

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200610001578.4

[51] Int. Cl.

B23K 9/10 (2006.01)

B23K 9/00 (2006.01)

H02M 7/04 (2006.01)

H02M 3/00 (2006.01)

H02M 9/00 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009年3月4日

[11] 授权公告号 CN 100464922C

[22] 申请日 2006.1.24

[21] 申请号 200610001578.4

[30] 优先权

[32] 2005. 4. 8 [33] US [31] 11/102,429

[73] 专利权人 林肯环球公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 托德·E.库克恩

特雷莎·漆-雷缪·斯皮尔

[56] 参考文献

US5864116A 1999.1.26

US6051804A 2000.4.18

US4748397 1988.5.31

CN1064178A 1992.9.2

US3984799 1976.10.5

US6504132B1 2003.1.7

CN1324141A 2001.11.28

审查员 缙 正

[74] 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司

代理人 郝庆芬

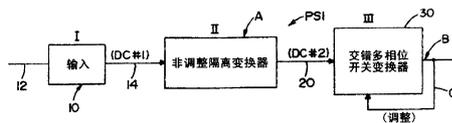
权利要求书 8 页 说明书 23 页 附图 10 页

[54] 发明名称

用于电弧焊机电源的斩波器输出

[57] 摘要

揭示了用于电弧焊接或切割处理的电源，其中提供具有多个变换器电源电路的交错多相位开关变换器，以将 DC 信号转换为适合焊接的调整信号。



1. 一种用于电弧焊接或者切割处理的三级电源，所述电源包括：接收 AC 输入信号并且提供第一 DC 输出信号的第一级；耦合到所述第一级来接收所述第一 DC 输出信号的非调整第二级，所述第二级将所述第一 DC 输出信号转换成第二 DC 输出信号；耦合到所述第二级来接收所述第二 DC 输出信号的第三级，所述第三级包括一交错多相位开关变换器，该交错多相位开关变换器包括多个并行变换器电源电路，将所述第二 DC 输出信号转换成适合焊接的调整信号，每个所述电源电路具有带有控制输入的开关器件；以及用于为每个所述并行变换器电源电路在不同的相位角产生控制输入信号的控制器。

2. 根据权利要求 1 所定义的三级电源，其中所述交错多相位开关变换器是多相位降压变换器，所述多个并行变换器电源电路是多个并行降压变换器电源电路。

3. 根据权利要求 2 所定义的三级电源，其中每个电源电路的所述开关器件耦合在所述第二 DC 输出信号和对应降压变换器电源电路内部节点之间，并且所述降压变换器电源电路单独包括耦合在所述第二 DC 输出信号与所述降压变换器电源电路内部节点之间的整流器，以及耦合在所述降压变换器电源电路内部节点与所述调整信号之间的电感器。

4. 根据权利要求 1 所定义的三级电源，其中所述多个并行变换器电源电路包括  $N$  个并行变换器电源电路， $N$  为大于 1 的整数，并且其中所述相位角为  $360^\circ / N$ 。

5. 根据权利要求 1 所定义的三级电源，其中所述变换器电源电路单独具有变换器电源电路纹波电流率  $I_{pr}$ ，并且其中所述交错多相位开关变换器具有低于  $I_{pr}$  的变换器纹波电流率  $I_{cr}$ 。

6. 根据权利要求 1 所定义的三级电源，其中所述第二级包括非调整 DC 到 DC 变换器，该非调整 DC 到 DC 变换器具有耦合到所述第一级的输入端来接收所述第一 DC 输出信号，

将所述第一 DC 输出信号转换为第一内部 AC 信号的开关网络，

具有由所述第一内部 AC 信号驱动的主线圈，以及用于产生第二内部 AC 信号的次级线圈的隔离变压器，以及

与所述次级线圈耦合，来将所述第二内部 AC 信号转换成第二 DC 输出信号的整流器。

7. 根据权利要求 1 所定义的三级电源，其中所述单独变换器电源电路进一步包括电感器，并且其中所述变换器电源电路的至少两个的所述电感器集成地缠绕在公共磁芯上。

8. 根据权利要求 7 所定义的三级电源，其中所述多个并行变换器电源电路包括并行耦合来接收所述第二 DC 输出信号的 N 个并行变换器电源电路，N 为大于 1 的整数，其中所述变换器电源电路单独具有变换器电源电路最大电流率  $I_p$ ，并且其中所述交错多相位开关变换器具有大约为  $N \times I_p$  的变换器最大电流率。

9. 根据权利要求 6 所定义的三级电源，其中所述多个并行变换器电源电路包括并行耦合来接收所述第二 DC 输出信号的 N 个并行变换器电源电路，N 为大于 1 的整数，其中所述变换器电源电路单独具有变换器电源电路最大电流率  $I_p$ ，并且其中所述交错多相位开关变换器具有大约为  $N \times I_p$  的变换器最大电流率。

10. 根据权利要求 5 所定义的三级电源，其中所述多个并行变换器电源电路包括并行耦合来接收所述第二 DC 输出信号的 N 个并行变换器电源电路，N 为大于 1 的整数，其中所述变换器电源电路单独具有变换器电源电路最大电流率  $I_p$ ，并且其中所述交错多相位开关变换器具有大约为  $N \times I_p$  的变换器最大电流率。

11. 根据权利要求 4 所定义的三级电源，其中所述多个并行变换器电源电路包括并行耦合来接收所述第二 DC 输出信号的 N 个并行变换器电源电路，N 为大于 1 的整数，其中所述变换器电源电路单独具有变换器电源电路最大电流率  $I_p$ ，并且其中所述交错多相位开关变换器具有大约为  $N \times I_p$  的变换器最大电流率。

12. 根据权利要求 2 所定义的三级电源，其中所述多个并行变换器电源电路包括并行耦合来接收所述第二 DC 输出信号的 N 个并行变换器电源电路，

N 为大于 1 的整数，其中所述变换器电源电路单独具有变换器电源电路最大电流率  $I_p$ ，并且其中所述交错多相位开关变换器具有大约为  $N \times I_p$  的变换器最大电流率。

13. 根据权利要求 1 所定义的三级电源，其中所述多个并行变换器电源电路包括并行耦合来接收所述第二 DC 输出信号的 N 个并行变换器电源电路，N 为大于 1 的整数，其中所述变换器电源电路单独具有变换器电源电路最大电流率  $I_p$ ，并且其中所述交错多相位开关变换器具有大约为  $N \times I_p$  的变换器最大电流率。

14. 根据权利要求 13 所定义的三级电源，其中所述第三级提供所述调整信号，所述调整信号具有与所述交错多相位开关变换器的变换器电源电路数量无关的电压。

15. 根据权利要求 7 所定义的三级电源，其中所述第三级提供所述调整信号，所述调整信号具有实质上与所述交错多相位开关变换器的变换器电源电路数量无关的电压。

16. 根据权利要求 6 所定义的三级电源，其中所述第三级提供所述调整信号，所述调整信号具有实质上与所述交错多相位开关变换器的变换器电源电路数量无关的电压。

17. 根据权利要求 5 所定义的三级电源，其中所述第三级提供所述调整信号，所述调整信号具有实质上与所述交错多相位开关变换器的变换器电源电路数量无关的电压。

18. 根据权利要求 4 所定义的三级电源，其中所述第三级提供所述调整信号，所述调整信号具有实质上与所述交错多相位开关变换器的变换器电源电路数量无关的电压。

19. 根据权利要求 2 所定义的三级电源，其中所述第三级提供所述调整信号，所述调整信号具有实质上与所述交错多相位开关变换器的变换器电源电路数量无关的电压。

20. 根据权利要求 1 所定义的三级电源，其中所述第三级提供所述调整信号，所述调整信号具有实质上与所述交错多相位开关变换器的变换器电源电路数量无关的电压。

21. 根据权利要求 1 所定义的三级电源，其中所述多个并行变换器电源电路包括  $N$  个并行变换器电源电路， $N$  为大于 1 的整数，其中所述相位角为  $360^\circ / N$ ，其中所述控制器提供所述控制输入信号，以在具有对应变换器开关周期  $T$  的开关频率下操作所述交错多相位开关变换器，其中所述变换器电源电路被单独地脉冲宽度调制，以在长度为  $T$  的时间的对应电源电路部分中选择性地从所述 DC 信号提供电源到所述调整信号，其中以具有至少两个所述电源电路部分的时序重叠的所述相位角，相位移动所述电源电路部分。

22. 一种用于电弧焊接或者切割处理的电源，所述电源包括：交错多相位开关变换器，其包括将 DC 信号转换成适合焊接的调整信号的多个并行变换器电源电路，每个所述电源电路具有带有控制输入的开关器件；以及用于为每个所述并行变换器电源电路在不同的相位角产生控制输入信号的控制器，其中以相互之间相位移动的方式操作所述电源电路，至少两个所述电源电路的时序操作重叠。

23. 根据权利要求 22 所定义的电源，其中所述多个并行变换器电源电路包括  $N$  个并行变换器电源电路， $N$  为大于 1 的整数，其中所述相位角为  $360^\circ / N$ ，其中所述控制器提供所述控制输入信号，以在具有对应变换器开关周期  $T$  的开关频率下操作所述交错多相位开关变换器，其中所述变换器电源电路被单独地脉冲宽度调制，以在长度为  $T$  的时间的对应电源电路部分中，选择性地从所述 DC 信号提供电源到所述调整信号，其中以具有至少两个所述电源电路部分的时序重叠的所述相位角，相位移动所述电源电路部分。

24. 根据权利要求 22 所定义的电源，其中所述交错多相位开关变换器是多相位降压变换器，所述多个并行变换器电源电路是多个并行降压变换器电源电路。

25. 根据权利要求 22 所定义的电源，其中所述多个并行变换器电源电路包括  $N$  个并行变换器电源电路， $N$  为大于 1 的整数，并且其中所述相位角为  $360^\circ / N$ 。

26. 根据权利要求 22 所定义的电源，其中所述变换器电源电路单独具有变换器电源电路纹波电流率  $I_{pr}$ ，并且其中所述交错多相位开关变换器具有低于  $I_{pr}$  的变换器纹波电流率  $I_{cr}$ 。

27. 根据权利要求 22 所定义的电源，其中所述单独变换器电源电路进一步包括电感器，并且其中至少两个所述变换器电源电路的所述电感器集成地缠绕在公共磁芯上。

28. 根据权利要求 22 所定义的电源，其中所述多个并行变换器电源电路包括并行耦合来接收所述第二 DC 信号的 N 个并行变换器电源电路，N 为大于 1 的整数，其中所述变换器电源电路单独具有变换器电路最大电流率  $I_p$ ，并且其中所述交错多相位开关变换器具有大约为  $N \times I_p$  的变换器最大电流率。

29. 根据权利要求 22 所定义的电源，其中所述交错多相位开关变换器提供所述调整信号，其具有与所述多相位开关变换器的变换器电源电路数量无关的电压。

30. 一种用于电弧焊接或者切割处理的三级电源，所述电源包括：

接收 AC 输入信号并且提供第一 DC 输出信号的第一级；

耦合到所述第一级来将所述第一 DC 输出信号转换成第二 DC 输出信号的第二级；

第三级，包括交错多相位开关变换器，该交错多相位开关变换器与所述第二级耦合以将所述第二 DC 输出信号转换成适合焊接的调整信号，所述交错多相位开关变换器包括多个变换器电源电路，所述变换器电源电路单独具有电感器和带有控制输入的开关器件，其中至少两个所述电感器缠绕在公共磁芯上；以及

用于为每个所述变换器电源电路在不同的相位角产生控制输入信号的控制器。

31. 根据权利要求 30 所定义的三级电源，其中所述交错多相位开关变换器是多相位降压变换器，并且其中所述变换器电源电路为降压变换器电源电路。

32. 根据权利要求 30 所定义的三级电源，其中每个电源电路的所述开关器件耦合在所述第二 DC 输出信号和对应变换器电源电路内部节点之间，并且其中所述变换器电源电路单独包括耦合在所述第二 DC 输出信号与所述变换器电源电路内部节点之间的整流器，以及耦合在所述变换器电源电路内部

节点与所述调整信号之间的电感器。

33. 根据权利要求 30 所定义的三级电源，其中所述多个变换器电源电路包括  $N$  个并行变换器电源电路， $N$  为大于 1 的整数，并且其中所述相位角为  $360^\circ / N$ 。

34. 根据权利要求 30 所定义的三级电源，其中所述变换器电源电路单独具有变换器电源电路纹波电流率  $I_{pr}$ ，并且其中所述交错多相位开关变换器具有低于  $I_{pr}$  的变换器纹波电流率  $I_{cr}$ 。

35. 根据权利要求 30 所定义的三级电源，其中所述电源电路以相互之间相位移动的方式操作，至少两个所述电源电路的时序操作重叠。

36. 根据权利要求 35 所定义的三级电源，其中所述多个变换器电源电路包括并行耦合来接收所述第二 DC 输出信号的  $N$  个并行变换器电源电路， $N$  为大于 1 的整数，其中所述变换器电源电路单独具有变换器电源电路最大电流率  $I_p$ ，并且其中所述交错多相位开关变换器具有大约为  $N \times I_p$  的变换器最大电流率。

