提高的问题。

与上不同的是，在本发明中，如上所述乃以不同特性的开关元件构成上述之开关元件 S1a、S1b、S2a、S2b。例如：组合使用第 1 图所示之开关元件 1 (FET1) 与开关元件 4 (IGBT)。其结果，即可解决上述之问题，利用较少的元件数即可实现特性 38 所示之可进行高速响应且大电流低损耗的放电加工电源装置。

此外，特性 39 表示在使用比往例中所说明之第 1 图的开关元件 2 (FET2) 的电路构成中的加工速度与发热量之关系。根据与本发明所获得之特性 38 的比较可以得知，本发明中，在 300mm²/min 的加工速度时的发热量可大幅降低至 2/3 的程度。

如上所述，根据第 1 实施形态，由于从放电加工中的预放电至输入加工电流为止的迟延时间的期间中，形成于极间的导电路径可在稳定的状态下持续维持而不会消失，因此即可防止因加工电流输入失败而导致的加工效率下降的问题。同时也可抑制电极线产生不必要的断线。如此，可有效提高加工效率与加工速度。

此外，可由预放电顺利地输入加工电流，如此即可抑制加工面的粗糙，而可提高加工精度及加工质量。此外，因可使用元件响应时间较为低速的大容量元件，如此即可减少元件数。其结果，可实现电源装置小型化，且价格低廉。除此之外，由于在此可同时实现在单一的开关电路中无法同时实现的大电流与

高频率开关动作，因此能使用粗线电极的高速加工。

第 2 实施形态

第 10 图为表示本发明第 2 实施形态之放电加工用电源装置具有的电源控制电路之构成方块图。此外，对于第 10 图中与第 1 实施形态(第 6 图)所示构成相同或同等的构成部分，则标以相同之标号。在此，以第 2 实施形态有关的部分为中心加以说明。

亦即，第 2 实施形态之电源控制电路系为，驱动控制第 1 实施形态(第 1 图)所示之放电加工用电源装置中的开关元件 S1a、S1b、S2a、S2b 之电路。在第 2 实施形态中，在开关元件 S1a、S1b 与开关元件 S2a、S2b 间的特性关系上，与第 1 实施形态相同，即使速度差较大也无妨，但亦可适用于速度差较小的情况。

构成要素系如第 10 图所示，其拥有第 1 实施形态(第 6 图)所示之全部构成。其不同点在于，驱动电路 6a、6b 的输入脉冲信号变为放电检测电路 3 所输出之开始指令脉冲信号 PK。此外，为简化说明，对于由驱动电路 6a、6b 提供给开关元件 S2a、S2b 的驱动脉冲信号，使用与第 1 实施形态(第 6 图)相同的标记 PD2。

以下，参考第 10 图至第 12 图，说明有关第 2 实施形态之放电加工用电源装置的动作。此外，第 11 图为用以说明利用第 10 图所示之电源控制电路之放电加工用电源装置的动作原理图。第 12 图为表示利用第 10 图所示之电源控制电路进行动作之放电加工用电源装置的各部分的动作波形图。

第 10 图、第 11 图中，从未图示之其他电源装置将某极间电压 VWE 施加于极间，使极间呈可放电的状态。藉此利用电路中的寄生电容 C1 产生电容放电，使放电开始电流 IWE0 出现于极间。极间电压 VWE 急速下降，由放电开始时刻 t0 在经过时间 tk 后，稳定在最低的放电电压 Va(第 11 图(1))。

放电检测电路 3 系当利用比较器 22 检测极间电压 VWE 变得较基准电压 21 为低，以检测出极间产生放电时，由该检测时刻(放电开始时刻 t0)于迟延时间 tk 后，将振荡开始指令脉冲信号 PK 输出至振荡控制电路 4 与驱动电路 6a、6b。振荡开始指令脉冲信号 PK 在直到极间电压 VWE 消失为止的期间持续输出(第 11 图(2))。

振荡控制电路 4 接收振荡开始指令脉冲信号 PK，视极间的加工状态将预设的脉冲宽度的控制脉冲信号 PC 在迟延时间 tc 后输出至驱动电路 5a、5b(第 11

图(3))。

藉此，驱动电路 5a、5b 在迟延时间 $t_k+t_c+t_d$ 后，将拥有预定脉冲宽度的驱动脉冲信号 PD1 输出至开关元件 S1a、S1b，以进行导通驱动(第 11 图(4))。开关元件 S1a、S1b 在迟延时间 t_{s1} 后，仅在一定期间 $t1(on)$ 呈导通动作状态(第 11 图(5))。流过开关元件 S1a、S1b 的电流 IWE1，因通过寄生电感 L1、L2 而出现于极间，因此在一定期间 $t1(on)$ 内，以某一斜率持续上升，并在一定期间 $t1(on)$ 结束的同时，转换为下降(第 11 图(8))。

另一方面，驱动电路 6a、6b 在迟延时间 t_k+t_d 后将拥有预定脉冲宽度的驱动脉冲信号 PD2 输出至开关元件 S2a、S2b，以进行导通驱动(第 11 图(6))。开关元件 S2a、S2b 在迟延时间 t_{s2} 后，仅在一定期间 $t2(on)$ 呈导通动作状态(第 11 图(7))。流过开关元件 S2a、S2b 的电流 IWE2，因通过寄生电感 L1、L2 而出现于极间，因此在一定期间 $t2(on)$ 内，以某一斜率持续上升，并在一定期间 $t2(on)$ 结束的同时，转换为下降(第 11 图(8))。

驱动脉冲信号 PD1、PD2 的脉冲宽度与第 1 实施形态相同，为 $PD1 > PD2$ (第 11 图(4)、(6))。驱动脉冲信号 PD1 的脉冲宽度，具有与振荡控制电路 4 所输出的控制脉冲信号 PC 的脉冲宽度相同的脉冲宽度，但其结束时刻可由外部加以设定变更。另一方面，驱动脉冲信号 PD1 的脉冲宽度，根据其功能可使用固定值。

此外，开关元件 S1a、S1b 的迟延时间 t_{s1} 与开关元件 S2a、S2b 的迟延时间 t_{s2} ，与第 1 实施形态相同，为 $t_{s1} > t_{s2}$ (第 11 图(5)、(7))。

在第 2 实施形态中，开关元件 S2a、S2b 由于在省略了振荡控制电路 4 中的迟延时间 t_c 的时刻进行导通动作，因此相较于开关元件 S1a、S1b，至少减少了迟延时间 t_c 的时间快速地呈现导通状态。因此，相较于电流 IWE1，电流 IWE2 减少了迟延时间 t_c 的时间，较快地出现于极间。

其结果，如第 11 图(8)所示，就极间电流 IME 而言，一开始在经过时间 $tr2(t_k+t_d+t_{s2}=tr2)$ 后，出现流过开关元件 S2a、S2b 的电流 IME2，之后，在经过时间 $tr1(t_k+t_c+t_d+t_{s1}=tr1)$ 后，出现流过开关元件 S1a、S1b 的电流 IME1。该电流 IME2 对应于比往例中所说明之放电维持电流 IWE22，而电流 IME1 则对应于比往例中所说明之大电流的放电加工电流 IWE11。

此外，利用调节开关元件 S1a、S1b 呈导通动作状态的期间($t1(on)$)、以及开关元件 S2a、S2b 呈导通动作状态的期间($t2(on)$)之时间位置与大小，如

第 11 图(8)所示,即可使放电维持电流 IWE2 与放电加工电流 IWE1 产生相当大的重叠部分。

第 12 图表示选出以上所说明之有关极间电流 IWE 的部分的动作波形。其可获得与第 1 实施形态(第 8 图)相同的特性。两者的不同点在于,由于相较于开关元件 S1a、S1b,开关元件 S2a、S2b 至少可省去迟延时间 t_c 而快速地呈导通动作状态,因此相较于第 1 实施形态(第 8 图),放电维持电流 IWE2 出现于极间的迟延时间 tr_2 更加缩短。

因此,与第 1 实施形态相同,极间电流 IWE 为 $IWE = IWE0 + IWE2 + IWE1$,相较于比往例其相互重叠的部分大幅增加。如此不但可避免极间电流 IWE 产生中断,同时由于其拥有较大的重叠部分,而可使加工能量增加,因此相较于相同的放电频率,其可大幅提高加工效率。

为易于理解,在此以具体的数值进行说明。与比往例相同,利用单一特性的元件构成开关元件 S1a、S1b、S2a、S2b 时,由放电开始时刻 t_0 至放电加工电流 IWE1 出现在极间为止的迟延时间 tr_1 ,通常为 410ns 程度,利用电容放电所产生的放电开始电流 IWE0 的脉冲宽度为 360ns 程度。因此,在该情况下,极间电流有可能产生中断的某期间为 50ns 程度。在比往例中,该期间中放电维持电流(第 2 图、第 3 图的 IWE22)维持流通,以避免极间电流产生中断的情形。

与此不同的是,在第 2 实施形态中,振荡控制电路 4 的迟延时间 t_c 约为 100ns 程度,由于缩短了该迟延时间 t_c ,因此至放电维持电流 IWE2 出现于极间为止的迟延时间 tr_2 为 $410\text{ns} - 100\text{ns} = 310\text{ns}$ 。迟延时间 $tr_2 = 310\text{ns}$,其相较于产生放电开始电流 IWE0 的电容放电的脉冲宽度 360ns 为短。因此,在产生放电开始电流 IWE0 后,至放电加工电流 IWE1 出现为止的迟延时间的期间中,由于放电维持电流 IWE2 维持流通,因此极间电流不会产生中断而能维持极间的导电路径。此时,由于 $tr_1 - tr_2 = 410\text{ns} - 310\text{ns} = 100\text{ns}$,因此,若设定使开关元件 S2a、S2b 导通的一定时间 $t_2(\text{on})$,只要使放电维持电流 IWE2 的脉冲宽度为 150ns 程度以上即可。

但是,在第 2 实施形态中,开关元件 S2a、S2b 虽也可使用与开关元件 S1a、S1b 相同电气特性的元件,但若使用具有不同特性的元件,其效果更佳。例如:当开关元件 S1a、S1b 使用第 1 图的 FET2,而开关元件 S2a、S2b 使用第 1 图的 FET1 时,开关元件 S1a、S1b 的迟延时间 ts_1 为 $ts_1 = 172\text{ns}$,而开关元件 S2a、

S2b 的迟延时间 t_{s2} 为 $t_{s2}=75\text{ns}$ 。

在第 10 图所示之电路中，如上所述，开关元件 S2a、S2b 相较于开关元件 S1a、S1b，因减少了迟延时间 t_c 而较早导通，但此时，由于 $t_{s1}-t_{s2}=172\text{ns}-75\text{ns}=97\text{ns}$ ，其可更早导通。开关元件 S2a、S2b 的导通时间 $t_2(\text{on})$ 虽为预先设定的一定时间，但没有必要使其长于流过放电加工电流 I_{WE1} 之开关元件 S1a、S1b 的导通时间 $t_1(\text{on})$ 。

具体而言，开关元件 S1a、S1b 的导通时间 $t_1(\text{on})$ 最大可为 1500ns 程度，而开关元件 S2a、S2b 的导通时间 $t_2(\text{on})$ 则以 150ns 程度为佳。此外，由于输出电流的峰值与导通时间呈比例，而相较于放电加工电流 I_{WE1} 的最大峰值，可大幅降低维持电流 I_{WE2} 的峰值，因此可使开关元件 S2a、S2b 的电流容量小于开关元件 S1a、S1b 的电流容量。

因此，对于开关元件 S2a、S2b，可使用如第 1 图的 FET1，即电流容量小但可进行更高速响应的开关元件。与之相反，开关元件 S1a、S1b 可使用开关响应时间较慢的元件，其响应时间只要利用开关元件 S2a、S2b 在放电开始电流 I_{WE0} 与放电加工电流 I_{WE1} 之间的迟延时间的期间中可维持极间的导电路径的范围内即可。

此外，如第 1 图所示，一般而言即使拥有相同的额定电压，而电流容量较小的开关元件多具有栅极输入电容变小的倾向。亦即，其不需耗费太多用以进行驱动功率。因此，开关元件 S2a、S2b 的驱动，可利用放电检测电路 3 的输出信号(开始指令脉冲信号)PK 直接来进行。此时，因去除驱动电路 6a、6b，因此可缩短驱动电路 6a、6b 的迟延时间 t_d 。

此外，在关断开关元件 S1a、S1b 而只使用开关元件 S2a、S2b 的情况下，亦可利用较以往的脉冲宽度为短的电流感波形来进行放电加工。与第 1 图所示之最小脉冲宽度比较，使用 FET2 时为 472ns，但只使用 FET1 时，则减半为 210ns。

如上所述，根据第 2 实施形态，除了可获得与第 1 实施形态相同的作用效果外，同时可扩大能使用之开关元件的选择范围。

第 3 实施形态

第 13 图表示本发明第 3 实施形态之放电加工用电源装置具有的电源控制电路的构造方块图。此外，对于第 10 图中与第 2 实施形态(第 10 图)所示之构成相同或同等之构成部分，则标以相同的标号。在此，以第 3 实施形态有关的部分为中心加以说明。

亦即，第3实施形态之电源控制电路为，用以驱动控制第1实施形态(第1图)所示之放电加工用电源装置中的开关元件S1a、S1b、S2a、S2b之电路。其构成要素如第13图所示，除第2实施形态(第10图)所示之构成外，尚包括驱动电路7a、7b；数控装置8；以及切换器9。

与驱动电路6a、6b相同，驱动电路7a、7b的输入信号为放电检测电路3所输出的开始指令脉冲信号PK。驱动电路6a的输出(驱动脉冲信号PD2)与驱动电路7a的输出(驱动脉冲信号PD3)作为一组，并输入至切换器9。此外，驱动电路6b的输出(驱动脉冲信号PD2)与驱动电路7a的输出(驱动脉冲信号PD3)作为一组，并输入至切换器9。

切换器9系根据来自外部的数控装置8的指示进行以下之动作：亦即选择驱动电路6a的输出(驱动脉冲信号PD2)与驱动电路7a的输出(驱动脉冲信号PD3)的其中之一，再将其提供给开关元件S2a，并选择驱动电路6b的输出(驱动脉冲信号PD2)与驱动电路7a的输出(驱动脉冲信号PD3)的其中之一，再将其提供给开关元件S2b。