37. 根据权利要求 34 所定义的三级电源，其中所述多个变换器电源电路包括并行耦合来接收所述第二 DC 输出信号的  $N$  个并行变换器电源电路， $N$  为大于 1 的整数，其中所述变换器电源电路单独具有变换器电源电路最大电流率  $I_p$ ，并且其中所述交错多相位开关变换器具有大约为  $N \times I_p$  的变换器最大电流率。

38. 根据权利要求 33 所定义的三级电源，其中所述  $N$  个并行变换器电源电路包括并行耦合来接收所述第二 DC 输出信号的  $N$  个并行变换器电源电路， $N$  为大于 1 的整数，其中所述变换器电源电路单独具有变换器电源电路最大电流率  $I_p$ ，并且其中所述交错多相位开关变换器具有大约为  $N \times I_p$  的变换器最大电流率。

39. 根据权利要求 31 所定义的三级电源，其中所述多个变换器电源电路包括并行耦合来接收所述第二 DC 输出信号的  $N$  个并行变换器电源电路， $N$  为大于 1 的整数，其中所述变换器电源电路单独具有变换器电源电路最大电流率  $I_p$ ，并且其中所述交错多相位开关变换器具有大约为  $N \times I_p$  的变换器最大电流率。

40. 根据权利要求 30 所定义的三级电源，其中所述多个变换器电源电路包括并行耦合来接收所述第二 DC 输出信号的 N 个并行变换器电源电路，N 为大于 1 的整数，其中所述变换器电源电路单独具有变换器电源电路最大电流率  $I_p$ ，并且其中所述交错多相位开关变换器具有大约为  $N \times I_p$  的变换器最大电流率。

41. 一种用于电弧焊接或者切割处理的电源，所述电源包括：交错多相位开关变换器，其包括将 DC 信号转换成适合焊接的调整信号的多个并行变换器电源电路，每个所述电源电路具有带有控制输入的开关器件；以及用于为每个所述并行变换器电源电路产生控制输入信号的控制器，其中以至少两个所述电源电路的时序重叠操作所述电源电路。

42. 根据权利要求 41 所定义的电源，其中所述交错多相位开关变换器是多相位降压变换器，所述多个并行变换器电源电路是多个并行降压变换器电源电路。

43. 根据权利要求 41 所定义的电源，其中所述多个并行变换器电源电路包括 N 个并行变换器电源电路，N 为大于 1 的整数，并且其中所述相位角为  $360^\circ / N$ 。

44. 根据权利要求 41 所定义的电源，其中所述变换器电源电路单独具有变换器电源电路纹波电流率  $I_{pr}$ ，并且其中所述交错多相位开关变换器具有低于  $I_{pr}$  的变换器纹波电流率  $I_{cr}$ 。

45. 根据权利要求 41 所定义的电源，其中所述单独变换器电源电路进一步包括电感器，并且其中所述至少两个变换器电源电路的所述电感器集成地缠绕在公共磁芯上。

46. 根据权利要求 41 所定义的电源，其中所述多个并行变换器电源电路包括并行耦合来接收所述第二 DC 输出信号的 N 个并行变换器电源电路，N 为大于 1 的整数，其中所述变换器电源电路单独具有变换器电源电路最大电流率  $I_p$ ，并且其中所述交错多相位开关变换器具有大约为  $N \times I_p$  的变换器最大电流率。

47. 根据权利要求 41 所定义的电源，其中所述交错多相位开关变换器提供所述调整信号，所述调整信号具有与所述多相位开关变换器的变换器电源

电路数量无关的电压。

48. 一种用于电弧焊接或者切割处理的电源，所述电源包括：包括 N 个并行变换器电源电路的交错多相位开关变换器，N 为大于 1 的整数，所述交错多相位开关变换器用于将 DC 信号转换成适合焊接的调整信号，所述调整信号具有与变换器电源电路数量 N 无关的电压，每个所述电源电路具有带有控制输入的开关器件；以及用于为每个所述并行变换器电源电路在不同的相位角产生控制输入信号的控制器。

49. 根据权利要求 48 所定义的电源，其中所述相位角为  $360^\circ / N$ ，其中所述控制器提供所述控制输入信号，以在具有对应变换器开关周期 T 的开关频率下操作所述交错多相位开关变换器，其中所述变换器电源电路被单独地脉冲宽度调制以在长度为 T 的时间的对应电源电路部分中，选择性地从所述 DC 信号提供电源到所述调整信号，其中以具有至少两个所述电源电路部分的时序重叠的所述相位角，相位移动所述电源电路部分。

50. 根据权利要求 48 所定义的电源，其中所述交错多相位开关变换器是多相位降压变换器，所述 N 个并行变换器电源电路是 N 个并行降压变换器电源电路。

51. 根据权利要求 48 所定义的电源，其中所述变换器电源电路单独具有变换器电源电路纹波电流率  $I_{pr}$ ，并且其中所述交错多相位开关变换器具有低于  $I_{pr}$  的变换器纹波电流率  $I_{cr}$ 。

52. 根据权利要求 48 所定义的电源，其中所述单独变换器电源电路进一步包括电感器，并且其中至少两个所述变换器电源电路的所述电感器集成地缠绕在公共磁芯上。

53. 根据权利要求 48 所定义的电源，其中所述变换器电源电路单独具有变换器电源电路最大电流率  $I_p$ ，并且其中所述交错多相位开关变换器具有大约为  $N \times I_p$  的变换器最大电流率。

## 用于电弧焊机电源的斩波器输出

### 技术领域

本发明主要涉及用于焊接和等离子体切割设备的电源，特别是涉及用于焊接或切割系统的三级电源中交错的多相位的斩波器输出级。

### 背景技术

以下专利和专利申请以及其它文献在这里通过作为背景信息来参考而合成：Calkin 3,737,755；Fletcher 3,984,799；Karadsheh 4,433,370；Ogawa 4,748,397；Parsley 5,008,795；Smolenski 5,019,952；Blankenship 5,278,390；Thommes 5,601,741；Baker 5,864,116；Moriguchi 5,926,381；Kooken 5,991,169；Vogel 5,991,180；Reynolds 6,051,804；Moriguchi 6,069,811；Church 6,177,645；Moriguchi 6,278,080；Reynolds 6,300,589；Church 6,504,132；Boylan 6,618,274；Hoverson 6,723,957；Daniel 于 2004 年 7 月 13 号提交的美国专利申请第 10/889,866 号，标题为“POWER SOURCE FOR ELECTRIC ARC WELDING”；Cho 于 1998 年 1 月，在 IEEE transaction on power electronics, Vol.13, No.1 发表的“Novel Zero-Voltage-Transition PWM Multiphase Converters”；Schuellein 于 2000 年 9 月 11 号，在 EE Times 发表的“Multiphase Converter Bucks Power”；Huang 于在 APEC 03 上所公布的 International Rectifier publication 上发表的“A Scalable Multiphase Buck Converter with Average Current Share Bus”；Czogalla 于 IAS 2003 发表的“Automotive Application of Multi-Phase Coupled-Inductor DC-DC Converter”；Wong 于 2001 年 7 月，在 IEEE transactions on power electronics, Vol.16, No.4 发表的“Performance Improvement of Interleaving VRMs with Coupling Inductors”；Zumel 于 IEEE 2003 发表的“Magnetic Integration for Interleaved Converters”；Dixon 于 Unitrode, Texas Instruments, 2003 发表的“Coupled Filter Inductors in Multi-Output Buck Regulators”；Shortt 于 1985 在 Naval Research Laboratory Space Systems Technology Division 发表的“A 600 Watt Four Stage Phase-Shifted-Parallel DC-TO-DC Converter”；以及

Ridley 的 “The incredible Shrinking (Unregulated) Power Supply”。

焊接电源通常包括将 AC 输入信号转换成 DC 信号的第一级，以及将 DC 信号转换成用于焊接的信号的最最终调整输出级。术语“焊接”包括“等离子体切割”，其中期望从输入电源隔离焊接或切割处理。Vogel 5,991,180 讨论了具有位于焊接调整调整之后，并直接驱动焊接操作的输出隔离变压器，其中斩波器网络产生期望的调整的输出焊接电流，并在输出级提供隔离。Thommes 5,601,741 中揭示了驱动脉冲宽度调制 (PWM) 变极器的升压变换器，其产生调整焊接输出信号，其中 Vogel 和 Thommes 的第二级都经过调整，以将功率因子控制电流从预调器直接提供到焊接操作中。Moriguchi 5,926,381，Moriguchi 6,278,080，以及 Moriguchi 6,069,811 中显示的焊接电源中，由输入升压变换器或整流器 DC 输出来驱动调整输出变极器，以产生适合焊接的电流到用于隔离的输出变压器，其中变压器次级输出用于焊接操作。上述专利中没有实现本发明的新型电源中所使用的三级拓扑结构。Daniel 的美国专利申请第 10/889,866 号转让给了本发明的受让人，其描述了用于焊接的三级电源结构，其中第一级将 AC 电源转换成第一 DC 输出信号，第二级将第一 DC 输出信号转换成第二 DC 信号，第三级将第二 DC 输出信号转换成用于焊接的处理输出，其中第二级是非调整级。Daniel 专利申请作为背景信息参考而合并在这里，并且并非现有技术。如同通常的那样，Daniel 的三级焊机具有非调整第一级，以及焊接调整输出级，其中焊接信号由实际焊接操作的反馈信号确定。这也是常见的，但是 Daniel 的新特点是调整第一级和输出级之间的隔离非调整中间级，其中输出级由反馈调整产生适合焊接的信号。

参考背景技术，Boylan 6,618,274 说明了一种同步整流器，而 Calkin 3,737,755 揭示了用于低电源使用的 DC/DC 变换器，其中将固定调整电流定向到非调整变极器来提供不可变的输出 DC 信号。Boylan 6,618,274 和 Calkin 3,737,755 中的常见背景技术通过参考在这里引用，以说明一种同步整流器，其中通过控制输入 DC 信号电平，任何输出调整在变极器之前进行，其中这些专利中没有一个涉及用于焊接的电源，并且仅作为常规技术概念（例如同步整流器器件和非调整变极器），通过参考合并在这里。Smolenski 5,019,952 中说明了非焊接两极 AC 到 DC 变换器，以将最小的谐波失真带给流入变换

器的电流。不像焊接的情况，Smolenski 5,019,952 中的负载不可变并且不需要调整，其中通过参考将该专利合并在这里，以作为相对于本发明的背景技术说明常规技术。

通常作为最终输出级来使用开关变换器，以根据需要的焊接波形产生输出焊接电流，其中焊接操作可能需要 DC 或 AC 电流波形以在进给的电极与进行焊接的工件之间产生焊接电弧。例如，如 Blankenship 5,278,390 所讨论的，这种变换器通常是 PWM 设计，其中开关以高频率切换以产生用于焊接操作的期望的波形或者电流幅度。在现代电弧焊机中，最终变换器级通常采用由 The Lincoln Electric Company of Cleveland, Ohio 所最先提出的“波形控制技术”，其中使用处于通常超过可听见的水平的频率的一系列短脉冲来产生焊机输出，并且短脉冲群具有由波形发生器控制的波形或形状。如 Kooken 5,991,169，以及 Church 6,504,132 中所示，焊接输出电流可以由输出斩波器或者降压变换器调整，通过在变极器级的输出或在输入升压变换器级的输出使用变压器而实现了隔离。

已经在非焊接背景中开发了例如降压，升压，或者其它类型的 DC 到 DC 变换器的开关变换器，其包括两个或更多变换器相位或者单元，用于输入 DC 电源或提供 DC 输出。例如，如 Fletcher 3,984,799 以及 Ogawa 4,748,397 所示，这种变换器有时称为多相位变换器。Huang 的“A Scalable Multiphase Buck Converter with Average Current Share Bus”，以及 Schuellein 的“Multiphase Converter Bucks Power”描述了针对先进的微处理器应用的可升级多相位变换器。Cho 的“Novel Zero-Voltage-Transition PWM Multiphase Converters”说明了两相和三相的 DC 到 DC 变换器，其具有单独的附加零电压开关 (ZVS) 电路以减少开关损耗。如 Karadsheh 4,433,370 以及 Czogalla 的“Automotive Application of Multi-Phase Coupled-Inductor DC-DC Converter”所讨论的，在汽车领域中也已经采用了多相位变换器，其中 Czogalla 讨论了在公共磁芯上将单独相位的电感器耦合在一起。Wong 的“Performance Improvement of Interleaving VRMs with Coupling Inductors”；Zumel 的“Magnetic Integration for Interleaved Converters”；Dixon 的“Coupled Filter Inductors in Multi-Output Buck Regulators”中，也描述了在多相位交错的调制器模块和变换器中的耦合的电

感器。这些参考文件通过引用合并在这里作为背景信息，而没有教导在三级电源中使用多相位变换器。Baker 5,864,116 中说明了具有用于焊接的耦合电感器的两相向下斩波器，并转让给本发明的受让人。Reynolds 6,051,804 以及 Reynolds 6,300,589 说明了具有将电源从电压源提供给负载的双斩波器的等离子体切割电源，其中开路输出电压大约为负载输出电压的两倍。然而，Baker 和 Reynolds 专利都没有教导在三级焊接电源中的多相位输出级。

在焊接系统中，焊接电源的电源效率是重要的设计参数，其中低效率电源产生额外的热量，并通常比更高效电源更大并且体积大。通常，期望减小或者最小化焊接电源元件中的电切换和传导损耗以提高效率。进一步地，希望将电源中的纹波电流最小化，以将对电容或其它元件的电应力最小化，并且提高焊接操作的质量。另一个设计目标是快速的瞬变或激励响应（例如高回转率、slew rate），其中期望提供能够在不同输出信号电平之间快速转换以进行波形控制，并且快速的适应变化的负载条件（特别是对于短路的焊接以及其它焊接电弧条件可能快速变化的应用）的焊接机电源。在这个方面，与大部分其中负载变动最小的电源设计相比，焊接电源通常具有非常不同的操作需求。此外，焊接电源通常包括大的滤波器电容和/或串联电感器或斩波器，以在快速负载瞬变中将输出信号电平和内部 DC 电压保持在特定的范围或限制内，其中，如果开关变换器控制是带宽受限的时候，对于这种滤波或者平滑元件的需求将变大。

在焊接电源的发展中，因此期望增加最终输出级的操作带宽，以减轻或避免大滤波元件的需求，并从而改进电源的瞬态响应。尽管较少的滤波促进了改善的回转率，但减少的输出滤波可能导致较高的纹波电流或者电压。进一步地，开关损耗通常随着开关变换器操作频率的增加而增加。简单地增加输出斩波器级的开关速度会需要较大的开关器件，以承受额外的热量产生和/或额外或较大的散热元件，例如电扇，散热片等，从而增加了焊接系统的元件数量，尺寸和成本，并且使得系统电源效率变差。一个可能的方案是当对输出斩波器级中的功率晶体管和其它元件采用所谓的软切换技术时，增加变换器带宽或切换频率以减少开关损耗，并同时尽可能减少电磁或射频干扰（EMI, RFI）。然而，使用软切换需要额外的附属元件，降低斩波器效率，

并且附属电感器和整流器经受高电流。从而，需要具有较高带宽开关变换器输出级的改进焊接机电源，其可以实现好的瞬态响应而不会严重的影响系统成本和效率。

### 发明内容

现在对本发明的一个或多个形式做出总结，以促进对其的基本理解，其中，该总结不是本发明广泛的概括，并且其意不在于确定本发明的特定元件或者描绘本发明的范围。而是，本总结的主要目的在于在后面将要呈现的更详细的描述之前，以一种简化的形式提出本发明的一些概念。本发明涉及改进的焊机电源，其中采用了交错多相位开关变换器来作为新概念电源中调整最终级，该电源具有中间非调整 DC 到 DC 变换器。交错多相位变换器提供适合焊接（即也是等离子体切割）的调整信号，并且可以在等价单相变换器中不实际的频率进行工作，从而可以达到较高输出级带宽的优点，而不会明显的降低系统的效率，并且不会不适当的增加系统成本。在这一方面，高速输出斩波器中多相位或电源电路的使用使得纹波电流的电平降低，从而可以减少输出斩波器或者电感器的尺寸和数值。电感器尺寸的减少促进了安装在电路板上的扼流线圈的使用，代替单相变换器中的较大扼流线圈，并且减少的电感器值改进了输出级的动态瞬态响应。此外，可以对给定的最大电流率设计单独并行电源电路，其中通过需要的变换器电流输出确定给定电源设计中的电源电路数量，从而可以使用不同数量的模块化斩波器电源电路设计不同的焊接或者等离子体切割系统。进一步的，由于单个电源电路提供的电流相对低，可以达到高效率以及低元件电流应力，同时对于先进的焊接技术提供可能的非限制带宽。

根据本发明的一个或多个形式，以具有交错的多相位开关变流器的三级提供了新型三级电弧焊接或切割电源。以这种方式，第一级接收 AC 输入信号，并提供第一 DC 输出信号，而第二级为被耦合来接收第一 DC 输出信号的非调整变换器，并将第一 DC 输出信号转换成第二 DC 输出信号。电源第三级接收第二 DC 输出信号，并包括转换第二 DC 输出信号来提供适合焊接或切割操作的信号的多个变换器电源电路。第三级变换器电源电路并行连接在焊接和新型非调整第二级之间，并且在对于彼此之间的异相进行工作以使

得纹波电流电平最小化，从而第三级变换器的整体纹波电流率低于单独变换器电源电路。单独变换器电源电路可以是降压或者其他类型的变换器，其中为了系统尺寸和成本降低，可以以耦合或非耦合的形式将变换器电源电路的电感器集成在单个磁芯上，并且两个或多个电源电路可以以时序重叠工作。此外，可以对给定的电压范围设计变换器电源电路，其中，N 个电源电路的并行连接为第三级提供了变换器最大电流率，大约是单独变换器电源电路的最大电流率的 N 倍。这允许了构造可以在事实上任何电流安培下工作的焊接电源，其中针对在典型焊接电压幅度下的工作设计单独变换器电源电路模块，其中焊机输出电压实质上与输出级变换器电源电路的数量无关。

#### 附图说明

下面的描述和插图详细描述了本发明特定的示例性的具体实现，其表示了可以实现本发明原理的几种范例性的方法。当与附图一起考虑时，从下面的本发明的详细描述中，本发明的其他目的，优点和新特性将变得明显，其中：

图 1 的示意图说明了根据本发明的一个或多个形式的三级电源，其具有交错多相位输出级开关变换器，该变换器使用来自非调整隔离第二级的电源，提供调整操作输出信号；

图 2 和 3 的示意图与图 1 相似，说明了根据本发明的三级电源进一步的实施例；

图 4 的示意图说明了根据本发明构造的电源的第二和第三级，其中多相位输出级提供 AC 焊接电流；

图 5 的示意图为用于控制图 4 的实施例中多相位第三级所提供的调整信号的波形技术控制电路，以及说明三种示例性焊接调整信号波形的曲线图；

图 6 的示意图说明了根据本发明构造的电源的第二和第三级，其中输出级提供 DC 焊接电流；

图 7 的示意图说明了根据本发明的三级电源的拓扑结构，其以两个独立的控制器电压电源产生适合于电弧焊接的输出电流；

图 8 的示意图说明了根据本发明的示例性三级电源；

图 9 的示意图说明了根据本发明的三级电源的示例性非调整隔离第二级

变极器的进一步的细节；

图 10A 的示意图说明了示例性的具有 4 个并联的降压变换器的交错多相位 DC 到 DC 第三级变换器，该降压变换器用于产生根据本发明的三级电源的焊接操作输出信号；

图 10B 的示意图说明了根据本发明的，用于提供非调整信号的另一个示例性 4 相位交错降压变换器；

图 11 的波形图说明了图 10A 和 10B 中的交错变换器中示例性的多相位控制信号；

图 12 的示意图说明了根据本发明的交错多相位降压变换器输出级的另一具体应用，其中变换器电源电路电感器集成地缠绕在公共磁芯上；

图 12A 和 12B 的示意图说明了根据本发明的集成变换器电源电路电感器缠绕在公共磁芯上的两个交谈缠绕方向。

#### 具体实施方式

后面结合附图描述本发明的一个或多个实施例或具体应用，其中全部使用相同的引用号码来引用相同的元件，并且说明的结构不是必须按比例来绘出的。本发明的特定形式涉及在产生适合焊接或者等离子体切割操作使用的输出信号中使用的三级电源，全文中将称为焊接电源，其中电弧焊接的概念同时包括等离子体电弧切割的相关技术。提供了输入级来将 AC 信号转换成第一 DC 输出信号，其优选地具有固定电压电平，并且还提供了非调整第二级，其可以包括隔离元件，并且提供第二 DC 输出信号。重要的是，第三级电源构造为交错多相位的变换器，其将第二 DC 信号转换为焊接或切割操作可用的调整信号，以促进上述的较高带宽工作，低纹波电流，较小元件尺寸，以及改善的瞬态响应。从而可以在焊接系统中有利地使用本发明来实现先进的波形控制技术而不会受到低效率和增加的成本或尺寸。

与输出级的多相位结构所提供的高带宽能力一起，非调整第二级变极器也可以工作在高切换率下，其中开关可以在大于 18kHz 并在一个例子中优选大约 100kHz 的高切换频率工作。非调整第二级变极器中的高开关速度允许在其中使用小磁性元件，并且从第二提供到第三级的 DC 输出信号优选为隔离的。交错的多相位第三级斩波器优选为由诸如焊接操作的电流，电压或功率

之类的焊接参数调整，该焊接操作具有并行变换器电源电路的操作中的时序重叠。因此，本发明的具体应用的拓扑结构具有输入级来产生第一 DC 信号，第二非调整 DC 到 DC 级来提供隔离固定 DC 电压，该电压由电源第三级使用来调整焊接操作使用的电流，其中最终输出级是交错多相位变换器。本发明的其它形式涉及多相位交错电源级的使用，其通常用于产生适合焊接或者等离子体切割操作的调整信号。图 1-3 在三级电源的背景下，说明了本发明特定形式的三个典型实施方案，其中，在本发明的范围内可以采用任何适合的第一级，以将 AC 输入电源转换为第一 DC 输出信号。此外，可以使用任何类型的非调整第二级以将第一 DC 输出信号转换成第二 DC 输出信号，其中第二级可以也进行隔离。此外，在本发明的范围内可以采用任何类型的多相位第三级变换器，其接收第二 DC 输出信号并提供适合焊接，切割，或其它电弧处理操作的调整信号。

图 1 显示了第一三级电源 PS1，包括第一级 I，非调整隔离第二级 II，以及交错（interleaved）多相位第三级变换器 III。该实施例中的第一级 I 包括 AC 到 DC 变换器 10，用于将 AC 输入信号 12 转换成第一 DC 输出信号 14。输入 12 为单相或三相 AC 线电源，其电压通常可以在 115 到 575 伏特之间变化，尽管本发明不限于任何特定数量的输入相位或任何特定的输入电压值。变换器 10 作为非调整器件来说明，其可以是整流器或滤波器网络的形式以产生第一 DC 输出信号 14（DC#1）。由于 AC 输入信号是线电压，DC#1 通常在幅度上是均匀的。在第二级 II，以 DC 到 DC 变换器的形式提供非调整变极器 A，其具有隔离变压器以将第一 DC 输出信号 14（DC#1）转换成第二 DC 输出信号 20（DC#2）。

第二 DC 输出信号 20 形成到级 III 的电源输入，其包括多相位交错 DC 到 DC 变换器 30，用于将线路 20 上的第二 DC 输出信号电压转换成线路 B 上适合焊接的调整信号（例如电流或电压）。反馈控制或调整回路 C 感应焊接操作中的参数，以通过第三级多相位变换器的调整，调整输出信号线路 B 上的电流，电压，和/或功率。实际上，变换器 30 为斩波器或者开关变换器，例如多相位交错降压变换器（例如下面的图 10A-12B），尽管多相位升压变换器，降压-升压变换器，cuk 变换器等的使用，或多相位变极器的使用是可能

的替代方案，其中多相位变换器的所有这种变化都预期处于本发明以及所附权利要求的范围内。进一步地，在如图 1 所示的三级电源 PS1 中，尽管不是本发明的严格要求，第二级 A 的开关网络可以工作在高于第三级变换器 30 开关频率的频率下。此外，尽管不是本发明的要求，线路 20 中的第二 DC 输出信号电压 (DC#2) 可以充分低于线路 14 上来自级 I 的第一 DC 输出信号电压 (DC#1)。此外，在优选的实际应用中，可以在第二级变极器 A 中提供隔离变压器，其具有的输入或初级部分或侧具有充分多于用来在线路 20 上产生第二 DC 输出信号的电压 DC#2 的次级部分或侧的线圈匝数。尽管可以使用任何合适的匝数比例，在一个特定例子中，使用转换匝数比例 4:1，使得线路 20 上的第二 DC 输出信号电压约为线路 14 上的第一 DC 输出电压的 DC#1 的 1/4，其中第一 DC 输出信号电压 DC#1 不需要大于第二 DC 输出信号电压 DC#2，并且其中第二级 II 可以是非调整的。