在此，利用驱动电路6a、7a所生成之导通驱动开关元件S2a的时间，为预先设定的一定时间，但在驱动电路6a与驱动电路7a中，该一定时间设定为不同的时间。因此，关于开关元件S2a的导通驱动，可利用切换器9切换驱动电路6a与驱动电路7a，来变更开关元件S2a的导通时间。

与此相同，利用驱动电路6a、7a所生成之导通驱动开关元件S2a的时间亦互为不同的时间。可利用切换器9变更开关元件S2b的导通时间。同时，切换器9乃根据来自外部的数控装置8的指令进行动作，因此可利用数控装置8可变控制开关元件S2a、S2b的导通时间。

此外，在第13图中，是对1个开关元件设置有2个驱动电路，但亦可设置设定有不同导通时间的3个及3个以上的驱动电路，而可精密地改变开关元件的导通时间。

如上所述，根据第3实施形态，除可获得与第2实施形态相同之作用效果外，同时可任意地可变控制高速动作开关元件的驱动时间。

第4实施形态

第14图表示本发明第4实施形态之放电加工用电源装置具有的电源控制电路的构造方块图。此外，对于在第14图中与第2实施形态(第10图)所示之构成相同或同等之构成部分，则标以相同的标号。在此，以第4实施形态有

关的部分为中心加以说明。

亦即，第 4 实施形态之电源控制电路为，用以驱动控制第 1 实施形态(第 1 图)所示之放电加工用电源装置中的开关元件 S1a、S1b、S2a、S2b 之电路。第 4 实施形态中表示使低损耗的开关元件 S1a、S1b 以拥有不同的导通动作时间进行导通/关断控制而以形成各种环流回路之环流驱动方式的构成例(之 1)。

就构成要素而言，如第 14 图所示，在第 2 实施形态(第 10 图)所示之构成中，取代振荡控制电路 4 而设置有振荡控制电路 4a、4b，并与之相应增加数控装置(NC)8；加工电流导通时间设定电路 11a、11b。

放电检测电路 3 的输出(开始指令脉冲信号 PK)被输入至振荡控制电路 4a、4b；开关元件 S2a 的驱动电路 6a(亦即第 10 图所示之驱动电路 6a)；以及开关元件 S2b 的驱动电路 6b(亦即第 10 图所示之驱动电路 6b)。

开关元件 S2a 的驱动电路 6a(以下简称为「驱动电路 6a」)，当从放电检测电路 3 输入开始指令脉冲信号 PK 时，响应该输入信号，将栅极驱动信号 G2a 输出至开关元件 S2a。而开关元件 S2b 的驱动电路 6b(以下简称为「驱动电路 6b」)，当从放电检测电路 3 输入开始指令脉冲信号 PK 时，响应该输入信号，将栅极驱动信号 G2b 输出至开关元件 S2b。

加工电流导通时间设定电路 11a 系根据数控装置(NC)8 的指示设定加工电流导通时间，再将该设定值提供给振荡控制电路 4a。振荡控制电路 4a 当从放电检测电路 3 输入开始指令脉冲信号 PK 时，响应该输入信号，产生将加工电流导通时间设定电路 11a 所指定之加工电流导通时间作为脉冲宽度之控制脉冲信号 P1，并将其提供给开关元件 S1a 的驱动电路 5a(亦即第 10 图所示之驱动电路 5a)。开关元件 S1a 的驱动电路 5a(以下简称为「驱动电路 5a」)将栅极驱动信号 G1a 输出至开关元件 S1a。

此外，加工电流导通时间设定电路 11b 根据数控装置(NC)8 的指示，设定与加工电流导通时间设定电路 11a 不同数值的加工电流导通时间后，再将该设定值供给振荡控制电路 4b。振荡控制电路 4b 当从放电检测电路 3 输入开始指令脉冲信号 PK 时，响应该输入信号，产生将加工电流导通时间设定电路 11b 所指定之加工电流导通时间作为脉冲宽度之控制脉冲信号 P2，并将其供给开关元件 S1b 的驱动电路 5b(亦即第 10 图所示之驱动电路 5b)。开关元件 S1b 的驱动电路 5b(以下简称为「驱动电路 5b」)，将栅极驱动信号 G1b 输出至开关元件 S1b。

在此，控制脉冲信号 P1、P2 的脉冲宽度为 $P1 < P2$ ，但在动作进行中， $P1 < P2$ 或 $P1 > P2$ 的情况交替出现。

以下，参照第 14 图至第 16 图，说明有关第 4 实施形态之放电加工用电源装置的动作。此外，第 15 图为用以说明利用第 14 图所示之电源控制电路之放电加工用电源装置的动作原理图。第 16 图为用以说明第 14 图所示之电源控制电路所输出之栅极驱动信号与放电加工用电源装置之极间电流间的关系图。

在第 14 图、第 15 图中，极间呈能够开始放电的状态时，将加工电流导通时间设定电路 11a 所设定之加工电流导通时间作为脉冲宽度之控制脉冲信号 P1 由振荡控制电路 4a 输出至驱动电路 5a。驱动电路 5a 仅以所输入之控制脉冲信号 P1 的脉冲宽度导通驱动开关元件 S1a。另一方面，同时，将加工电流导通时间设定电路 11b 所设定之加工电流导通时间作为脉冲宽度之控制脉冲信号 P2 由振荡控制电路 4b 输出至驱动电路 5b。

此时，控制脉冲信号 P2 的脉冲宽度设定为比控制脉冲信号 P1 稍微长一点的时间 Δt 。亦即， $P2 = P1 + \Delta t$ 。驱动电路 5b 仅以所输入之控制脉冲信号 P2 的脉冲宽度导通驱动开关元件 S1b，因此相较于开关元件 S1a，开关元件 S1b 仅以稍微长一点的时间 Δt 呈导通动作状态。但因控制脉冲信号 P1、P2 的上升时刻相同之故，因此利用驱动电路 5a、5b 的输出而驱动之开关元件 S1a、S1b 同时进行导通动作。

利用开关元件 S1a、S1b 同时进行导通动作，放电加工电流 IWE 利用第 15 图所示之回路 1 的路径流过极间。此时，放电加工电流 IWE 与所经过的时间成比例，而当将 VG 设定为开关元件的栅极电位时，系以 $(V1 - VG) / (L1 + L2)$ 之斜率上升。在该过程中，控制脉冲信号 P2 维持高电平，而控制脉冲信号 P1 则呈低电平。驱动电路 5a 因控制脉冲信号 P1 呈低电平之故，而使开关元件 S1a 维持关断状态。另一方面，驱动电路 5b 因控制脉冲信号 P2 持续维持高电平之故，而使开关元件 S1b 持续维持导通状态。

持续上升的放电加工电流 IWE，因开关元件 S1a 的关断使得直流电源 V1 的供给中断而转换为下降，但利用电路中的寄生电感 L1、L2 的感应作用，以 $-VG / (L1 + L2)$ 的斜率持续流过第 15 图所示之回路 2A 的路径。在该过程中，驱动电路 5b 因控制脉冲信号 P2 呈低电平之故，而使开关元件 S1b 呈关断状态。

在此，在电路中的寄生电感 L1、L2 的感应能量消失之前，控制脉冲信号 P2 如呈低电平状态，则拥有一 $-VG / (L1 + L2)$ 的斜率下降之残存的放电加工电流

IWE 流过第 15 图所示之回路 3 的路径，并以具有 $-(V_1+V_G)/(L_1+L_2)$ 的斜率返回直流电源 V_1 ，进行再生。其结果，使得放电加工电流 IWE 呈现如第 15 图所示之梯形波。以上为 $P_2=P_1+\Delta t$ 的动作(模式 1 的动作)。

上述之梯形波中，仅将脉冲宽度稍微延长一些时间 Δt ，便会增加开关元件 S_{1b} 的稳定损耗，但与第 2 实施形态相同，由于开关元件 S_{2a} 、 S_{2b} 进行高速动作之故，所以对于开关元件 S_{1a} 、 S_{1b} 可使用 IGBT 等元件。如此即可使损耗维持在最小的程度。IGBT 中，一般而言，由于并无 MOS-FET 等结构上存在的导通电阻，因此其在稳定状态(导通状态)中的损耗较少，而得以有效地控制因延长脉冲宽度所导致的损耗增大问题。此外，稍微短时间 Δt 的延长期间中因开关元件 S_{2a} 、 S_{2b} 已呈关断状态，因此即使使用高速响应的 MOS-FET，亦不会发生因延长稍微短时间 Δt 而导致损耗增大的问题。

此外，在上述动作说明中，虽设定为 $P_2=P_1+\Delta t$ ，但亦可在动作中交换控制脉冲信号 P_1 、 P_2 之关系，使其设定为 $P_1=P_2+\Delta t$ ，以交替进行振荡控制。此时，上述动作说明中的稍微短时间 Δt 的期间中的开关元件 S_{2a} 、 S_{2b} 的导通、关断动作正好相反，而第 15 图所示之回路 2A 所示之路径转换为回路 2B 的路径，如此同样可获得第 15 图所示之梯形波。以上，为在 $P_1=P_2+\Delta t$ 之设定下的动作(模式 2 的动作)。

在第 16 图中，(1)表示栅极驱动信号 G_1 。(2)表示栅极驱动信号 G_2 。(3)表示极间电流 IWE。图中，左侧的栅极驱动信号 G_1 、 G_2 的关系为 $P_2=P_1+\Delta t$ (模式 1)的情况。右侧的栅极驱动信号 G_1 、 G_2 的关系为 $P_1=P_2+\Delta t$ (模式 2)的情况。而极间信号 IWE 在两种情况下均呈相同波形的梯形波。

利用上述之梯形波形固定环流回路路径时，由于在开关元件 S_{1a} 、 S_{1b} 中的开关损耗与稳定损耗在比例上产生差异，而产生损耗之不均衡。但因开关元件 S_{1a} 、 S_{1b} 分别具备振荡控制电路与加工电流导通时间设定电路，因此，可相互切换环流回路，能避免使开关元件之负载电流所产生之损耗集中，而得以达到均衡分配的目的。

根据第 4 实施形态，因采用环流驱动方式，而能够增大每一个间歇放电脉冲之输入能量，能够实现需要大电流之采用粗线电极的线电极放电加工。

第 5 实施形态

第 17 图为表示本发明第 5 实施形态之放电加工用电源装置具有的电源控制电路的构造方块图。此外，对于在第 17 图中与第 4 实施形态(第 14 图)所示

之构成相同或同等之构成部分，则标以相同的标号。在此，以第5实施形态有关的部分为中心加以说明。

亦即，该第5实施形态之电源控制电路为，用以驱动控制第1实施形态(第1图)所示之放电加工用电源装置中的开关元件 S1a、S1b、S2a、S2b 之电路。在该第5实施形态中表示使低损耗的开关元件 S1a、S1b 以拥有不同的导通动作时间进行导通/关断控制而以形成各种环流回路之环流驱动方式的构成例(之2)。

就构成要素而言，如第17图所示，在第4实施形态(第14图)所示之构成中，省略了振荡控制电路 4b 与加工电流导通时间设定电路 11b，取而代之是设置脉冲宽度延长电路 13 与切换电路 14。

数控装置(NC)8的输出，除供给振荡控制电路 4a 与加工电流导通时间设定电路 11a 之外，亦供给脉冲宽度延长电路 13 与切换电路 14。而振荡控制电路 4a 的输出(控制脉冲信号 P1)则供给脉冲宽度延长电路 13 与切换电路 14。脉冲宽度延长电路 13 根据数控装置(NC)8的指示，生成将所输入之控制脉冲信号 P1 之脉冲宽度延长的控制脉冲信号 P2，并将其输出至切换电路 14。切换电路 14 根据数控装置(NC)8的指示，切换所输入之控制脉冲信号 P1、P2 的输出目标(开关元件 S1a、S1b)。

亦即，所产生之控制脉冲信号 P1、P2，其脉冲宽度经常为 $P1 < P2$ 的关系，但其利用切换器 14 的作用，即可进行与第4实施形态相同的动作。

以下，参照第7图，说明有关第5实施形态之放电加工用电源装置的动作。在第17图中，当极间变为可开始进行放电的状态时，将在加工电流导通时间设定电路 11a 所设定之加工电流导通时间作为脉冲宽度之控制脉冲信号 P1 由振荡控制电路 4a 输出至脉冲宽度延长电路 13 与切换电路 14。

延长电路 13 根据数控装置 8 的指令值，将振荡控制电路 4a 所输出的控制脉冲信号 P1 的脉冲宽度加以延长的控制脉冲信号 P2 输出至切换电路 14。切换电路 14 根据数控装置 8 的指令，将所输入的控制脉冲信号 P1、P2 各自之输出目标切换为驱动电路 5a、或 5b 的某一个再予以输出。例如控制脉冲信号 P1 输出至驱动电路 5a，而控制脉冲信号 P2 输出至驱动电路 5b。

驱动电路 5a 仅以所输入的控制脉冲信号 P1 的脉冲宽度，导通驱动开关元件 S1a。另一方面，驱动电路 5b 仅以所输入的控制脉冲信号 P2 的脉冲宽度，导通驱动开关元件 S1b。此时，将利用延长电路 13 的控制脉冲信号 P1 的延长

时间设定为 Δt 时,控制脉冲信号 P1 与控制脉冲信号 P2 之间的关系,则与第 4 实施形态所说明的相同, $P2=P1+\Delta t$ 。

此时,开关元件 S1b 相较于开关元件 S1a,呈导通动作状态的时间延长于延长时间 Δt ,但利用切换电路 14 将输出至驱动电路 5a、5b 的控制脉冲信号 P1、P2 的关系反过来,藉此,即也可使开关元件 S1a 相较于开关元件 S1b,呈导通运作状态的时间延长了延长时间 Δt 。此外,如第 4 实施形态之说明,该延长时间 Δt 当然根据数控装置 8 的指令可任意进行可变控制变化。

如上所述,根据第 5 实施形态,因设置了脉冲宽度延长电路 13,如此即可将第 4 实施形态(第 14 图)所示之加工电流导通时间设定电路 11b 以及振荡控制电路 4b 删除,利用简单的构造而获得与第 4 实施形态相同的作用效果。

第 6 实施形态

第 18 图为表示本发明第 6 实施形态之放电加工用电源装置具有的电源控制电路的构造方块图。此外,对于在第 18 图中与第 4 实施形态(第 14 图)所示之构成相同或同等之构成部分,则标以相同的标号。在此,以第 6 实施形态有关的部分为中心加以说明。