图 2 说明了本发明的另一种具体实现，其中三级电源 PS2 具有与上述的电 PS1 基本上相同的级 II 和级 III。然而，在图 2 的实施例中，输入级 I 为 AC 到 DC 变换器 40，其包括后面紧接着调整 DC 到 DC 变换器的整流器，该变换器用来提供第一 DC 输出信号 DC#1。转换信号是线路 14 中的 DC 输出信号显示作为第一 DC 信号 (DC#1)。如同所示，线路 14 上的第一 DC 输出信号电压由反馈回路 42 根据标准技术调整。从而，在电源 PS2 的一个具体实施中，第一 DC 输出信号 DC#1 以及第二 DC 输出信号 DC#2 根据调整 42 来控制，并且输出焊接变换器 30 由输出反馈回路 C 调整。对于第一级 I，线路 14 上的第一 DC 输出信号 DC#1 由反馈回路 42 调整，其中通过感应由线路 44 代表的 AC 输入电压波形 12，范例变换器 40 同时提供功率因子校正。通过使用图 2 中的电源 PS2，第一 DC 输出信号 14 对于输入 12 处不同的单相或三相电压为固定 DC 输出信号电压 DC#1。从而，20 处的第二 DC 输出信号电压 DC#2 仅是线路 14 上第一 DC 输出信号电压 DC#1 的转换。从而在该具体实施中第二 DC 输出信号 DC#2 是固定电压，其电平由隔离变压器以及非调整第二级变极器 A 中切换网络的固定占空比确定。这是采用三个分开并且清楚的级的新型电源的优选具体实施，其中第二级是用于将固定 DC 输出信号转换为第二固定 DC 输出信号的非调整变极器，该第二 DC 输出信号用于

驱动调整交错多相位开关变换器 30，例如斩波器或者变极器。作为另一个可能的替换，级 I 可以由来自线路 20 中的 DC#2 的反馈（如同图 2 中的虚线反馈回路或线路 46 所表示的）进行调整。

图 3 中显示了根据本发明的三级电源的另一种可能的具体实施 PS3，其中由来自焊接电流操作输出信号 B 的反馈回路 52 调整第一级输入变换器 50，并且可以根据第一级反馈 42 并根据通过线路 44 的功率因子校正，进一步控制第一 DC 输出信号 DC#1。在所说明的图 3 的例子中，尽管该反馈控制结构不是本发明的要求，变换器 50 优选为由焊接输出反馈 52 调整，而不是如同图 2 的电源 PS2 中的情况那样，由线路 14 上的第一 DC 输出信号电压 DC#1 调整。通过图 3 中来自焊接输出 B 的调整，变换器 50 同时是功率因子校正级和焊接调整器。然而，注意到为了作为本发明意图的三级电源的完整的技术揭示，而揭示了本发明的该具体实施，并且功率因子校正不是本发明的严格限制。

如前所述，输入级 I 将单相或者三相 AC 信号 12 转换成供构成第二级 II 的非调整变极器 A 使用的固定 DC 14 (DC#1)。本发明的该具体实施通常在级 I 采用 DC 到 DC 变换器 10, 40, 50 来在图 1-3 中的线路 14 上产生第一 DC 输出信号电压 DC#1。可以选择级 I 的 DC 到 DC 变换器 10, 40, 50 以在线路 14 上产生希望的信号电压 DC#1，其中输入整流器提供 DC 电压到第一级 DC 到 DC 变换器（未显示），其可能是升压变换器，降压变换器，降压+升压变换器，或者其它适合的 DC 到 DC 变换器结构。第一级 I 的这种 DC 到 DC 变换器结构可以通过感应经由线路 44 的输入 AC 波形并据此控制第一 DC 输出信号 DC#1，而有利地执行功率因子校正（例如图 2 和 3），以减少三级电源 PS2, PS3 输入 12 处的谐波失真，和/或保证输入 AC 电流和电压同相位到可能的程度。尽管功率因子校正不是实现本发明的严格要求，在焊接技术领域使用功率因子校正输入 DC 到 DC 变换器 40, 50 是公知的，并且用于很多现有技术两级拓扑结构。从这个方面，级 I 的主要目的是在线路 14（后面的图中显示为线路 14a, 14b）提供第一 DC (DC#1)，接着由第二级 II 使用第一 DC 来在线路 20（后面的图中显示为线路 20a, 20b）产生固定 DC (DC#2)。注意到替换的具体实施是可能使用图 1 中作为例子显示的非功率因子校正输

入或第一级 10，其中输入整流器的输出线路由大存储电容（未显示）耦合，以在线路 14 上产生滤波的通常固定的，第一 DC 输出信号电压 DC#1。在另一个替换具体实施中，第一级 I 可以包括无源功率因子校正电路 40，50，其连接到单相或多相 AC 输入 12，以在 14 产生通常固定的 DC 电压（DC#1）作为第二级变极器 A 的输入。上述级 I 结构仅仅是例子，可以使用其它具有单相或者三相输入信号，具有或不具有功率因子校正，具有或不具有调整的输入级实施本发明。

也参考图 4，在特定优选具体实施中，在输出 20（例如，在图 4-10 和 12 中作为线路 20a，20b 显示）提供相对低的固定第二 DC 输出信号 DC#2，其中新型三级焊接电源的多相位第三级 III 可以是斩波器或者以大于 18kHz 的频率工作来提供增加带宽的优点的其它变换器。非调整第二级变极器 A 的开关频率以及调整输出多相位变换器 30 的开关频率可以，但是不需要不同。在这一方面，尽管第二和第三级的特定频率关系不是本发明的严格要求，但是在一个例子中，多相位交错斩波器输出级 30 的开关频率可以充分小于非调整变极器 A 的频率。

图 4 所示的电源 PS4 说明了本发明的使用，其中级 III 包括交错的 DC 到 DC 开关变换器 30，并进一步包括极性开关 110 以有利于输出端或线路 110a 和 110b 处的 AC 焊接，其中电源 PS4 包括分别将控制信号 132 和 134 提供给变换器 30 和极性开关 110 的第三级控制器 130。多相位变换器 30 由通常固定的输入 DC 20（第一 DC 输出信号 DC#1）驱动，并且可以由来自 AC 或 DC 焊接操作 120 的反馈调整，来提供跨过输出引线 102，104 两端的适合焊接的电流。此外，如图 4 中所示，调整信号可以经过引线 110a 和 110b，通过极性开关 110 提供，以提供给 AC 焊接，其中引线 102 是正极性引线而引线 104 是负极性引线。在这一方面，极性开关 110 具有第一位置，其中引线 102 定向到焊接操作 120 的电极，从而极性开关 110 的输出在输出线路 110a 具有正极性，而在输出线路 110b 上具有负极性。这在焊接操作 120 上产生了电极正极性（EP）DC 焊接处理。极性开关 110 的反转可以在焊接操作 120 上产生电极负极性（EN）DC 焊接处理。

从而，可以根据标准极性开关 110 的设置进行电极正极性或者电极负极

性的 DC 焊接处理。以相似的方式，极性开关 110 可以在电极正极性和电极负极性之间交替变换以在焊接操作 120 产生 AC 焊接处理。从而极性开关 110 驱动来自调整多相位变换器 30 的 DC 输出，来产生 AC 焊接处理或 DC 焊接处理 120，其可以如定向到控制器 130 的线路或回路 122 经由图 4 中表示的反馈系统有利地调整和控制，控制器 130 用于如控制信号线路 132, 134 所示分别调整多相位变换器 30 且设置开关 110 的极性。通过这样在级 III 调整焊接操作 120，级 II 处的非调整变极器 A 可以具有相对较高的开关频率和高占空比来在电源 PS4 的第二级 II 的范围内减少元件尺寸和改进效率。

也参考图 5，尽管不是本发明的严格要求，本发明的特定实施例有利地采用了由 The Lincoln Electric Company of Cleveland, Ohio 所最先提出的“波形控制技术”。在图 5 中示意性地示出这种类型的控制系统，其中图 4 中控制器 130 的控制电路 150 处理作为由波形发生器 152 提供的线路 152a 上的电压的波形轮廓。如具有输出 156 的误差放大器 154 示意性的示出的，波形轮廓由反馈回路 122 控制。因此，来自发生器 152 的波形轮廓由反馈回路 122 控制并在输出线路 156 中产生信号。线路 156 定向到适当的 PWM 电路 160，该电路工作在由振荡器 162 的输出确定的高频率上。在一个例子中该频率大于 18kHz 并通常高于 40kHz。进一步地，如下参考图 10A-12B 所描述和说明的，经由控制器 130 使用多相位调整 PWM 输出信号，和/或使用相位移动或偏移量电路（未显示）来提供单独的 PWM 控制信号给输出级 III（例如，下面的图 11）的变换器电源电路，第三级 III 优选地提供第三级变换器电源电路的异相（out of phase）的交错控制。

例如，在图 5 中如线路 132 显示了可以在控制器 130 中的软件中和/或数字电路实现的脉冲宽度调制器 160 的输出，该线路 132 用于控制多相位开关第三级变换器 30 产生的波形。第三级变换器的输出波形（提供给焊接操作 120 的调整信号）可以具有任何类型的轮廓或类型，例如 AC，DC，或者它们的组合，在图 5 的右边部分如波形 152b, 152c, 和 152d 示例性地显示了这些的例子。在一个 AC 焊接例子中，由变换器 30 以 AC MIG 焊接中使用的类型的 AC 波形形式提供了波形 152b，其中负电极安培高于正电极安培。可替换地，正安培可以高于负安培。在波形 152c，电极负极性和电极正极性的安

培基本上相同，而负电极部分的长度较长。当然，可以调整 AC 焊接的操作以提供平衡或者非平衡的 AC 波形，或者偏向于电极正极性，或者偏向于电极负极性，或者平衡可以动态地改变，其中时间部分和/或幅度部分可以朝负电极方向或者正电极方向偏置。当极性开关 110 设定为 DC 负极性或者 DC 正极性焊接操作时（或如下面的图 6 所示，完全忽略极性开关 110），如波形 152d 显示的脉冲焊接波形由波形发生器 152 控制，用于将调整信号从变换器 30 输出到焊接操作 120。不同的其它波形，AC 和 DC，都可以由控制器 130 控制，从而焊接操作 120 可以调整为 AC 或者 DC。进一步地，焊接操作可以是 TIG，MIG，埋弧（submerged arc），或者，在进行任何类型的电弧处理操作中可以使用电源 PS4 或者使用本发明的其它电源。在这一方面，处理电极（下面图 7，8，10A，10B，以及 12 中的电极 E）可以是非消耗的或消耗的，例如带金属芯，药芯，或者实心焊丝，其中根据采用的电极可以但是不必要采用防护气体。可以在采用本发明不同形式的系统中进行焊接操作中所有的这些修改。

现在参考图 6，执行 DC 焊接的电源 PS5 示例说明了电源 PS4 的修改例。在该例子中，电源 PS5 仅执行 DC 焊接操作 120，其中反馈回路 122 定向到具有输出 132 的控制器 130。电源 PS5 中的调整变换器 30 优选为多相位斩波器类型的开关 DC 到 DC 变换器，以在线路 102a，104a 之间产生 DC 电压，其中控制器 130 优选地由波形发生器 152 控制（图 5）。此外，线路 102a，104a 上的极性根据在焊接操作 120 中执行的 DC 焊接处理的需求，可以是电极负极性或电极正极性。进一步地，调整变换器 30 输出的调整信号，可以比图 4 中所示的电源 PS4 的焊接输出更为简化。图 4 和图 6，与图 5 中所示的控制网络或者电路 150 一起，说明了构成本发明的新型三级电源和交错多相位输出变换器 30 的多样性，其中示例说明的具体实施例仅仅是例子，并且并非本发明具体实施的全部。

现在参考图 7 和图 8，在具体实施现有技术中使用的两级电源或者本发明的新型三级电源中，需要提供电压来操作于这两种类型的电源中使用的调整和非调整开关网络两者的控制器。图 7 示例说明了根据本发明的一个优选三级结构，以产生用于焊接操作的调整信号，并提供控制电压以操作三级

电源（例如电源 PS6）的各个控制器。使用预调整器的输出来提供用于预调整器的开关控制器，以及两级电源第二级的开关控制器的控制电压是公知的，并揭示于通过参考合并在这里的 Moriguchi 5,926,381 中。对于最终级，用于执行焊接操作的输出斩波器常规地从输入 DC 电压获取控制器控制电压到斩波器中。这两个公知的技术合成在电源 PS6 中。

图 7 的三级电源 PS6 可以由具有从电源不同部分获取电源供应的控制器操作。特别是，电源 PS6 具有第一控制器电源供应 180 (PS#1)，其具有输出 182 以及来自引线 14a, 14b 上的第一 DC (DC#1) 的输入 184, 186。电源供应 180 包括降压变换器或者回扫变换器（未显示），以将图 2 预调整器 40 输出处的高电压 DC#1 减少到线路 182 上适合为第一级控制器 190 供电的低电压。尽管在本发明的范围内其它的电压是可能的，在一个例子中线路 182 上的控制电压可以位于 5 到 20 伏特之间。线路 182 上的电压定向到具有输出引线 192 的第一控制器 190，来根据标准技术执行预调整器 40 的操作。预调整器 40 可以采用来自图 2 和 3 所示的线路 42, 44 上的反馈，和/或可以接收沿着线路 52 的焊机输出反馈（如图 3 所示）。具体实施范例中的非调整第二级变极器 A 不需要控制器来调制输入输出电压之间的占空比或者固定关系，但是可以接收输出引线 198 上来自第二控制器 194 的控制信号，第二控制器 194 接收线路 196 中来自第一电源 180 的控制器操作电压。