亦即,该第 5 实施形态之电源控制电路为,用以驱动控制第 1 实施形态(第 1 图)所示之放电加工用电源装置中的开关元件 S1a、S1b、S2a、S2b 之电路。在该第 6 实施形态中表示使低损耗的开关元件 S1a、S1b 以拥有不同的导通动作时间进行导通/关断控制而以形成各种环流回路之环流驱动方式的构成例(之 3)。

就构成要素而言,如第 18 图所示,在第 4 实施形态(第 14 图)所示之构成中,追加了加工电流导通时间设定电路 12a、12b。

数控装置(NC)8 的输出除供给振荡控制电路 4a、4b 与加工电流导通时间设定电路 11a、11b 之外,亦供给加工电流导通时间设定电路 12a、12b。

加工电流导通时间设定电路 12a 根据数控装置(NC)8 的指示,设定加工电流导通时间,并将该设定值输出至驱动电路 6a。驱动电路 6a 当来自放电检测电路 3 的开始指令脉冲信号 PK 被输入时,响应该输入信号,产生将加工电流导通时间设定电路 12a 所指定的加工电流导通时间作为脉冲宽度之栅极驱动信号 G2a,以导通驱动开关元件 S2a。

加工电流导通时间设定电路 12b 根据数控装置(NC)8 的指示,设定不同于加工电流导通时间设定电路 12a 的数值之加工电流导通时间,并将该设定值输

出至驱动电路 6b。驱动电路 6b 当来自放电检测电路 3 的开始指令脉冲信号 PK 被输入时，响应该输入信号，产生将加工电流导通时间设定电路 12b 所指定的加工电流导通时间作为脉冲宽度之栅极驱动信号 G2b，以导通驱动开关元件 S2b。

根据该构成，因分别对于开关元件 S1a、S1b 的驱动电路 6a、6b 各自设置加工电流导通时间设定电路 12a、12b，因此，除第 4 实施形态所说明之低损耗侧的环流驱动外，亦可产生高速动作侧之环流驱动。亦即，在开关元件 S1a、S1b 呈关断动作状态下仅使用开关元件 S2a、S2b 时，可改变开关元件 S2a、S2b 的导通时间，以取得元件的负载均衡。其结果，即使仅使用高速动作侧的开关元件时，也可调节某一程度的输出电流能量，在使用放电电流允许值小的 $\phi 0.2\text{mm}$ 以下的细线电极时，或不能输入大电流的精加工时，也能适当调节加工电流能量。

此外，利用在加工电流导通时间设定电路 12a、12b 对驱动电路 6a、6b 设定导通时间，如此即避免驱动响应动作产生延迟。在第 6 实施形态中，仅表示了对第 4 实施形态的适用例，但毫无疑问地其亦可适用于第 5 实施形态。

第 7 实施形态

第 19 图为表示本发明第 7 实施形态之放电加工用电源装置具有的电源控制电路的构造方块图。此外，对于在第 19 图中与第 4 实施形态(第 14 图)所示之构成相同或同等之构成部分，则标以相同的标号。在此，以第 7 实施形态有关的部分为中心加以说明。

亦即，该第 7 实施形态之电源控制电路为，用以驱动控制第 1 实施形态(第 1 图)所示之放电加工用电源装置中的开关元件 S1a、S1b、S2a、S2b 之电路。在第 7 实施形态中表示视放电开始时的放电状态(正常放电、快速放电、短路)将提供给极间的电流切换为较大电流峰值或较小电流峰值时的构成例(之 1)。

如第 19 图所示，连接关系虽有与第 14 图所示之连接关系不同的部分，但就构成要素而言，乃在第 4 实施形态(第 14 图)所示之构成中，追加了放电状态判定电路 15 与电流脉冲选择电路 16。

在第 19 图中，放电检测电路 3 的输出除供给振荡控制电路 4a、4b 外，亦供给放电状态判定电路 15。放电状态判定电路 15 的输出供给电流脉冲选择电路 16，而电流脉冲选择电路 16 的输出，则供给振荡控制电路 4a、4b。振荡控制电路 4a、4b 与数控装置 8 以及加工电流导通时间设定电路 11a、11b 之间的

连接关系，虽与第 14 图所示之构成相同，但振荡控制电路 4b 的输出(控制脉冲信号 P2)供给驱动电路 5a、5b，而振荡控制电路 4a 的输出(控制脉冲信号 P1)，则供给驱动电路 6a、6b。如第 4 实施形态(第 14 图所示)之说明，振荡控制电路 4b 产生脉冲宽度较宽的控制脉冲信号 BP，而振荡控制电路 4a 则产生脉冲宽度较窄的控制脉冲信号 SP。

放电状态判定电路 15 利用处理放电检测电路 3 所检测之预放电的信息，判断极间的放电状态为施加大电流的正常放电状态或重复频率增高之快速放电状态或短路状态。电流脉冲选择电路 16 接收放电状态判定电路 15 的判定结果，选择将振荡指令输出至振荡控制电路 4a 或 4b 的其中一方。具体而言，电流脉冲选择电路 16 在放电状态判定电路 15 的判定结果表示是正常的放电状态时，将振荡指令输出至振荡控制电路 4b，而当其表示是快速放电或短路状态时，则将振荡指令输出至振荡控制电路 4a。

以下，参考第 19 图、第 20 图，说明有关第 7 实施形态之放电加工用电源装置的动作。此外，第 20 图为用以说明利用第 19 图所示之电源控制电路之放电加工用电源装置的动作原理图。在此，在第 20 图中， t_d 为无负载时间。(1) 为放电状态判定电路 15 对正常放电状态、快速放电状态、短路状态的各状态进行判断之电压波形例。在此，表示视无负载时间 t_d 的长度来进行判定之例。(2) 表示驱动开关元件 S2a、S2b 之控制脉冲信号 SP 的发生时序。(3) 表示驱动开关元件 S1a、S1b 之控制脉冲信号 BP 的发生时序。(4) 表示提供给极间的电流脉冲的波形。

首先，加工电流导通时间设定电路 11a、11b 中，分别通过数控装置 8，作为线电极放电加工的加工条件的 1 个参数，预先设定控制脉冲信号 SP、SP 的脉冲宽度。如前所述，控制脉冲信号 SP、BP 的脉冲宽度设定为 $BP > SP$ 的关系。此乃从加工速度、防止线电极断线的观点来设定。

放电状态判定电路 15 在放电检测电路 3 所检测的预放电的间隔较宽、无负载时间 t_d 为 $t_d > 1\mu s$ 至 $2\mu s$ 较长的程度时，即判定为产生正常放电。反之，放电状态判定电路 15 在放电检测电路 3 所检测的预放电的间隔较窄、无负载时间 t_d 为 $t_d < 1\mu s$ 至 $2\mu s$ 较短的程度时，即判定为产生短路或快速放电。

电流脉冲选择电路 16 在放电状态判定电路 15 的判定结果表示是快速放电或短路状态时，将振荡指令输出至振荡控制电路 4a。其结果，乃利用脉冲宽度

较窄的控制脉冲信号 SP 产生用以驱动高速动作用的开关元件 S2a、S2b 之栅极驱动信号 G2a、G2b，开关元件 S2a、S2b 于控制脉冲信号 SP 的脉冲宽度内进行导通动作，如第 20 图(4)所示，电流峰值较小的电流脉冲提供给呈快速放电状态或短路状态的极间。

此外，电流脉冲选择电路 16 在放电状态判定电路 15 的判定结果表示是正常放电状态时，则将振荡指令输出至振荡控制电路 4b。其结果，乃利用脉冲宽度较宽的控制脉冲信号 BP 产生用以驱动低损耗动作用的开关元件 S1a、S1b 之栅极驱动信号 G1a、G1b，开关元件 S1a、S1b 于控制脉冲信号 BP 的脉冲宽度内进行导通动作，如第 20 图(4)所示，电流峰值较大的电流脉冲宽度提供给呈正常放电状态的极间。

如上所述，在产生正常放电的状况下，利用脉冲宽度较宽的控制脉冲信号 BP，将大电流峰值提供给极间，在产生短路或快速放电的状况下，则利用脉冲宽度较窄的控制脉冲信号 SP，将小电流峰值提供给极间。此时，提供大电流峰值时，选择具有良好低损耗特性的开关元件 S1a、S1b，在提供小电流峰值时，则选择具有良好的高速动作特性的开关元件 S2a、S2b。

如前所述，在线电极放电加工中，在高放电频率的状态下，由于正常放电的发生比例约为 1/3 至 1/2 的程度，因此即使放电频率为 100kHz，需要大电流峰值的正常放电的发生频率为 50kHz 以下。因此，在第 7 实施形态中，在根据极间开始进行放电时的放电状态来切换提供之电流脉冲的情况下，当产生不适于高频动作之正常放电时，使用低损耗的开关元件 S1a、S1b，以提供大电流峰值。另一方面，在短路或快速放电的无负载时间极短、放电循环率高、但放电现象处于无法施加大电流峰值的状态时，则使用适于高速动作、可适应高频动作之开关元件 S2a、S2b，以提供小电流峰值。

如此，即可同时实现大电流且高速动作之高速加工。此外，因将不同特性的开关元件加以组合使用，如此即可减少开关元件的数量，并减少发热量。此外，因将低损耗侧的开关电路的重复频率控制在 1/2 至 1/3 的程度，如此即可使用更加大电流且低损耗的元件(IGBT 等)。

第 8 实施形态

第 21 图为表示本发明第 8 实施形态之放电加工用电源装置具有的电源控制电路的构造方块图。此外，对于在第 21 图中与第 7 实施形态(第 19 图)所示之构成相同或同等之构成部分，则标以相同的标号。在此，以第 8 实施形态有

关的部分为中心加以说明。

亦即，第 8 实施形态之电源控制电路为，用以驱动控制第 1 实施形态(第 1 图)所示之放电加工用电源装置中的开关元件 S1a、S1b、S2a、S2b 之电路。在该第 8 实施形态中表示视放电开始时的放电状态(正常放电、快速放电、短路)将提供给极间的电流切换为较大电流峰值或较小电流峰值时的构成例(之 2)。

如第 21 图所示，在第 7 实施形态(第 19 图)所示的构成中，取代电流脉冲选择电路 16，设置电流脉冲停止电路 17。但，电流脉冲停止电路 17 的输出仅供振荡控制电路 4b。电流脉冲停止电路 17 在放电状态判定电路 15 的判定结果表示是快速放电状态或短路状态时，将振荡停止指令输出至振荡控制电路 4b。而电流脉冲停止电路 17 在放电状态判定电路 15 的判定结果为正常放电时，则不进行任何动作。

以下，参考第 21 图、第 22 图说明有关第 8 实施形态之放电加工用电源装置的动作。此外，第 22 图为用以说明利用第 21 图所示之电源控制电路之放电加工用电源装置的动作原理图。第 22 图中的各项目的内容与第 20 图之说明相同。

放电状态判定电路 15 在放电检测电路 3 所检测的预放电的间隔较为宽、无负载时间 t_d 为 $t_d > 1\mu s$ 至 $2\mu s$ 较长的程度时，即判定为产生正常放电。另一方面，放电状态判定电路 15 在放电检测电路 3 所检测的预放电的间隔较窄、无负载时间 t_d 为 $t_d < 1\mu s$ 至 $2\mu s$ 较短的程度时，即判定为产生短路或快速放电。

电流脉冲选择电路 17 在放电状态判定电路 15 的判定结果表示是快速放电或短路状态时，将振荡停止指令输出至振荡控制电路 4b。因此，放电检测电路 3 所检测的预放电的状态为正常放电时，振荡控制电路 4a、4b 如第 4 实施形态之说明那样依次进行动作，因此低损耗的开关元件 S1a、S1b 与适于高速动作之开关元件 S2a、S2b 依次被驱动。

另一方面，放电检测电路 3 所检测的预放电的状态为快速放电状态或短路状态时，仅振荡控制电路 4a 进行动作，驱动适于高速动作之开关元件 S2a、S2b。

其结果，如第 22 图所示，在产生正常放电时，将利用控制脉冲信号 BP 之大电流峰值与利用控制脉冲信号 SP 之小电流峰值提供给极间。另一方面，在产生短路或快速放电时，则将利用控制脉冲信号 SP 之小电流峰值提供给极间。

如上所述，在第 8 实施形态中，在根据极间开始进行放电时的放电状态来

切换提供之电流脉冲的情况下，当产生不适于高频动作之正常放电时，依次选择使用低损耗之开关元件 S1a、S1b 以提供大电流峰值，以及使用适于高速响应之开关元件 S2a、S2b 以提供小电流峰值。另一方面，在短路或快速放电的无负载时间极短、放电循环率高、但放电现象处于无法施加大电流峰值的状态时，则停止低损耗的开关元件 S1a、S1b 的动作，仅使用适于高速动作、可适应高频动作之开关元件 S2a、S2b，以提供小电流峰值。

如此，除了同时实现大电流且高速动作之高速加工外，并可避免电弧产生中断以进行稳定的高速加工。此外，尚可获得与第 7 实施形态相同的作用效果。

[工业上的实用性]

本发明适于使用在大电流、且进行高速线电极放电加工之线电极放电加工装置的放电加工用电源装置。

	开关元件(电容)	栅极输入电容	导通时间	关断时间	最小脉冲宽度
1	FET1(500V,3A)	330pF	25nS	50nS	77nS
2	FET1(500V,10A)	1050pF	85nS	135nS	210nS
3	FET1(500V,30A)	2800pF	172nS	300nS	472nS
4	FET1(600V,75A)	4100pF	600nS	800nS	1400nS
5	IGBT 模块 (600V,400A)	20000pF	700nS	1100nS	1800nS



1

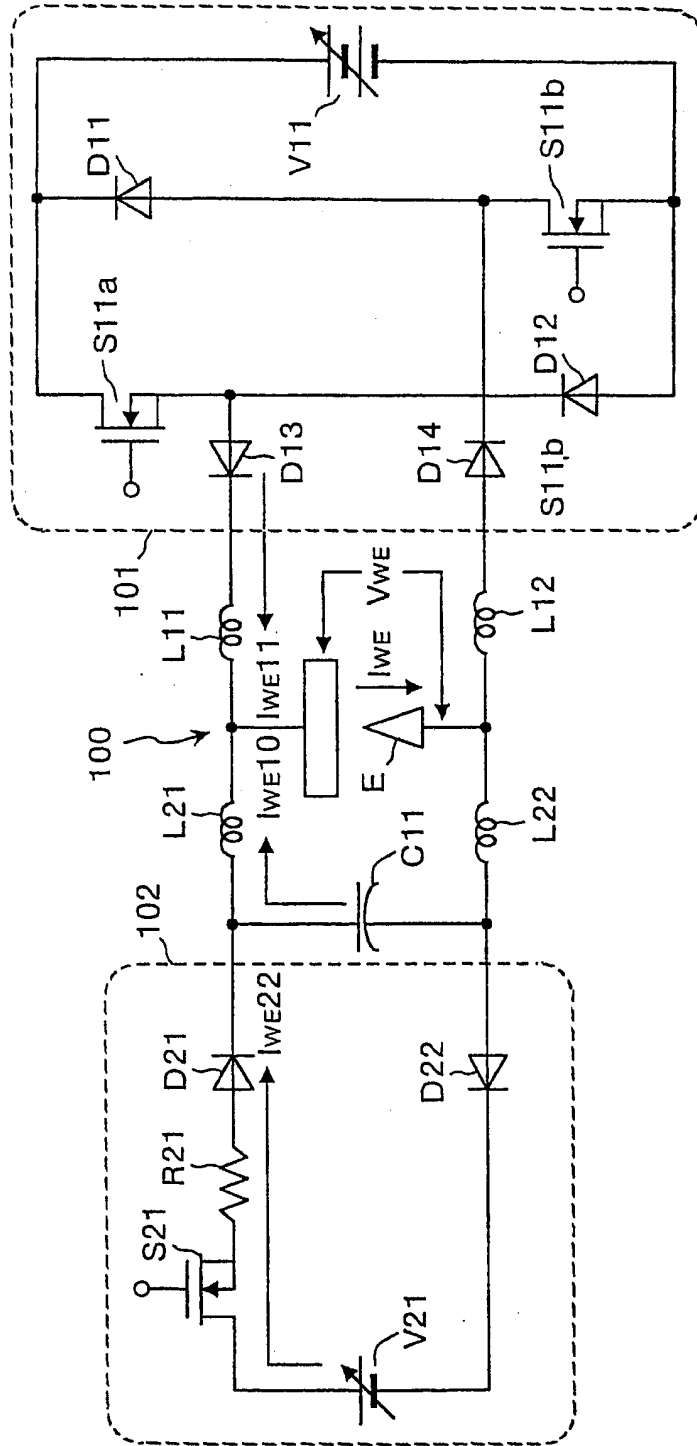


图 2

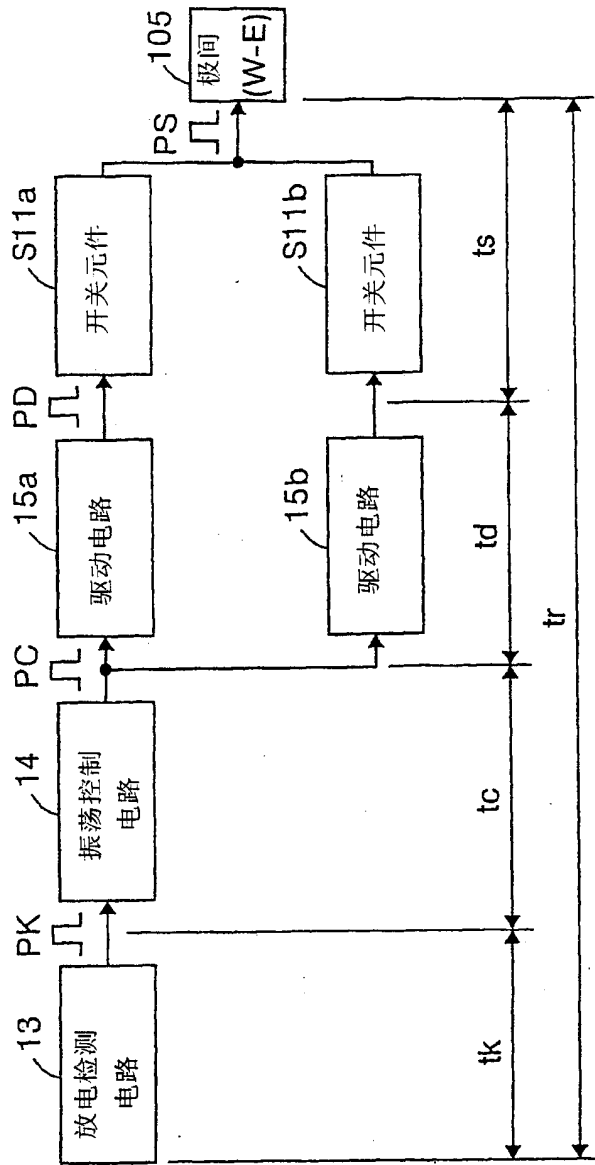


图 3

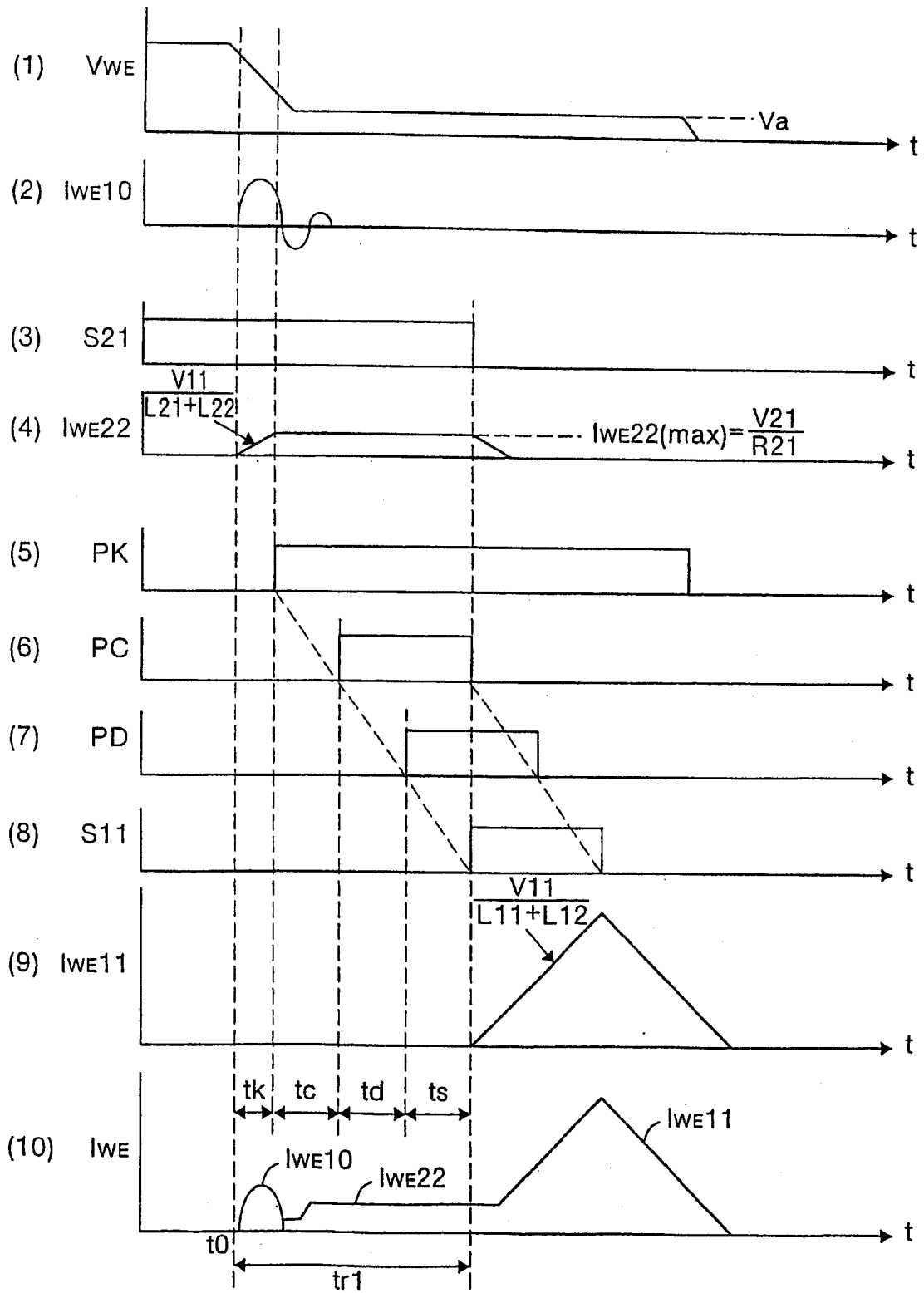


图 4

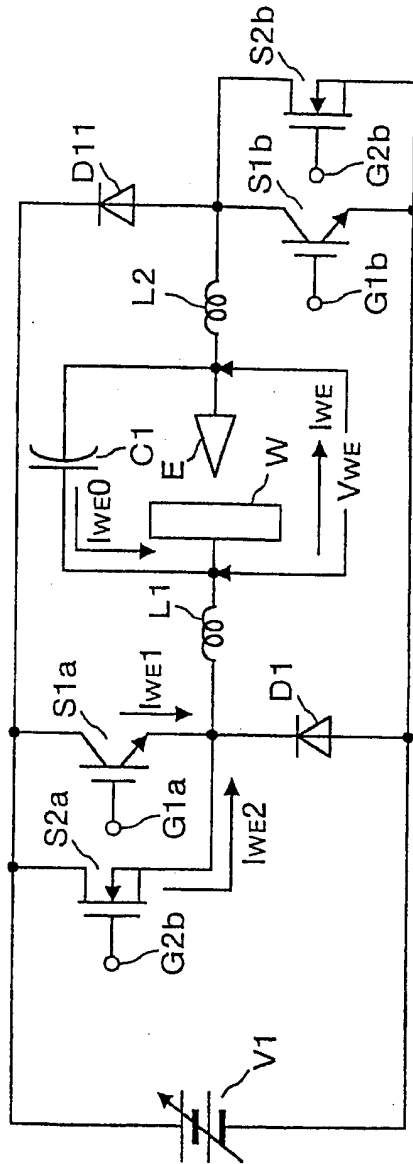


图 5