作为替换，第三电源供应 PS#3 由输入 12 的一相驱动，以将可选电源供应电压 176 给于第一控制器 190。本具体实施中级 III 的调整多相位开关变换器 30 具有第二电源供应 200 (PS#2)，其经由输入 206 和 204 分别耦合到第二 DC 引线路 20a 和 20b，线路 202 上的控制器电压由说明为包括引线路 20a, 20b 的 DC 20 上的电压 (DC#2) 确定。电源供应 200 包括降压变换器或回扫变换器，以将非调整变换器 A 输出处的 DC 转换成由具有输出 132 的第三级控制器 130 使用的较低电压。如同参考图 1 和图 2 中的电源 PS1, PS2 所分别讨论的，线路 132 上的信号根据线路 C 上的反馈信号调整焊接变换器 30 的输出，其中多相位变换器 30 的单独电源电路可以由来自控制器 130 的专用输出 132 独立地控制，或者可以为控制器 30 的单独电源电路暂时偏置单个 PWM，或其它类型的控制输出 132，使得单独第三级变换器电源电路在相互

之间的异相进行工作。DC 14 (DC#1) 和 DC 20 (DC#2) 分别提供输入给电源供应 180 和 200, 其在一个例子中是 DC 到 DC 变换器, 用于产生用于控制器 190, 194 和/或 130 的低电平 DC 控制电压。作为图 7 中以虚线路 220 表示的替换, 第一电源供应 180 可以也提供用于第三控制器 130 的控制电压。揭示了图 7 来说明使用三级电源的多样性, 该三级电源具有从显示为 PS#1 和 PS#2 的不同固定 DC 电压电平接收降低的电源电压的控制器。可以采用其它配置来提供控制器电压, 例如通过整流器, 以说明为 PS#3 的方式, 通过线路 272 和 274 到 AC 输入电压 12 的一个相位的整流连接。现在参考图 8 和图 9, 图 8 以本发明优选的三级实施例上的更为详细的细节说明了本发明的另一个具体实施方式, 其中显示了三级电源 PS7, 其与电源 PS6 相似并且类似元件具有相同识别号码。根据本发明的一种形式, 输出级 III 包括多相位交错开关变换器或斩波器 30, 用于提供调整信号输出 (例如, 电极 E 和工件 W 之间的焊接电流)。如图 7 和 8 中所示, 提供的电流分流器 S 可以用于提供焊接处理电流反馈信号 C 到控制器 130。在该具体实施中所说明的级 II 的高开关速度变极器 A 包括上述的特性和特征, 并通过具有初级线圈 252 和次级线圈 254 的隔离变压器 250, 额外地提供第一和第二 DC 输出信号 DC#1 与 DC#2 之间的电隔离。如图 9 中所进一步说明的, DC 到 DC 变换器 A 的初级侧包括开关网络 300, 用于将交替电流定向到初级线圈 252。次级级 254 的整流输出是变换器 A 的次级部分或侧。

图 8 和 9 的范例变换器采用高开关速度变极器, 其占空比或者相位移动由非调整控制器 194 设定, 其中在说明的实施例中并没有提供处理或系统反馈给控制器 194。此外, 第二级开关频率在该电源 PS7 的实际应用中可以相对较高 (例如高于第三级变极器 30 的开关速度), 例如大约 100kHz。在范例非调整第二级变换器 A, 尽管可以通过如同具有用于调整控制器 194 的输出 262 的“ADJ”电路所示的, 对第二级 II 的占空比和/或频率进行非反馈类型的调整, 但是占空比和操作频率在焊接操作中保持基本固定。此外, 尽管在本发明的范围内可以采用任何适合的开关频率和占空比, 在级 II 优选的实施例中, 其中的占空比接近 100%, 使得在变极器 A 初级侧的开关对共同导通的时间最大, 其中可以使用电路 260 或者其它方式来为级 II 调整占空比, 相位移动,

频率等，以调整第一 DC 14 和第二 DC 20 之间的关系（否则的话通常固定，例如非调整）。从而，非调整隔离变极器 A 可以改变为具有不同但是固定的占空比。在这一方面，占空比优选地接近 100%，使得开关对基本上一致地工作，其中在本发明的典型应用中，占空比可以在大约 80%到 100%之间变化。

输入级 I 通常包括整流器 60，其后面紧接着功率因子校正 DC 到 DC 变换器 62，其中可以为输入 12 显示的不同幅度的单相 AC 或者三相 AC 提供适当的整流器 60。此外，在优选具体实施中，如图 8 所示，对于功率因子校正输入级 I 使用升压变换器 62，来产生第一 DC 输出信号 DC#1。升压变换器 62 根据具有前述的控制电压 182 的控制器 190 来工作。根据优选实施例的轻微变化，图 8 中的电源 270 具有通过跨过单相或三相 AC 输入 12 的一相的线路 272 和 274 连接的变压器。电源供应 270 中的整流器或滤波器在可选的虚线 276 中产生低控制电压，如果需要的话可以代替线路 182 的控制电压使用。这两个替换不影响电源 PS7 的工作特性。用于电弧焊接的三级电源的其它这种修改可以从前面的描述和焊接领域公知的技术中获得。

级 II 的非调整变极器 A 可以使用各种变极器电路，在图 9 中更详细地描述了其中一个。优选第二级电路 A 通过由到隔离变压器 250 的初级线圈 252 的输入定义的初级部分或侧，和由次级级线圈 254 的输出定义的次级部分或侧来划分。首先参考变极器 A 的初级部分或侧，采用了全桥电路 300，其中跨过电容 348 的成对开关 SW1-SW3 和 SW2-SW4 由引线路 302, 304, 306 和 308 连接，尽管可以替换地采用半桥电路或者其它开关电路。示例说明的电路 300 中的开关 SW1-SW4 分别通过线路 310, 312, 314 和 316 上的选通脉冲交替地激活。控制器 194 输出线路 310, 312, 314 和 316 中的选通脉冲，并且可以如同前面讨论的，通过来自电路 260 的线路 262 上的逻辑确定调整占空比，频率（周期）和/或相位关系。在一个具体实施中，可以通过改变线路 310 和 312 以及线路 314 和 316 的相位移动改变占空比，其中电路 260 调整成对开关的占空比或相位移动。在变极器 A 的操作中该调整是固定的。在优选的具体实施中，电路 300 具有约为 100%的占空比或相位移动，其中每一对开关具有最大重叠导通时间。如前面也描述的那样，控制器 194 具有来自适当电源供应的控制电压，在图 9 中由线路 196 表示。

在图 9 的范例电路 300 的工作中，由开关 SW1-SW4 的受控的操作，将交替变换的电流定向通过初级线圈 252。该电流优选具有通常至少大约 100kHz 的超高频率，使得可以减少元件尺寸，重量和成本，其中这种高开关频率不是焊接操作专用的，而是为了三级电源非调整级 A 的效率而选择的，尽管第二级 II 的特定操作频率不是本发明的要求。变极器 A 的次级部分或侧包括具有整流器 322，324 的整流器电路 320，其具有构造在次级级线圈相反端的电源输入 330 和 332，输出 342 和 340，以及分别由线路 326，328 上的信号选通的控制输入 326 和 328。引线路 326，328，330，332，340，和 342 构成整流器 320 的输出引线以产生跨过引线 20a 和 20b 的 DC 电压 (DC#2)，输出电流由斩波器 344 平滑并且得到的输出电压加到输出滤波器电容 346 两端。

在图 8 和 9 示例说明的范例三级电源中，第二级 A 为非调整的，这意味着其不是由来自焊接操作或来自第二 DC 输出信号 Dc#2 的实时反馈信号调整的。事实上，第二级 II 以相对固定的方式转换 DC 14(DC#1)到 DC 20(DC#2)，而没有反馈调整。在示例说明的第二级 II，通过适当的变压器线圈匝数比的选择，DC 到 DC 变换使得定向到使用变极器 A 的电源的调整第三级 30 的电压减小。尽管在本发明的范围内可以使用任何线圈匝数比，在一个例子中，变压器 250 的线圈匝数比为大约 4:1，其中输出 20 上的固定电压大约是第一级的输出 14 上的固定电压的 1/4。非调整级的几个优点包含在 Dr. Ray Ridley 的标题为 “The incredible Shrinking(Unregulated) Power Supply” 的文章中，作为背景信息通过参考合成在这里。一个基本的优点是能够将频率增加到超过 100kHz 来减少第二级 II 的尺寸和成本。

现在参考图 10A-12B，本发明的一个形式涉及使用交错多相位开关变换器 30 作为三级焊接电源的最终（第三）级。在本发明的该形式中，第三电源级 III 包括多个变换器电路，以将第二 DC 输出信号 DC#2 转换成适合焊接，切割，或其它电弧处理的调整信号，其中，第三级 III 的各种形式在后面 4 相位降压类型开关类型 DC 到 DC 变换器 30 的几个示例性实施例中作为例子，变换器 30 具有并行耦合在第二 DC 输出信号 DC#2 与焊接操作之间的单独变换器电源电路 30a，30b，30c，以及 30d，来提供处理输出信号。然而，可以

意识到在本发明的范围内在多相位第三级中可以采用任何数量  $N$  的变换器电源电路，其中  $N$  可以是大于 1 的正整数。此外，可以使用任何变换器电路类型，其中本发明不局限于降压变换器电源电路结构。此外，尽管这里所说明的变换器电源电路控制并非本发明的严格要求，如下面的图 11 所示，范例第三级变换器电源电路 30a-30d，在彼此之间的异相进行工作。

图 10A 示例说明了配置在高侧降压类型结构中的多相位交错第三级变换器 30 的具体实施，其中变换器电源电路 30a-30d 的单独开关元件和输出扼流线圈耦合在正第二 DC 输出信号 20a 和焊接电极 E（处理输出 B）之间，在负极性（工件）返回路径中具有电流分流反馈感应器 S。图 10B 中显示了 4 相位降压变换器的替换具体实施方式，其中变换器相位开关以及电感器扼流线圈位于工件 W 和负极性第二 DC 输出信号线路 20b 之间的负极性返回路径上。在这些例子中的每一个，变换器电源电路 30a-30d 单独包括开关器件 Q，例如双极晶体管（例如 IGBT 等），MOSFET，或其它开关元件，以及整流器 D 和电感器或扼流线圈 L，其中这些元件以降压类型的变换器电源电路配置来安置。替换地，例如，变换器电源电路元件可以不同地配置，以得到升压，降压-升压，或其它变换器类型结构，并且变换器电源电路可以替换地包括与示例说明的实施例的范例降压变换器电源电路相比，更多或更少的元件，其中所有这些提供多相位 DC 到 DC 变换来在焊接电源第三级提供适合电弧处理的调整信号的变化具体实施方式，都落入本发明以及所附的权利要求的范围内。

如图 10A 所示，一个可能的多相位变换器 30 包括 4 个这种降压变换器电源电路 30a-30d。第一变换器电源电路 30a 包括开关器件 Q1，其耦合在第二 DC 输出信号 DC#2 的正极性线路 20a 和内部降压变换器电源电路节点之间，其中 Q1 是双极晶体管，其集电极耦合到线路 20a，发射极耦合到变换器电源电路内部节点，控制极（基极或栅极）耦合来从控制器 130 接收第一变换器电源电路控制信号 132a ( $\Phi A$ )。第一降压变换器电源电路 30a 进一步包括整流器（飞轮二极管）D1，其具有耦合到第二 DC 输出信号 DC#2 负极性线路 20b 的阳极和耦合到 Q1 发射极（内部节点）的阴极，同时变换器电源电路电感器 L1 耦合在内部节点和调整信号之间。其它三个降压变换器电源电

路 30b-30d 构造相似, 分别具有相应的开关器件 Q2-Q4, 二极管 D2-D4, 以及电感器 L2-L4。如图 10A 所示, 变换器电源电路开关器件 Q1-Q4 都耦合在输入端 20a 和对应内部电源电路节点之间, 电感器 L1-L4 都通过调整信号线路 B 耦合到焊接电极, 其中控制器 130 提供对应的电源电路控制信号  $\Phi A-\Phi D$  给变换器电源电路 30a-30d 的开关 Q1-Q4。