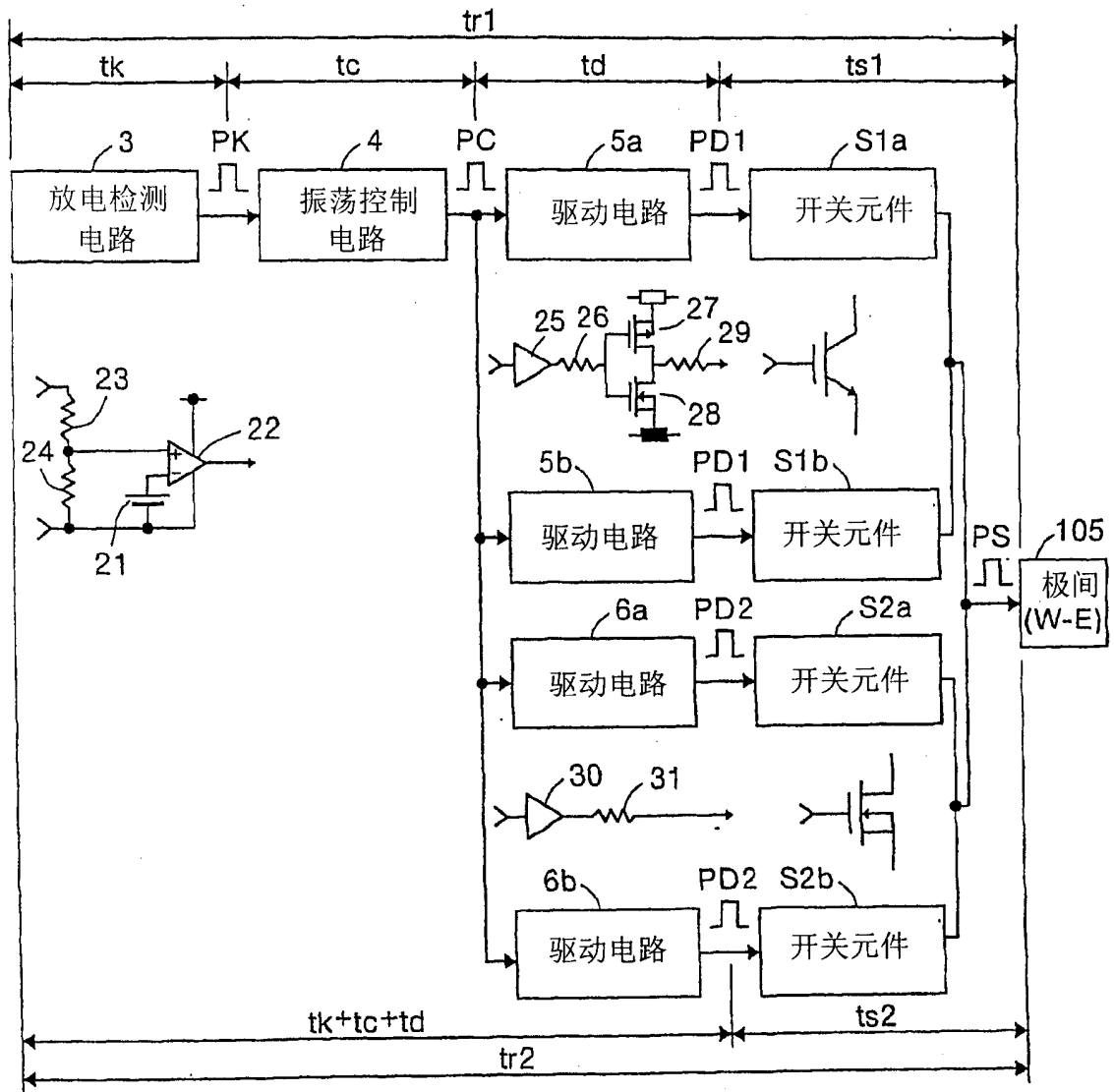


图 6

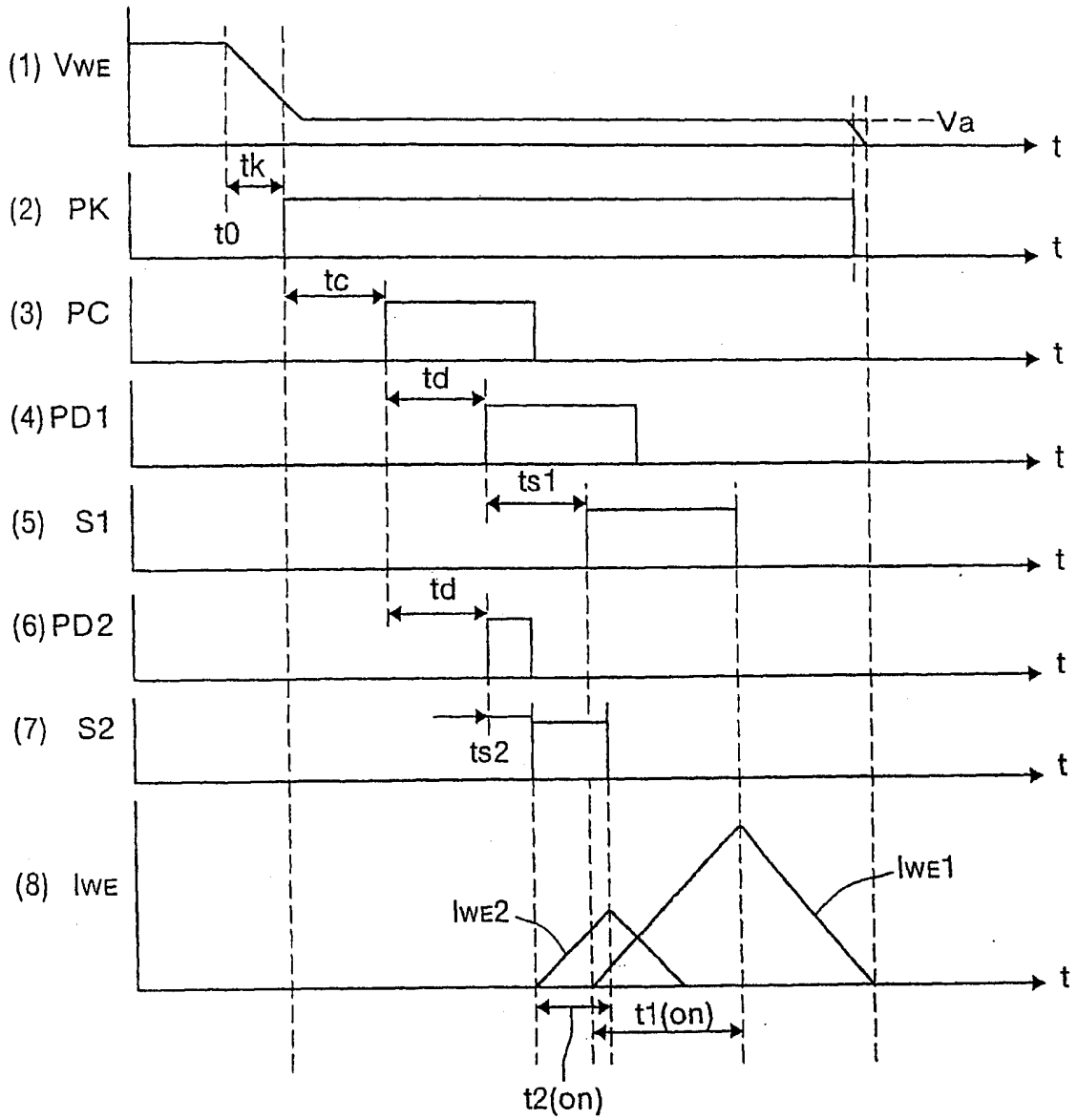


图 7

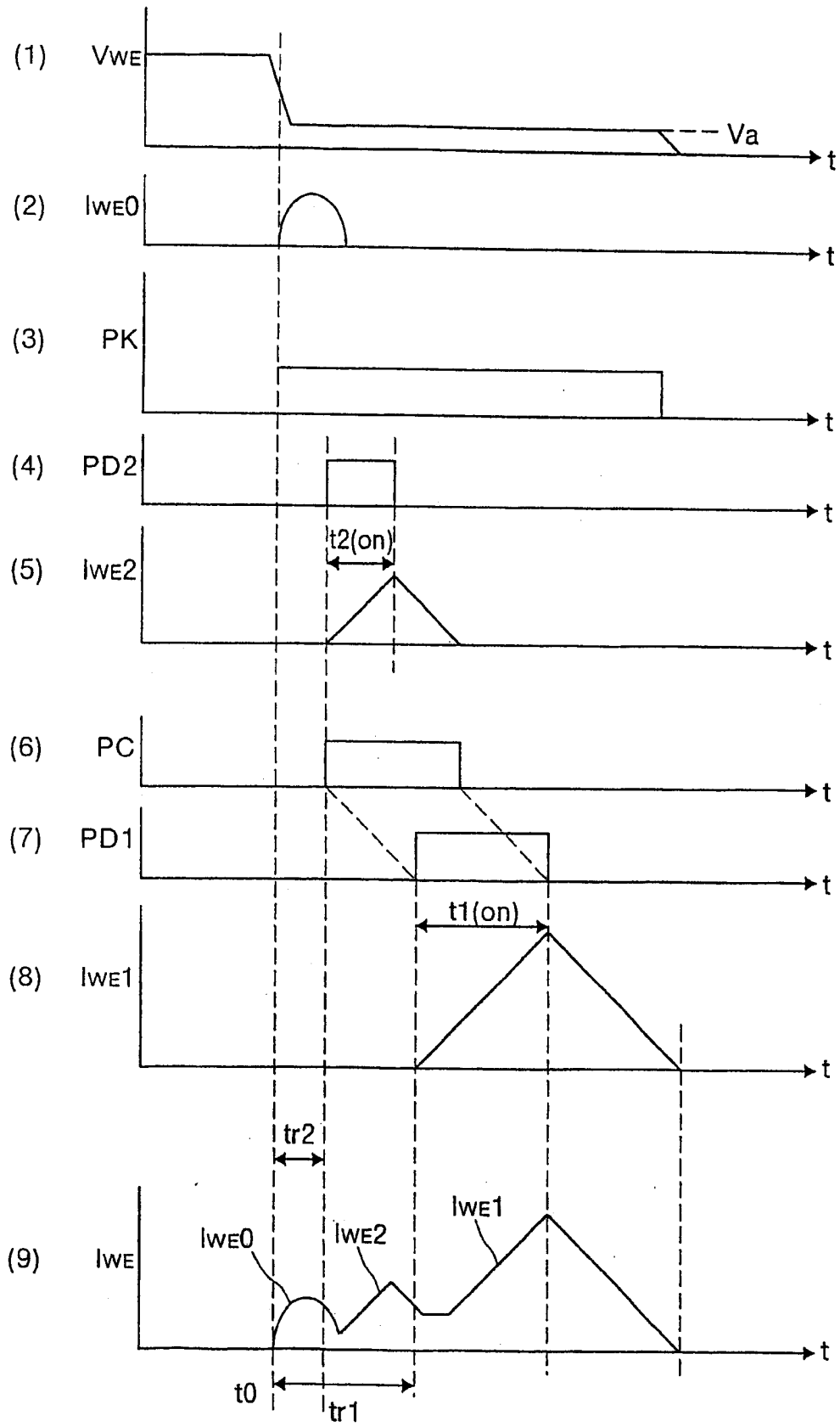


图 8

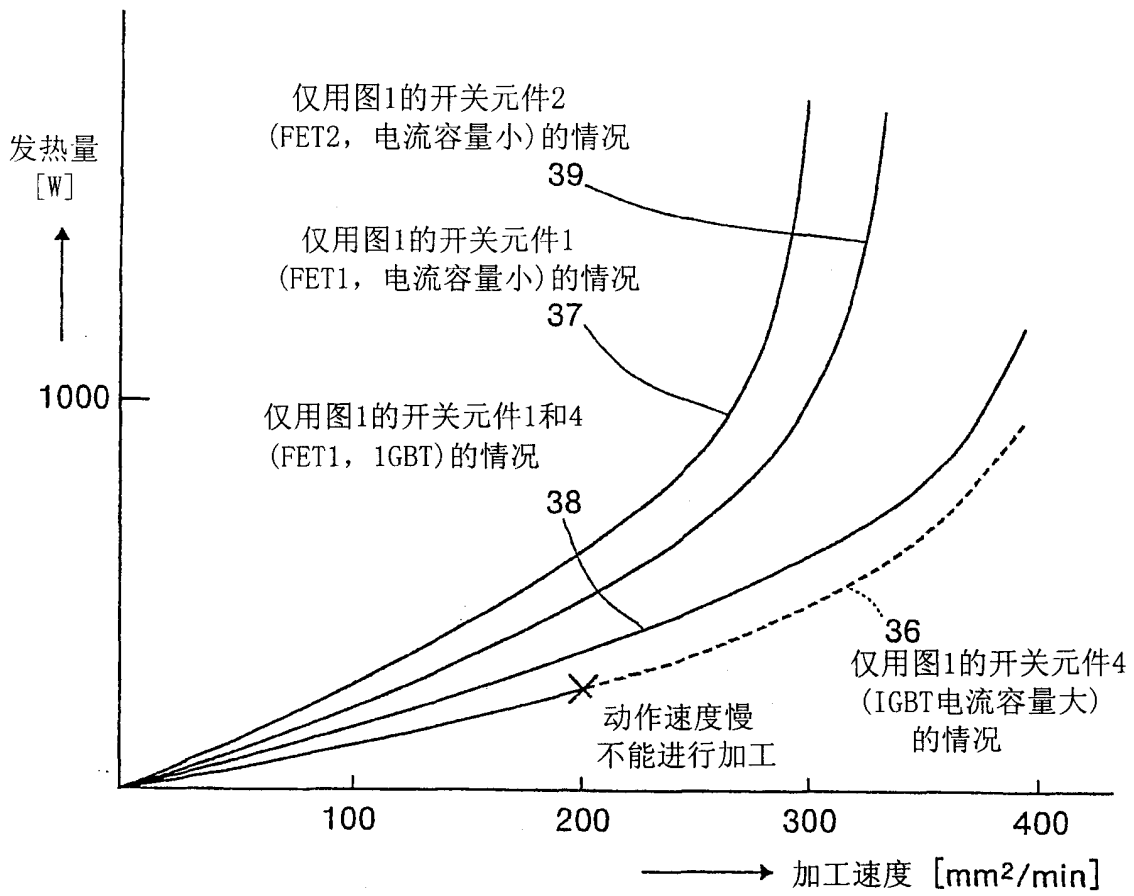


图 9

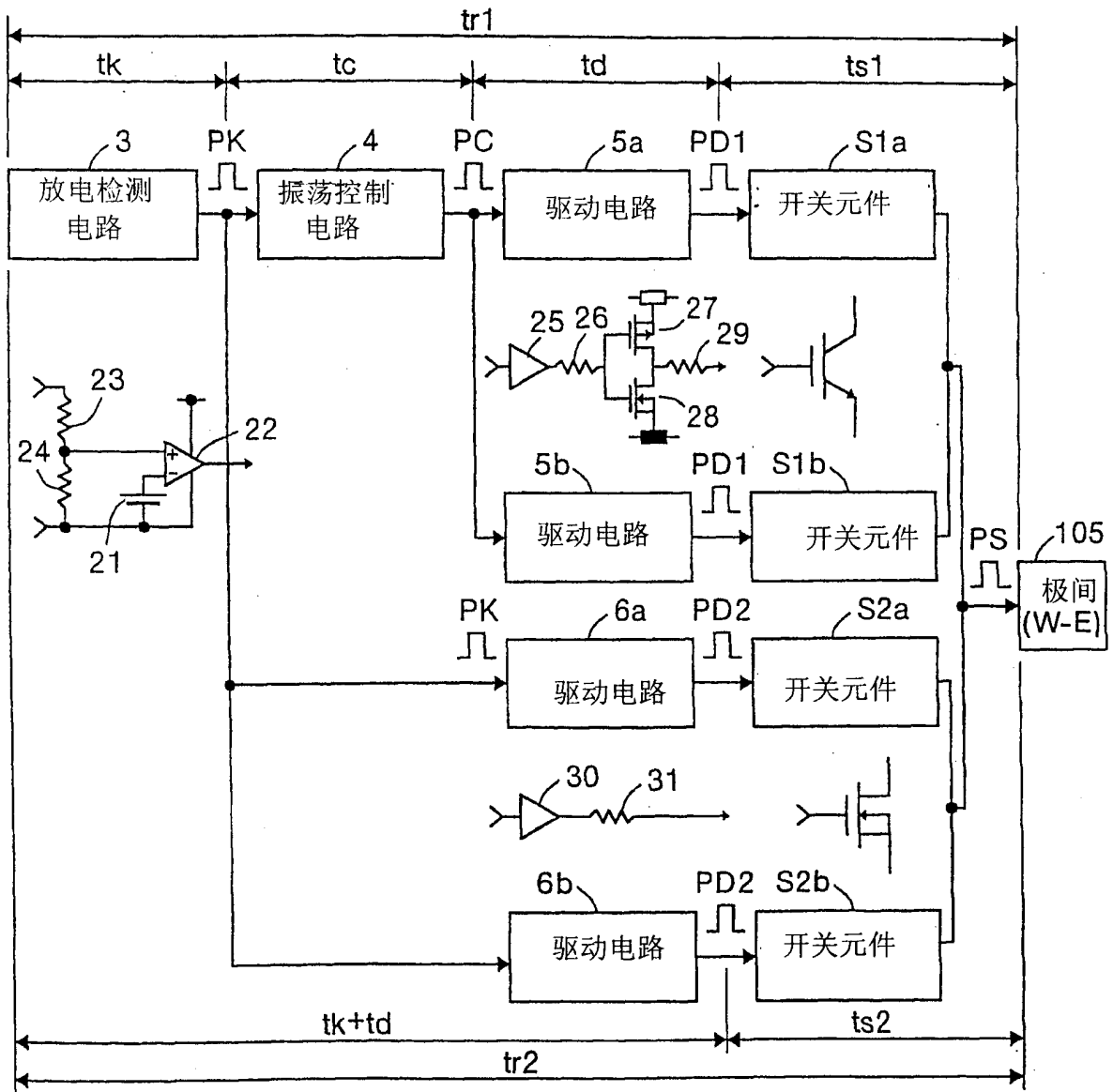