也参考图 11, 第三级控制器 130 提供控制信号 132a-132d, 使得根据来自电流旁路 S 的反馈信号 C 为单独变换器电源电路 30a-30d 进行脉冲宽度调整, 并且每个变换器电源电路 30a-30b 激活了对应的激活部分, 其具有多相位变换器 30 的开关周期 T 的持续时间。此外, 变换器电源电路 30a-30d 以交错方式来控制, 其中控制器 130 提供开关控制信号, 使得降压变换器电源电路 30a-30d 在相互之间的异相进行工作。任何相位关系都预期处于本发明的范围之内, 包括 0 度 (例如, 同相), 其中这里示例说明和描述的具体实施范例提供了相对相位角, 其与变换器电源电路 30a-30d 的数量 N 相关 (例如, 示例说明的例子中为 4 个)。此外, 本发明一种形式中的变换器电源电路这样工作, 使得在每个开关周期的至少一部分, 至少两个变换器电源电路同时工作, 从而对于脉冲宽度的特定值以时序重叠操作全部或部分电路。在这一方面, 图 11 的示例说明的例子显示了相邻的变换器电源电路之间 90 度的相位角, 其相位周期相互重叠。

图 11 中的时序或波形图 31 对于交错 4 相位变换器 30 的两个范例开关周期, 示例说明了范例电源电路开关控制信号 132a-132d (表示为晶体管控制电压  $\Phi A-\Phi D$ ), 其中每个变换器开关周期具有持续时间 T, 并且单独的电源电路在持续时间 T 的对应部分是激活的 (例如调制的脉冲宽度), 其中激活部分是相位移动的, 其移动角度是  $360 \text{ 度}/N$ 。图 11 也示例说明了对应的变换器电源电路开关器件电流  $I_{Q1}-I_{Q4}$ 。在这里示例说明并描述的范例 4 相位变换器中, 变换器 30 的每个开关工作周期或者周期 T 包括 360 度, 其中每个变换器电源电路 30a-30d 的激活部分在 90 度相位角的倍数处开始, 其它相对相位关系也在本发明的范围内, 包括同相位操作。通常, 本发明的交错多相位变换器可以包括任何数量 N 个变换器电源电路, 其中 N 是大于 1 的整数, 并且其中相位角可以从 0 到 360 度变化。

如图 11 的时序图 31 所示, 单个降压变换器电源电路以通常降压变换器的方式工作, 其中控制器 130 以交错相位移动方式提供控制信号 132a-132d, 以在线路 B 上产生调整处理输出信号给焊接电极 E。例如, 对于第一变换器电源电路 30a, 当第一变换器电源电路开关 Q1 是导通的时候(由控制信号 132a ( $\Phi A$ ) 接通 Q1, 正极性开关电流  $I_{Q1}$  流过开关 Q1), 内部节点升高到线路 20a 的电压, 并且通过电感器 L1 的电流以通常线性的方式逐渐增加, 来通过线路 B 提供焊接电流给电极 E。当 Q1 断开, 开关电流  $I_{Q1}$  停止, 电感电流持续流动, 其中内部节点电压降低并且飞轮二极管 D1 变为正向偏置并开始导通。在 4 相位例子中, 第一变换器电源电路 30a 的脉冲宽度调制从每个分配的开关周期 T 的零度开始, 其中控制器 130 提供具有给定接通时间  $T_{ONa}$  的第一控制信号 132a ( $\Phi A$ ), 其中接通时间  $T_{ONa}$  与开关周期 T 的比例对应控制器 130 确定的 PWM 占空比, 该占空比由控制器 130 基于感应焊接处理电流和期望的焊接电流的比较(例如, 根据上面图 5 所示的波形控制), 或根据其它任何采用反馈, 前馈的适当控制策略, 或其它算法或控制方案来确定。在此例子中, 其它变换器电源电路 30b-30d 由来自控制器 130 的信号 132b-132d 相似地控制, 也根据反馈或者波形控制策略确定各接通时间  $T_{ONb}$ - $T_{OND}$ , 并且激活部分以连续的相位移动的方式开始, 第二电路 30b 的周期 T 在 90 度开始, 并且电路 30c 和 30d 的周期分别在 180 度和 270 度开始。以这种方式, 每个变换器电路在每个焊接周期的对应部分贡献电流给焊接操作, 其中电流在输出处累加, 注意到在这一方面, 输出电压实质上与变换器电源电路的数量 N 无关。在其它可能的具体实施中, 每个电源电路的激活时间部分不需要相同, 并且不需要根据相同的策略控制电源电路。此外, 尽管范例控制器 130 采用脉冲宽度调制技术, 但也可以采用其它调制, 例如脉冲频率调制等, 其中所有这些替换具体实施都预期落入本发明以及所附的权利要求的范围之内。

也参考图 10B, 示例说明了 4 相位降压类型的交错变换器 30 的替换形式, 其中变换器电源电路 30a-30d 单独包括耦合在第二 DC 输出信号和内部电源电路节点之间的开关器件 Q1 到 Q4。在图 10B 的配置中, 开关器件 Q1-Q4 耦合到第二 DC 输出信号 DC#2 的负极性线路 20b, 并且电源电路电感器 L1-L4 耦合在对应降压变换器电源电路内部节点和工件 W 上的调整信号之间, 其中

在线路 B 的正极性路径中提供电流旁路 S 以在线路 C 上产生反馈。在该实施例中，变换器电源电路 30a-30d 的飞轮二极管 D1-D4 的阳极耦合到电源电路内部节点，而阴极耦合到正极性 DC 线路 20a。在该例子中，如在上面对于变换器电源电路 30a-30d 的交错脉冲宽度调制描述的例子，如同图 11 的时序图 31 那样提供控制信号 132a-132d。当 Q1 接通（例如  $T_{ONa}$ ），第一电源电路内部节点位于线路 20b 的电压，并且电流  $I_{Q1}$  从第一电感器 L1 流到负极性 DC 线路 20b。随着开关 Q1 断开，电感器电流持续流过飞轮二极管 D1 到线路 20a 并从而到焊接处理电极 E。如上所讨论的，在本发明的范围内，其他特定的电源电路类型以及设计可以替代图 10A 和 10B 的范例降压变换器电源电路 30。

注意到在第三级 III 的开关变换器 30 中使用多个电源电路 30a-30d 相对于非多相位方案提供了几个优点。一个特别的优点是减少的纹波电流。在这一方面，电源电路 30a-30d 是相似地构造的，其中每个具有变换器电源电路纹波电流率  $I_{pr}$ ，其中交错多相位开关变换器 30 具有的变换器纹波电流率  $I_{cr}$ ，低于单个电源电路的纹波率  $I_{pr}$ 。该纹波率的减少是从多相位结构得到的，并能够减少变换器电源电路电感器 L1-L4 的尺寸和数值，从而节省空间和成本。例如，该减少可以抵消由多相位设计引起的增加元件数量的需求。进一步地，减少的元件尺寸可以促进安装在电路板上的扼流线圈的使用，来代替在单相位变换器中找到的较大扼流线圈。此外，电感器减少的值可以改进输出级 III 的瞬态响应，从而促进先进的焊接处理控制策略的使用（例如，波形控制等）。

此外，可以为了最大电流率，以由需要的变换器电流输出来确定给定电源设计中电源电路的数量，来设计单独的电源电路 30a-30d，从而可以使用不同数量的模块斩波器电源电路设计不同的焊接或等离子体切割系统。进一步地，由于单个电源电路提供的电流相对较低，可以达到高效率 and 低电流应力，同时为先进的焊接技术提供潜在的不受限制的带宽。不像多相位焊接电源的以前的尝试，例如 Reynolds 6,051,804 和 6,300,589，本发明的三级焊接电源事实上可以在任何电流安培下工作，其中可以针对典型焊接电压电平设计单独的变换器电源电路模块，其中焊机输出电压实质上与输出级变换器电源电路的数量 N 无关。在这一方面，本发明的交错多相位开关变换器（例如变

换器 30) 包括并行耦合的  $N$  个变换器电源电路 (例如电源电路 30a-30d) 来接收第二 DC 输出信号 (DC#2), 其中电源电路单独地具有变换器电源电路最大电流率  $I_p$ , 并且其中交错多相位开关变换器具有大约  $N \times I_p$  的变换器最大电流率。例如, 如果为了在 50 安培的最大电源电路电流工作而设计了降压变换器电源电路 30a, 可以使用 6 个并行连接的这种电源电路构造 300 安培的多相位变换器以将电源从第二 DC 输出信号 DC#2 转换成焊接调整信号, 其中, 每个变换器电源电路可以对于一个开关周期持续时间  $T$ , 以 60 度的相对相位关系工作。

现在参考图 12-12B, 本发明的另一个形式提供了一种三级电源, 具有将输入 AC 信号转换来提供第一 DC 输出的第一级, 将第一 DC 输出信号转换为第二 DC 输出信号的第二级, 以及用于将第二 DC 输出信号转换为调整信号的交错多相位第三级, 其中多相位变换器包括单独地具有电感器和开关元件的多个变换器电源电路, 其中电感器中的至少两个缠绕在公共磁芯上。图 12 示例说明了具有 4 个变换器电源电路 30a-30d 的多相位降压变换器 30 范例, 其中电源电路元件以类似于并且电学上等价于上面的图 10A 所说明的降压类型的变换器配置来相互连接。然而, 在图 12 的具体实施中, 使用公共磁芯将电源电路电感器 L1-L4 相互集成, 以形成集成磁性元件或单一变换器电感器结构 30L。本发明这种形式的其他实施例是可能的, 其中少于所有的电感器合成在单独的磁芯上。电感器 L1 到 L4 每一个包括对应的线圈, 其中电感器 L1-L4 的两个或更多线圈可以缠绕在公共磁芯上, 其可以是任何适当的形式或者材料, 例如 E-I, E-E, 或其它已知的磁芯结构。两个或更多变换器电源电路电感器 L1-L4 的集成可以允许本发明的三级电源结构进一步的系统尺寸和成本的减少。

在构造本发明的多相位输出级中的集成变换器机构中, 电感器线圈的相对缠绕方向可以按照如图 12A 所示, 或者可以如同图 12B 中替换实施例 30La 中所示的交替或者交错相间。在这一方面, 给定设计中特定磁芯设计的选择以及相对线圈的缠绕方向可以变化, 以选择性地提供交替或者反转耦合, 其中这样集成的单独电源电路可以耦合或者隔离, 如同 Zumel 的 “Magnetic Integration for Interleaved Converters” 所教导的。隔离电感器 L1-L4 本身的集

成可以有利地提供总体元件尺寸的减少,以及降低损耗和成本。电感器 L1-L4 中的部分或者全部的磁性耦合允许来自一个电感器的能量传递到另一个耦合电感器,其中输出滤波的需求可以减少。这样,例如,可以以集成磁性元件 30La 中交错相间的线圈提供隔离交替集成(图 12B),其中可以以缠绕在并行有间隙的磁芯腿(leg)上的集成线圈构造公共磁芯,其中提供一个或者更多附加无间隙的腿来将电感器相互之间隔离。在另一个可能的具体实施中(图 12A),集成电感器 L1-L4 的线圈缠绕在磁芯结构的有间隙和无间隙的腿上,而没有附加的隔离腿,从而集成电感器磁性地耦合。这样,尽管本发明的多相位输出级变换形式通常可以促进上述的改进动态响应以及较高带宽的优点,但两个或者更多变换器电源电路的选择性集成可以提供进一步的好处,特别是其中使用了相对大数量的变换器电源电路(例如,高的 N 值)。

尽管已经参考一个或者更多典范具体实施或实施例,示例说明并描述了本发明,其他本领域的技术人员在阅读并理解了本说明书和附图可以进行等价的替换和修改。在上述元件(装配,器件,系统,电路,以及之类)执行的各种功能的特定方面,尽管在结构上不等价于执行这里示例说明的本发明的具体实施范例中的功能的揭示结构,但是用来描述这种元件的术语(包括参考“装置”)对应于,至少暗示执行描述元件特定功能的任何元件(即在功能上是等同的)。此外,尽管仅对于几个具体实施中的一个揭示了本发明的特定特性,但如同对于任何给定或者特定应用所期望的和有利的那样,这种特性可以与其它具体实施的一个或者多个其它特性结合。

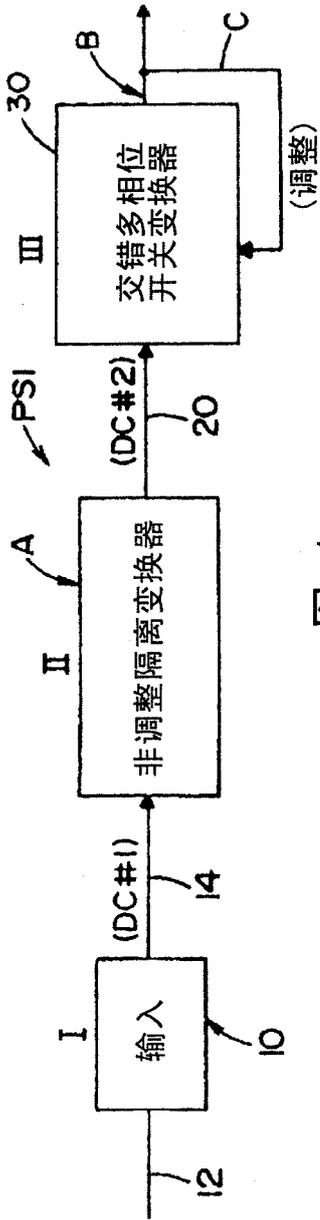


图 1

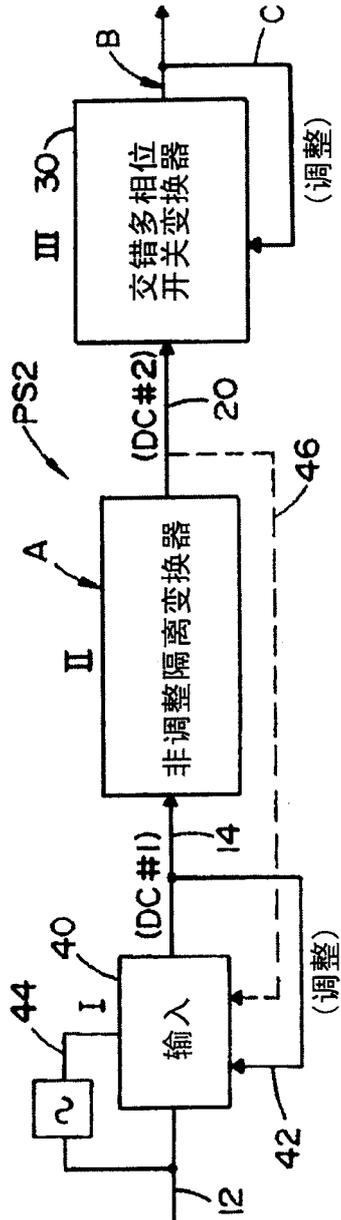


图 2

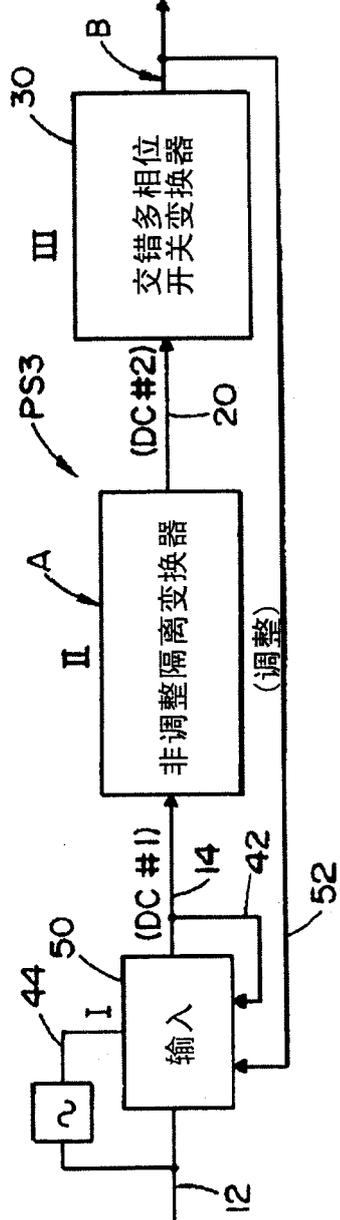


图 3

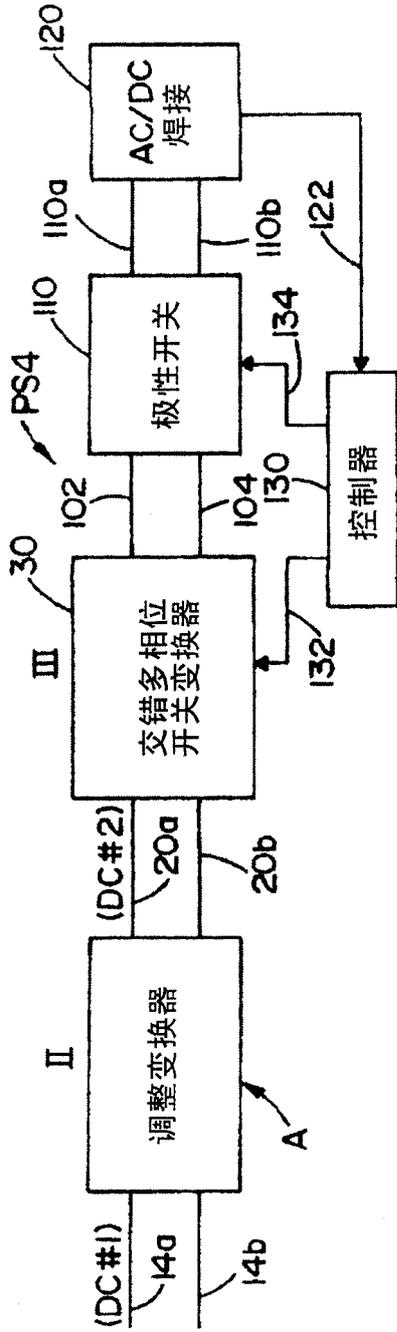


图 4

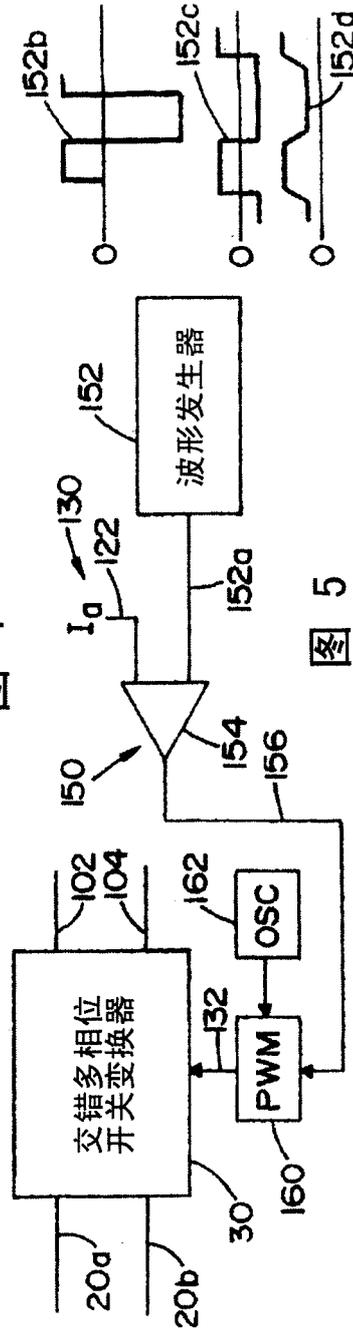


图 5

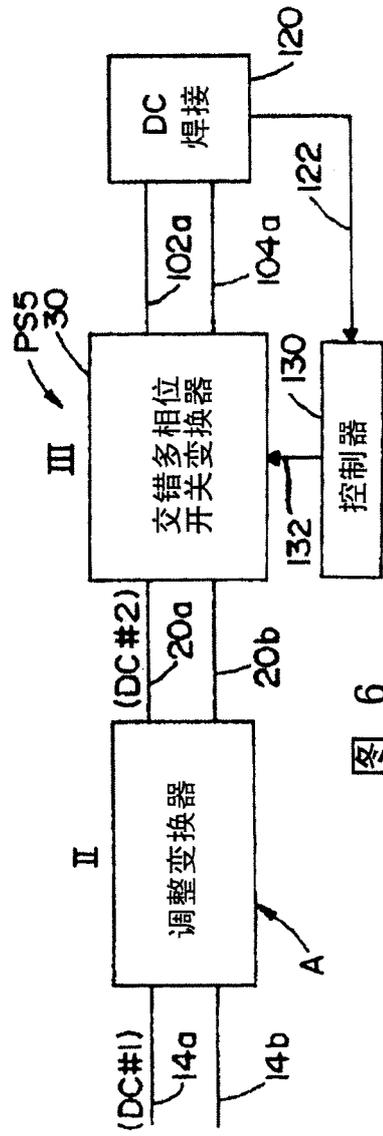