图 10

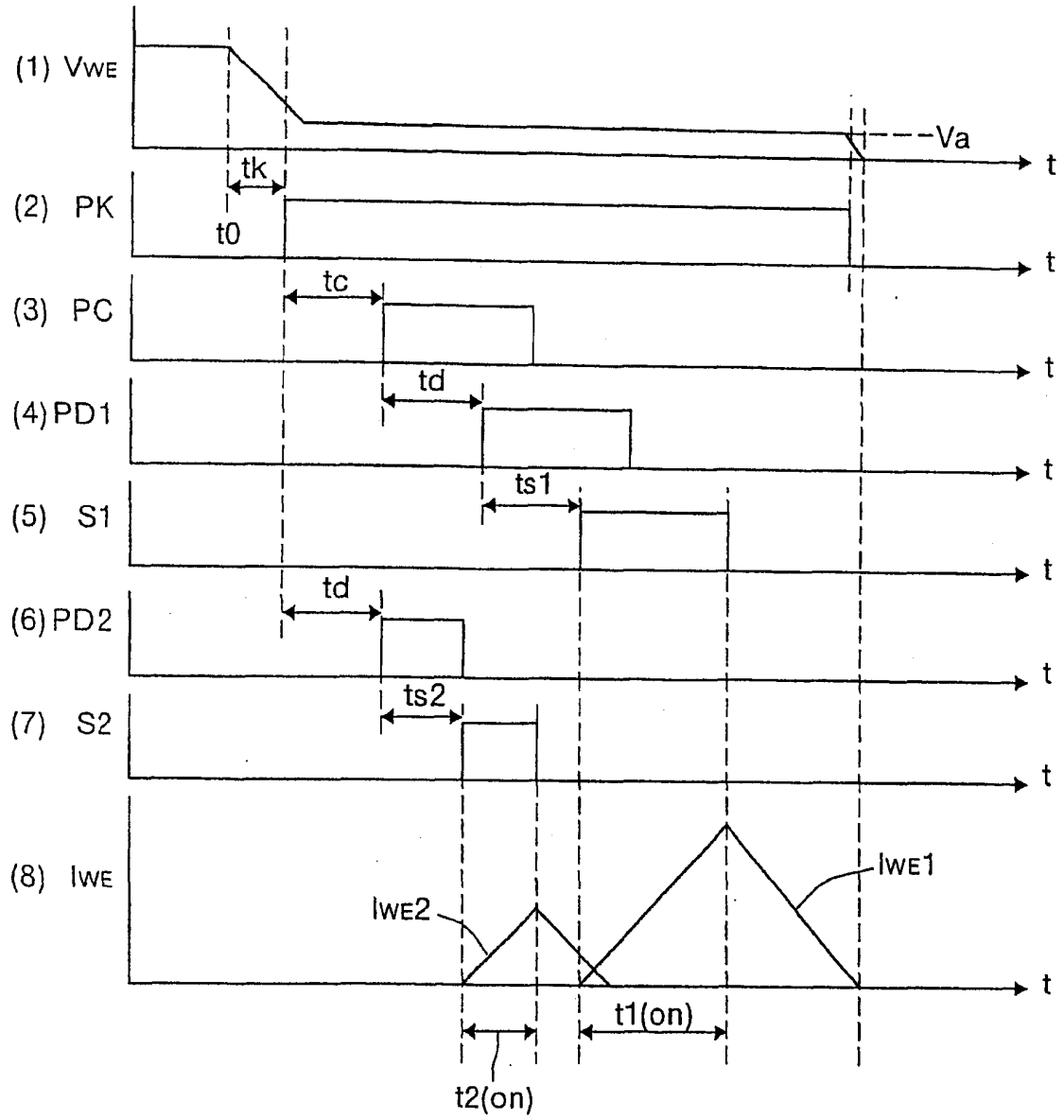


图 11

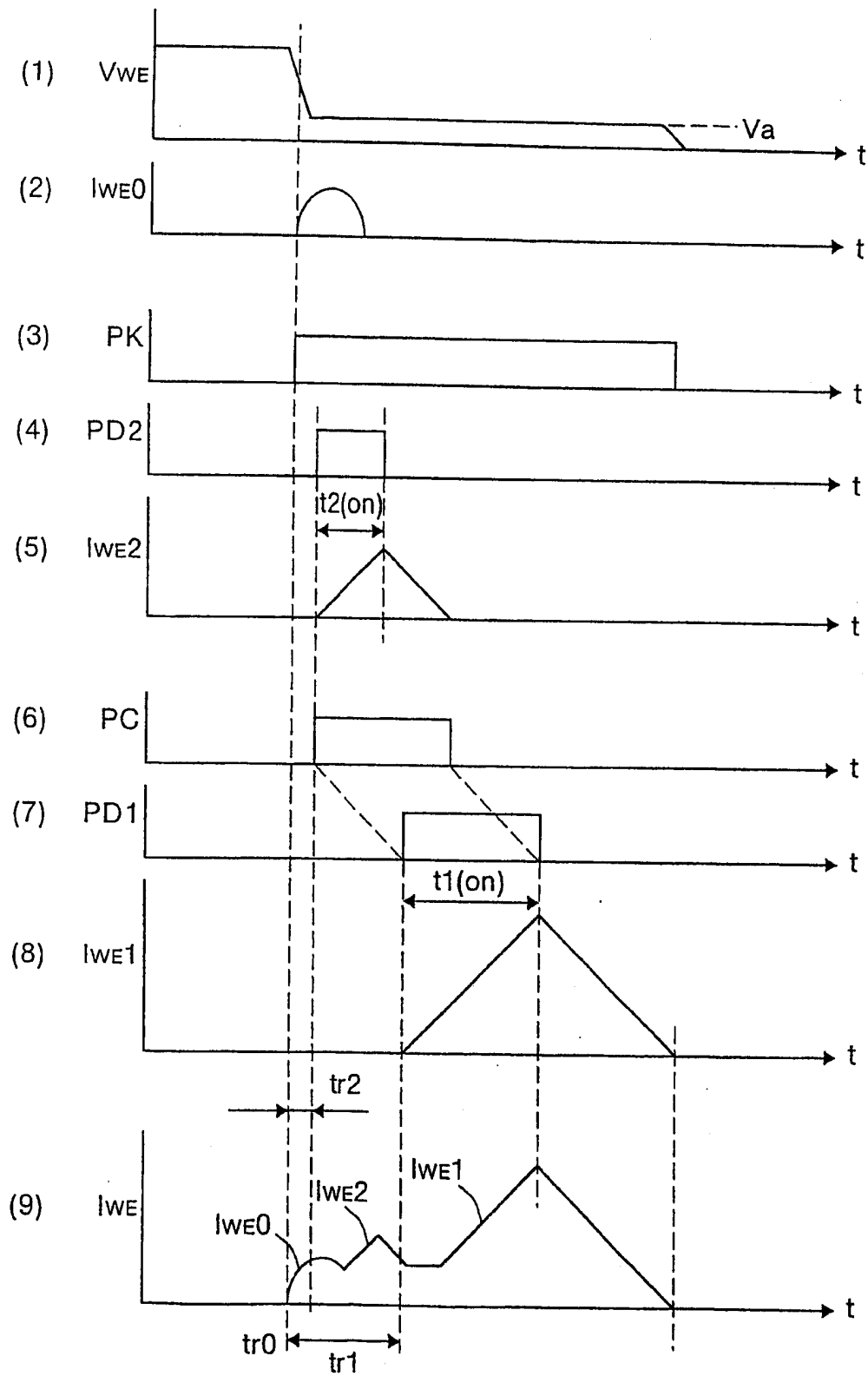


图 12

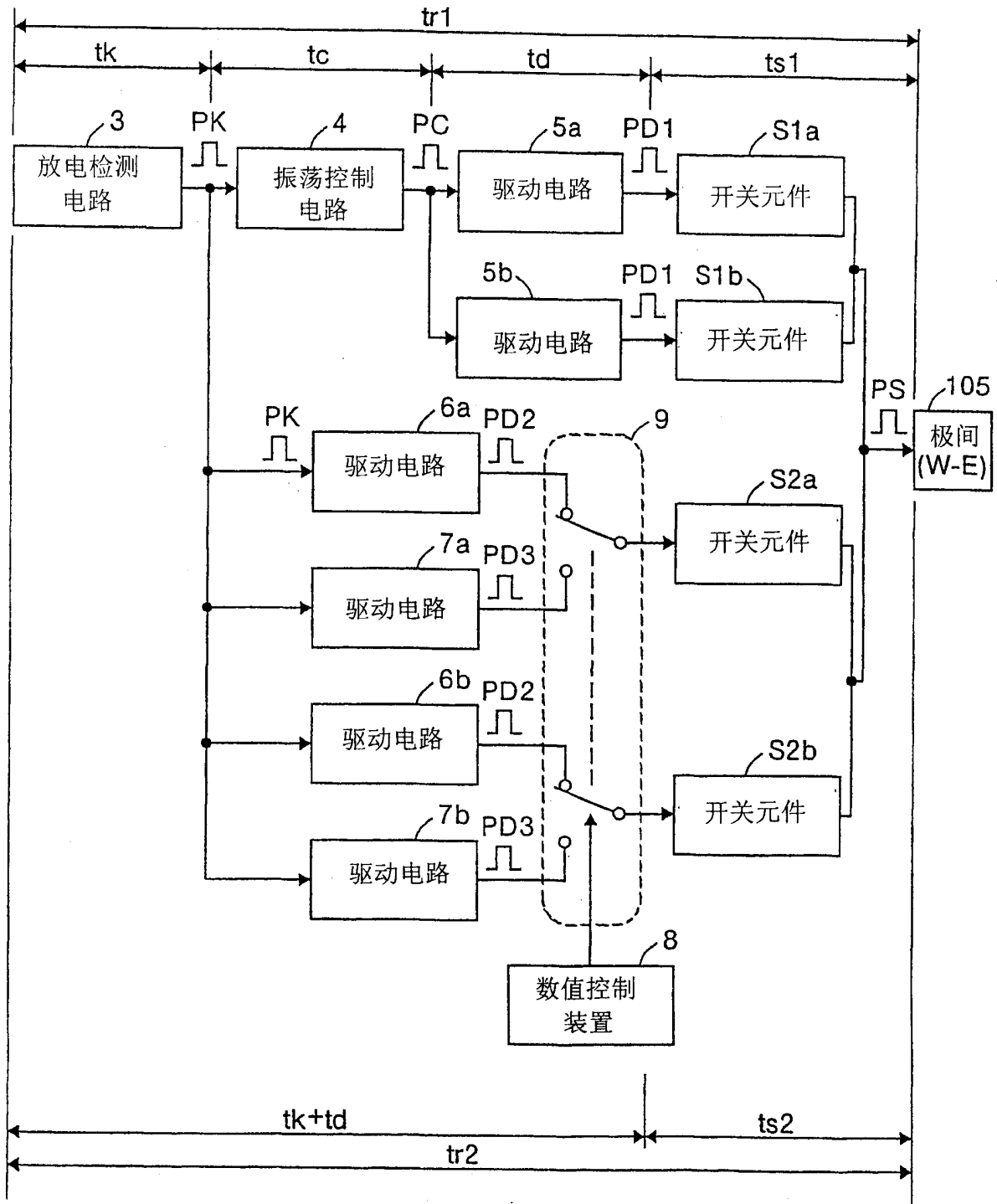


图 13

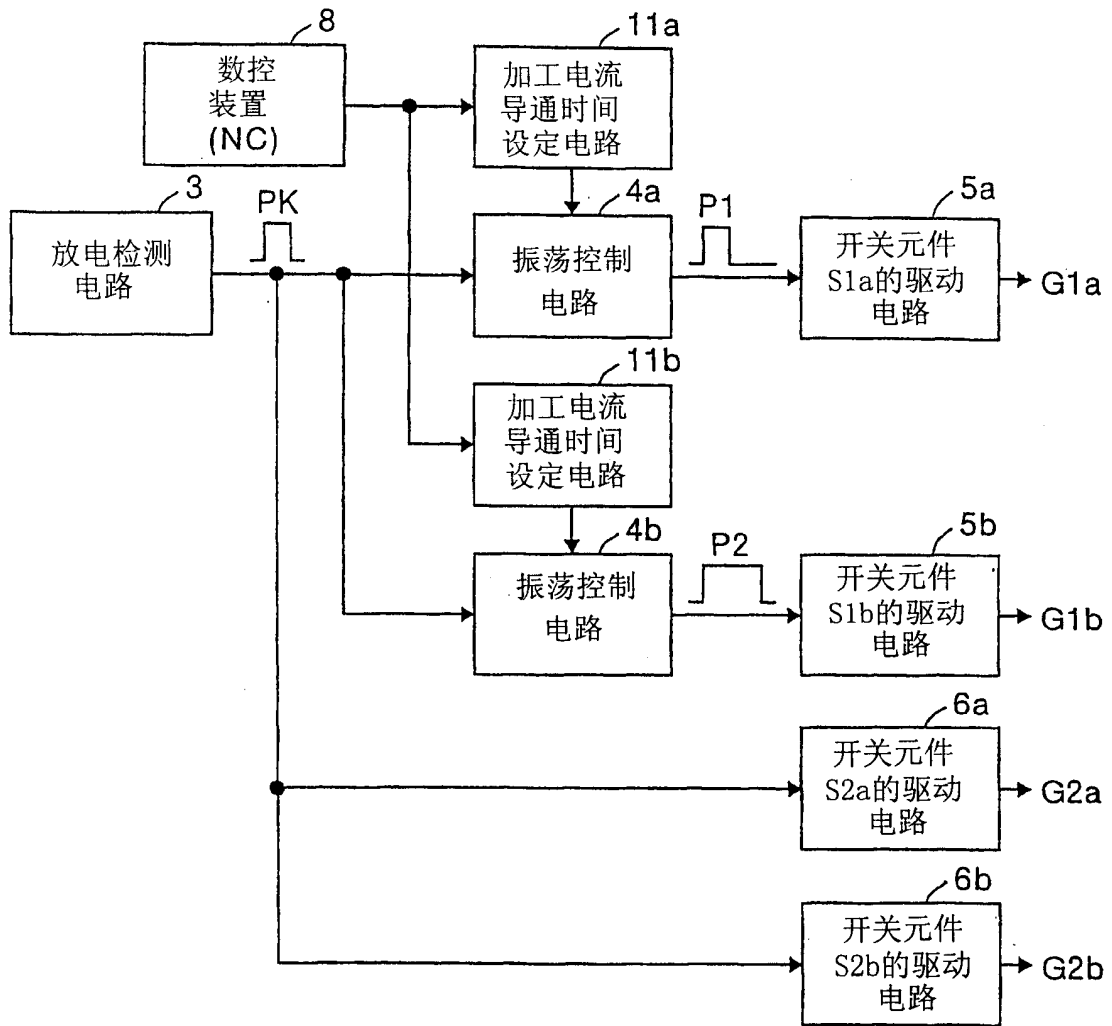


图 14

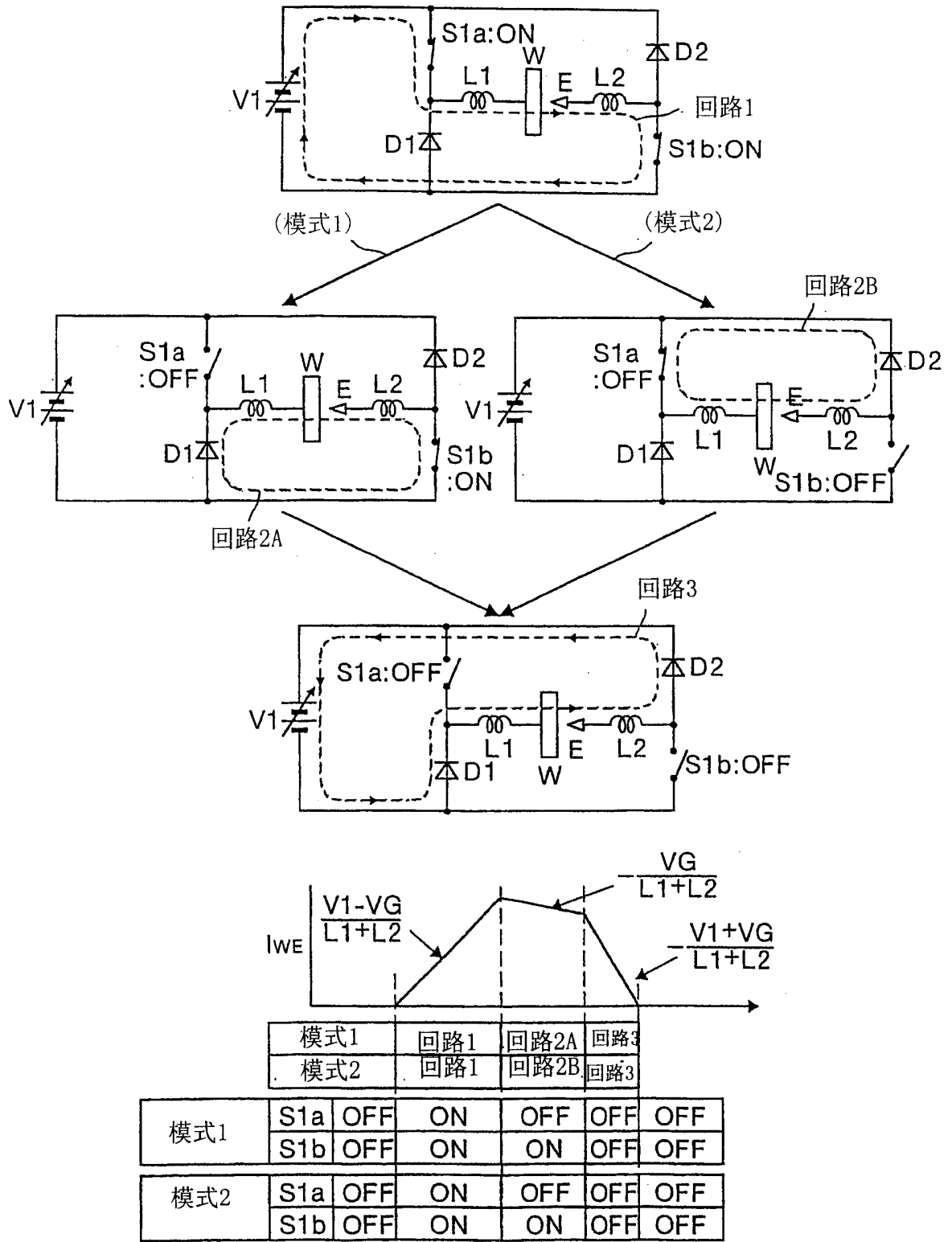


图 15

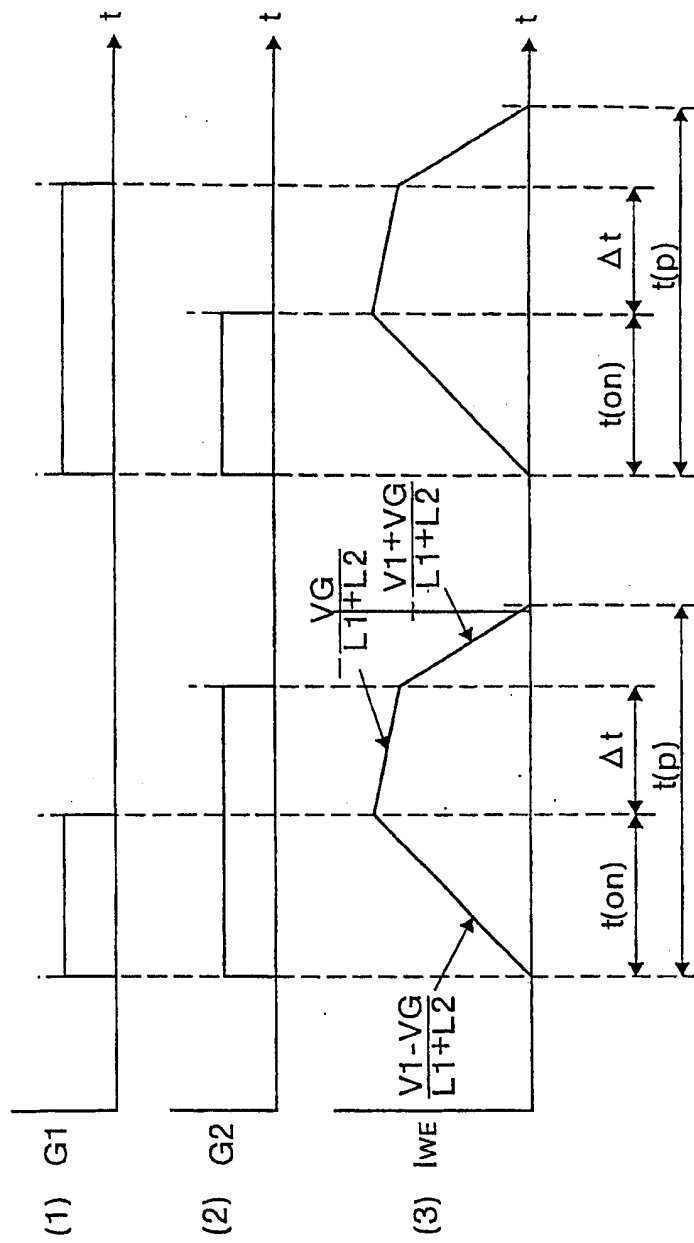


图 16

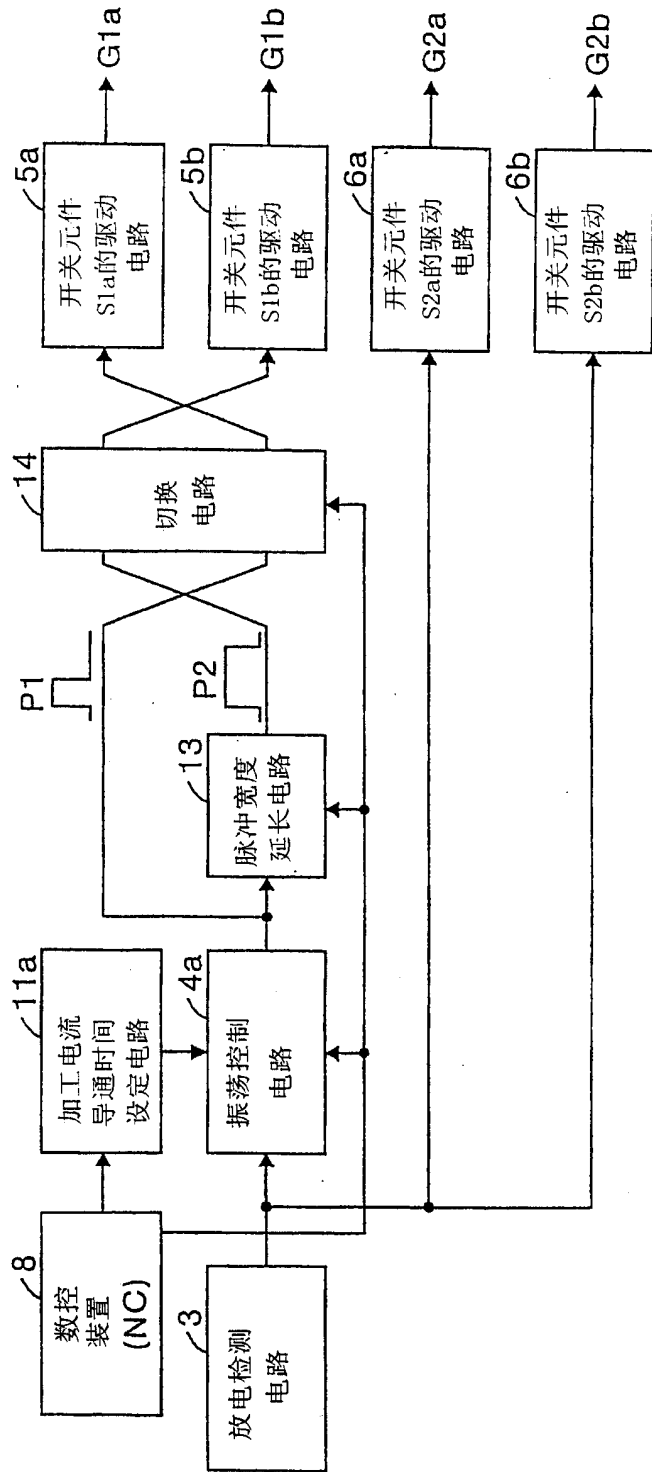


图 17

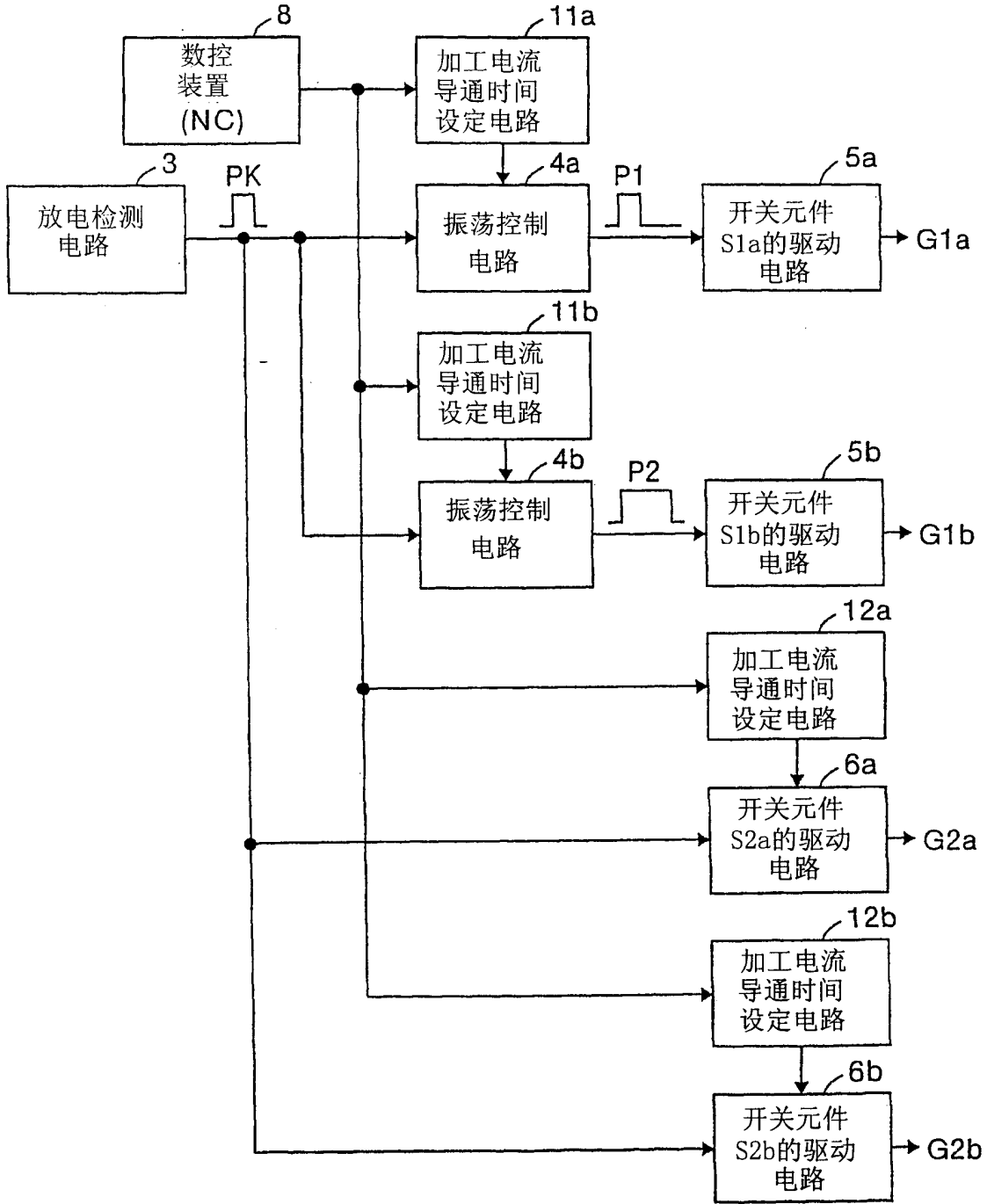


图 18

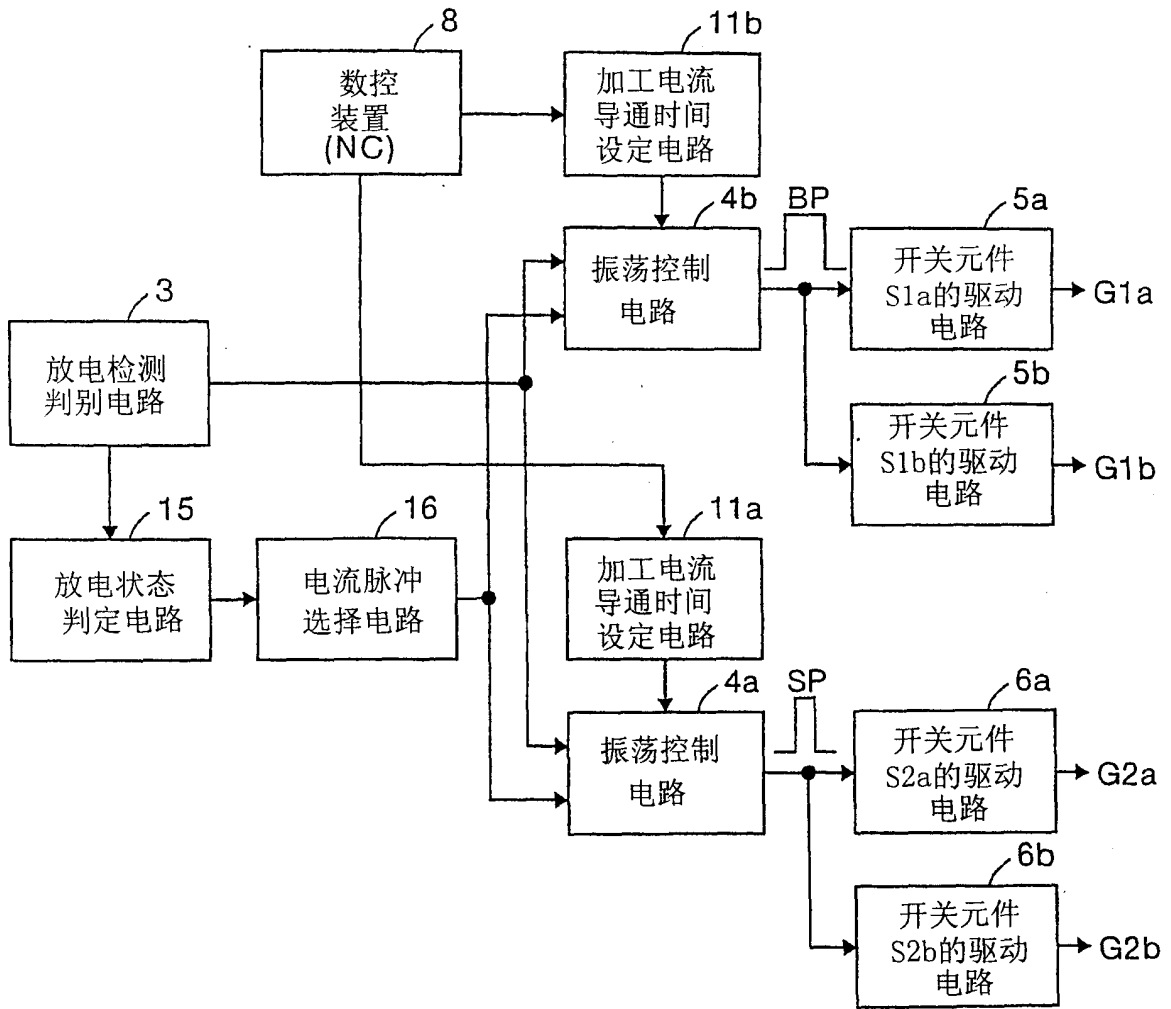


图 19

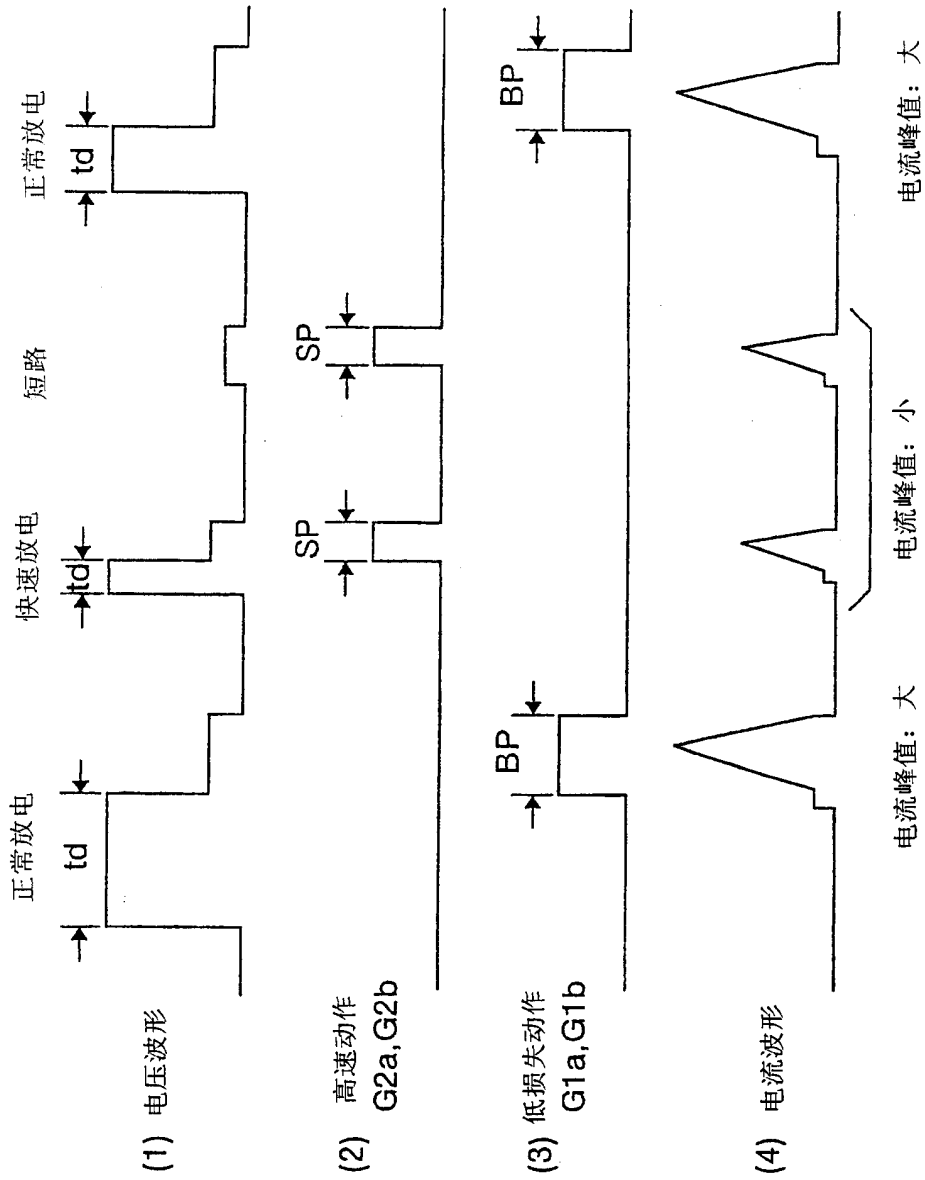


图 20

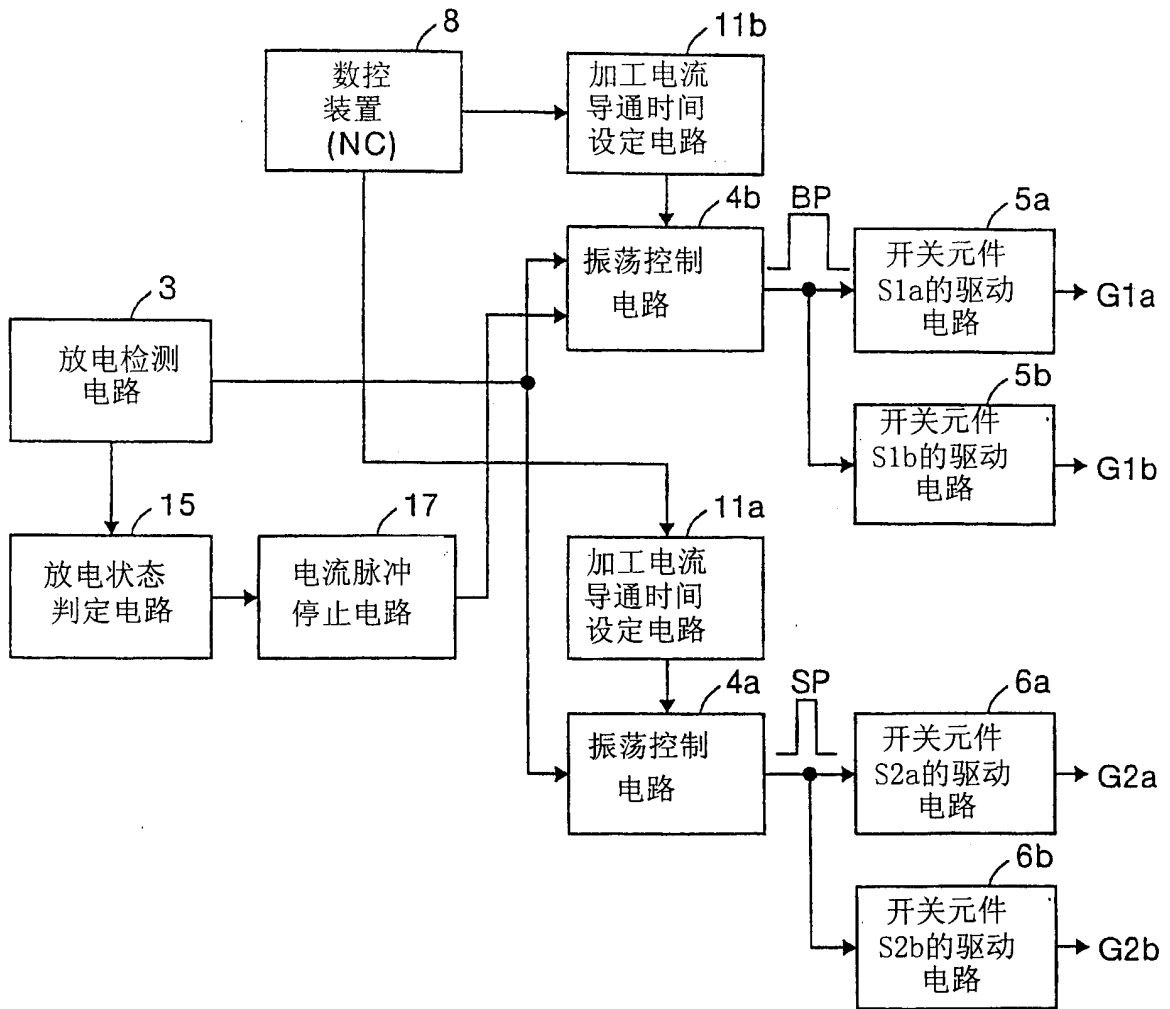


图 21

第22图

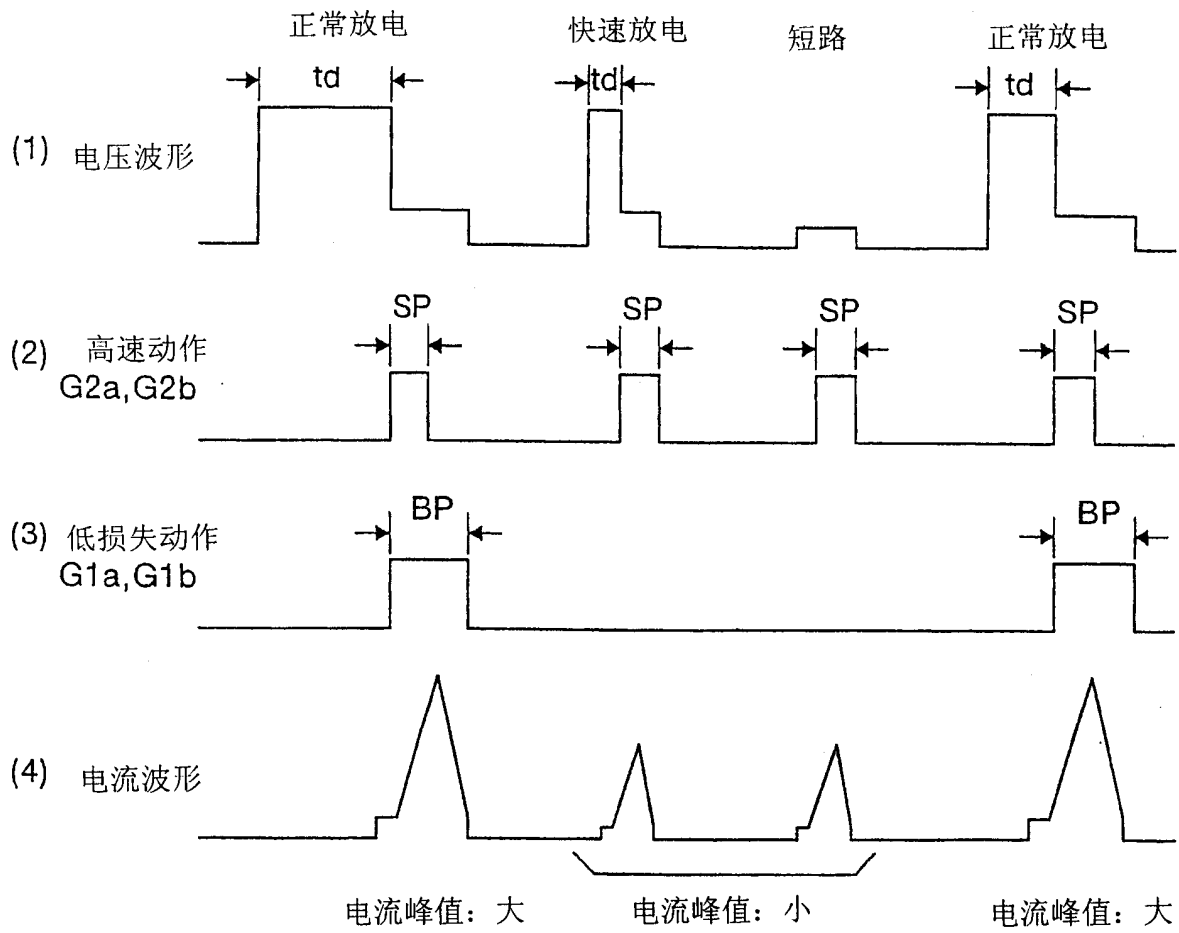


图 22