图 6

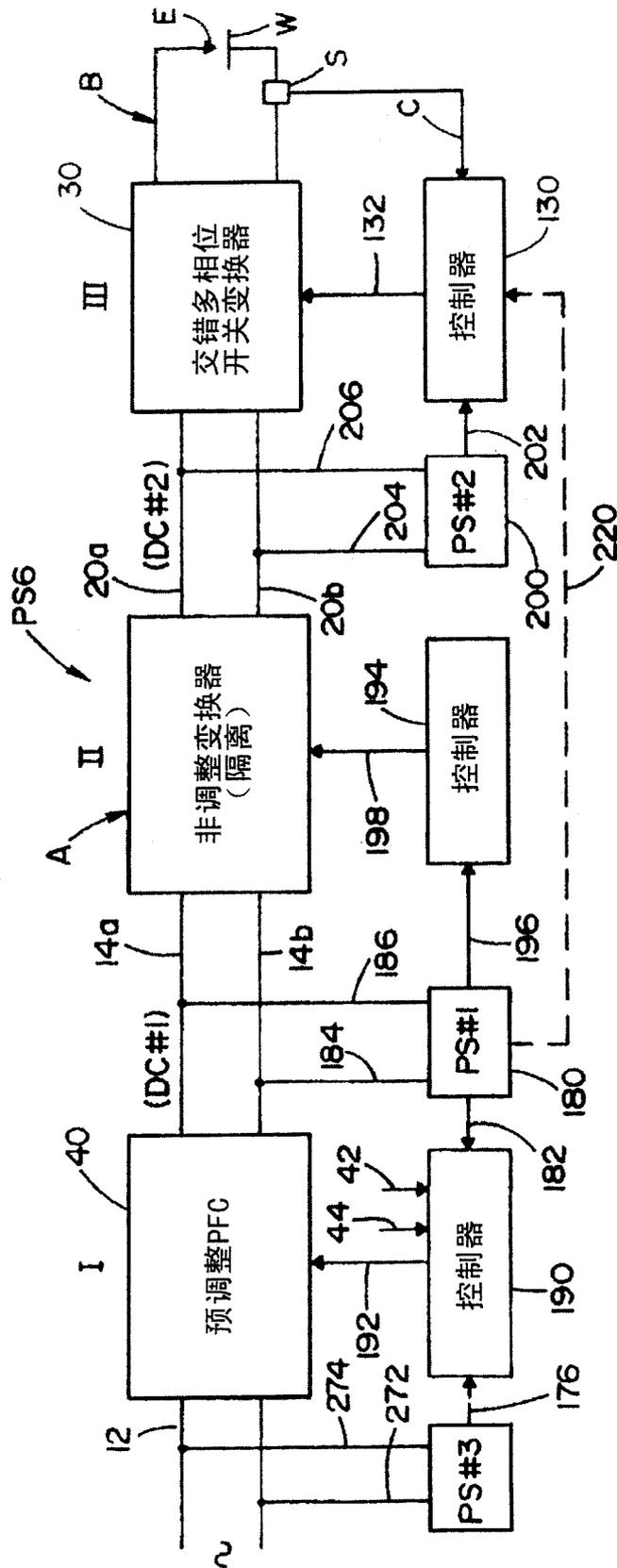


图 7

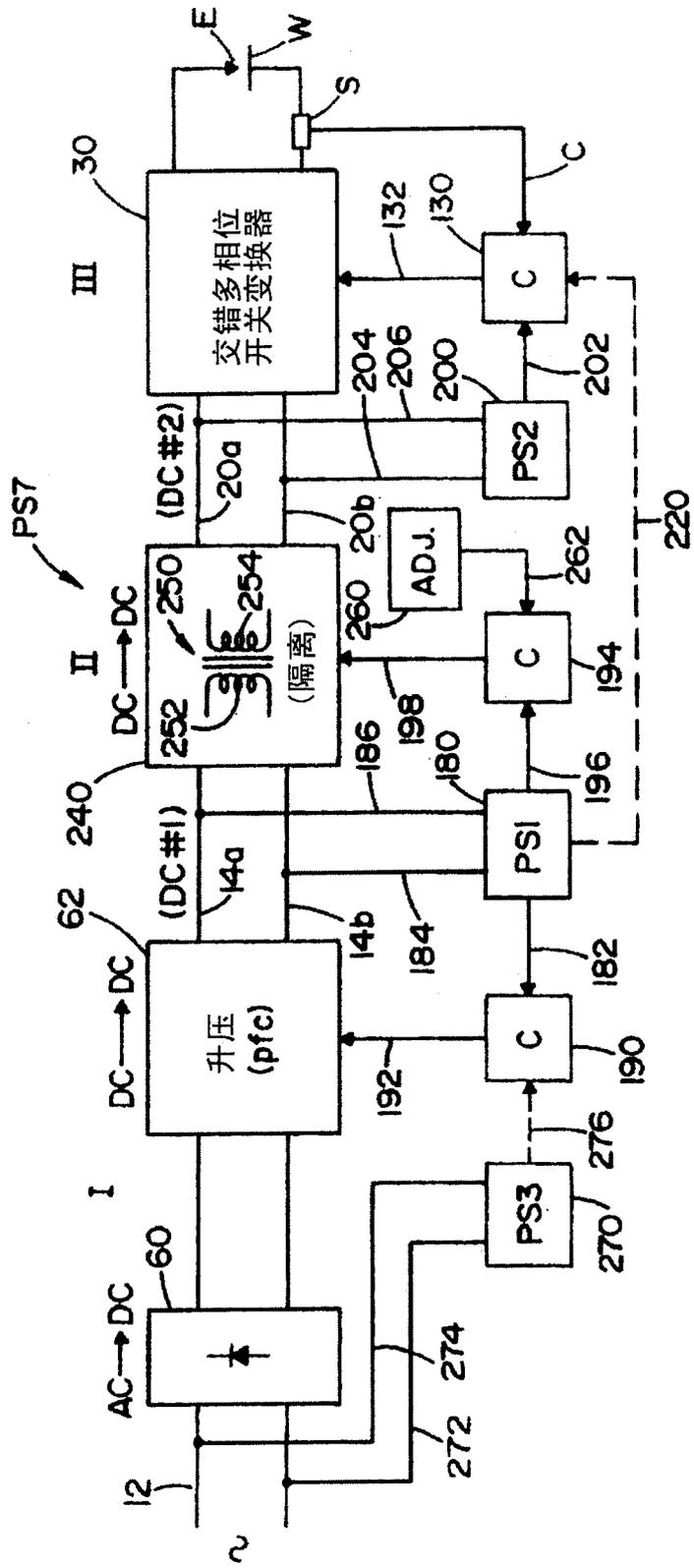


图 8

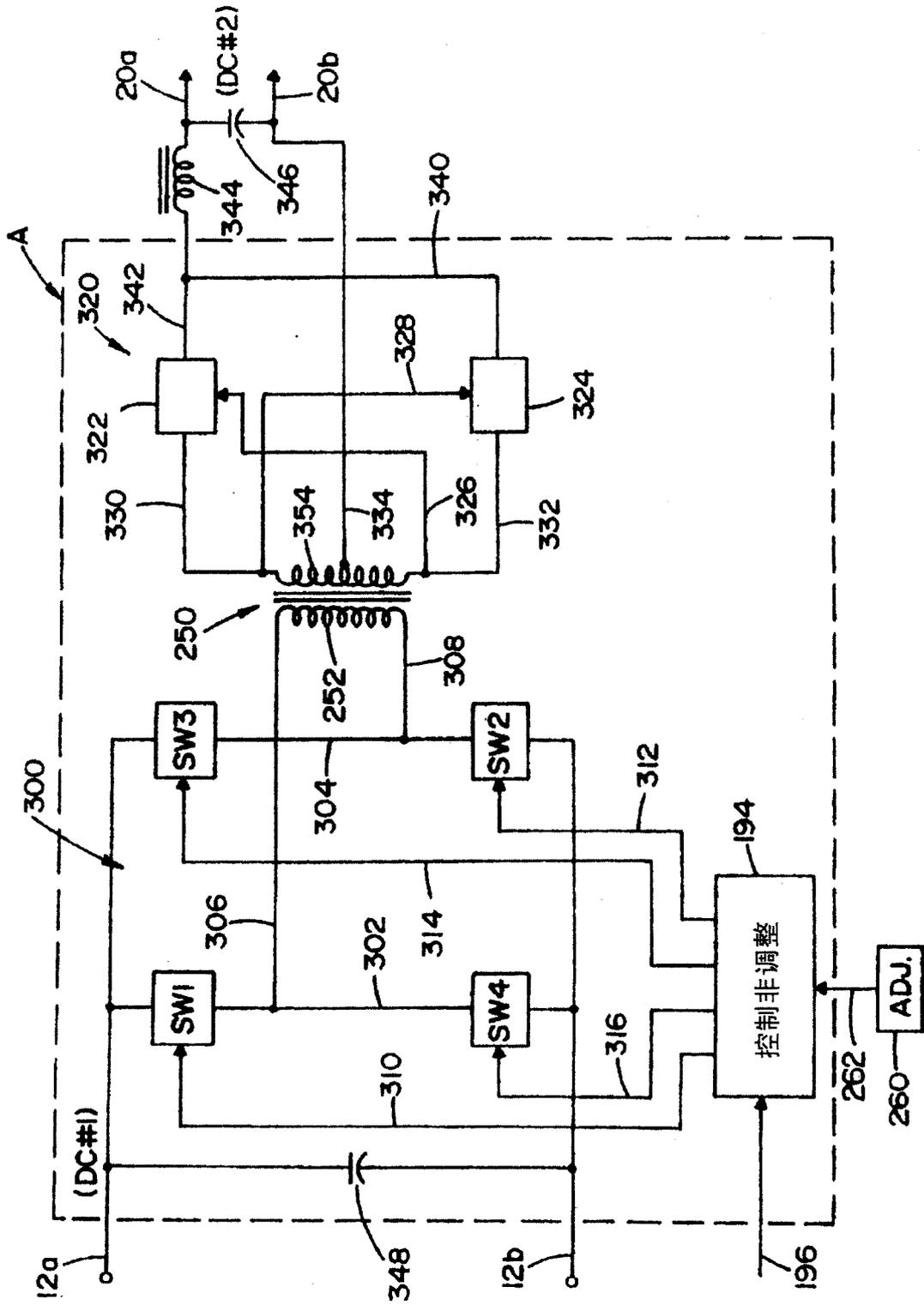


图 9

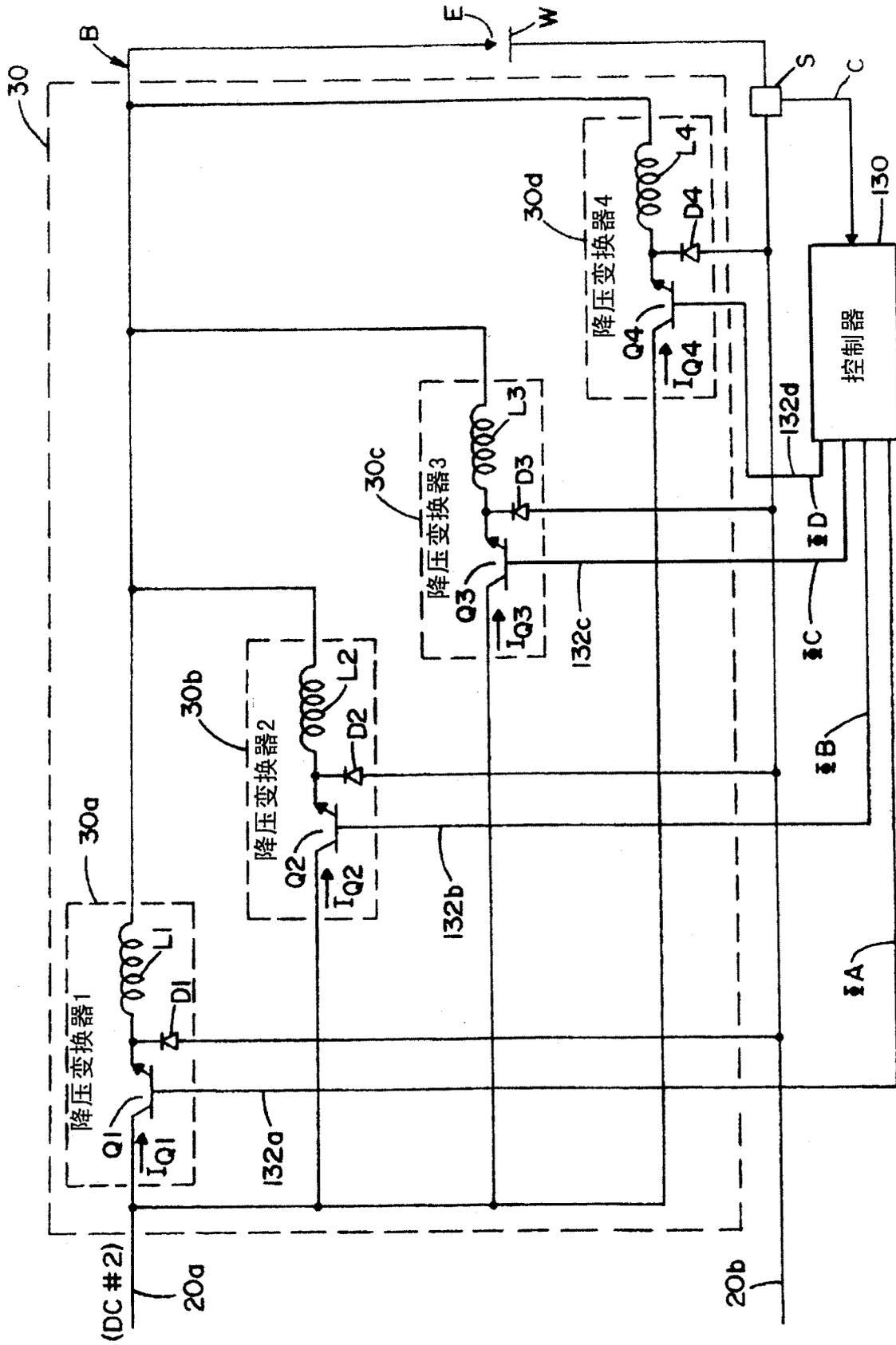


图 10A

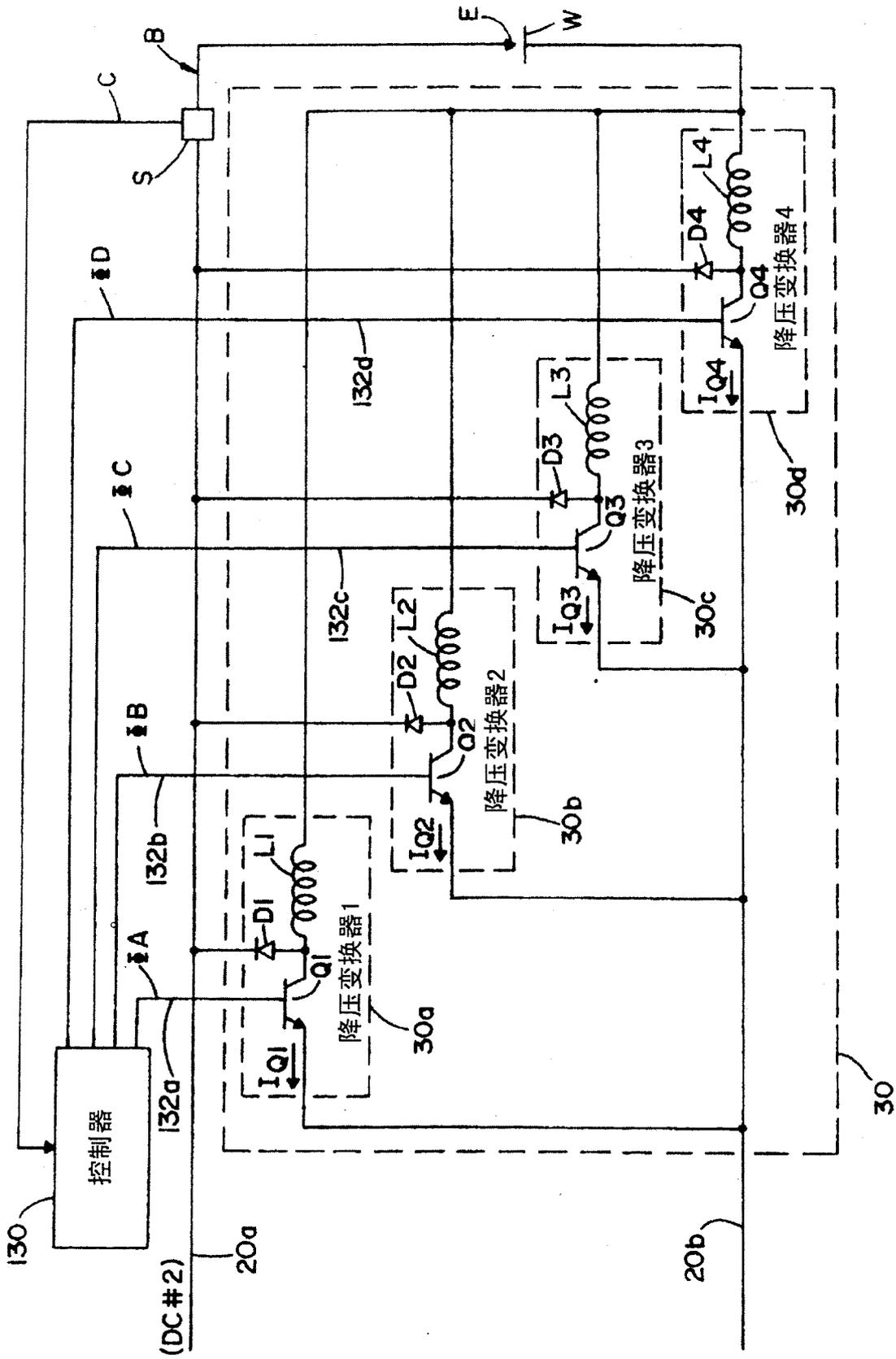


图 10B

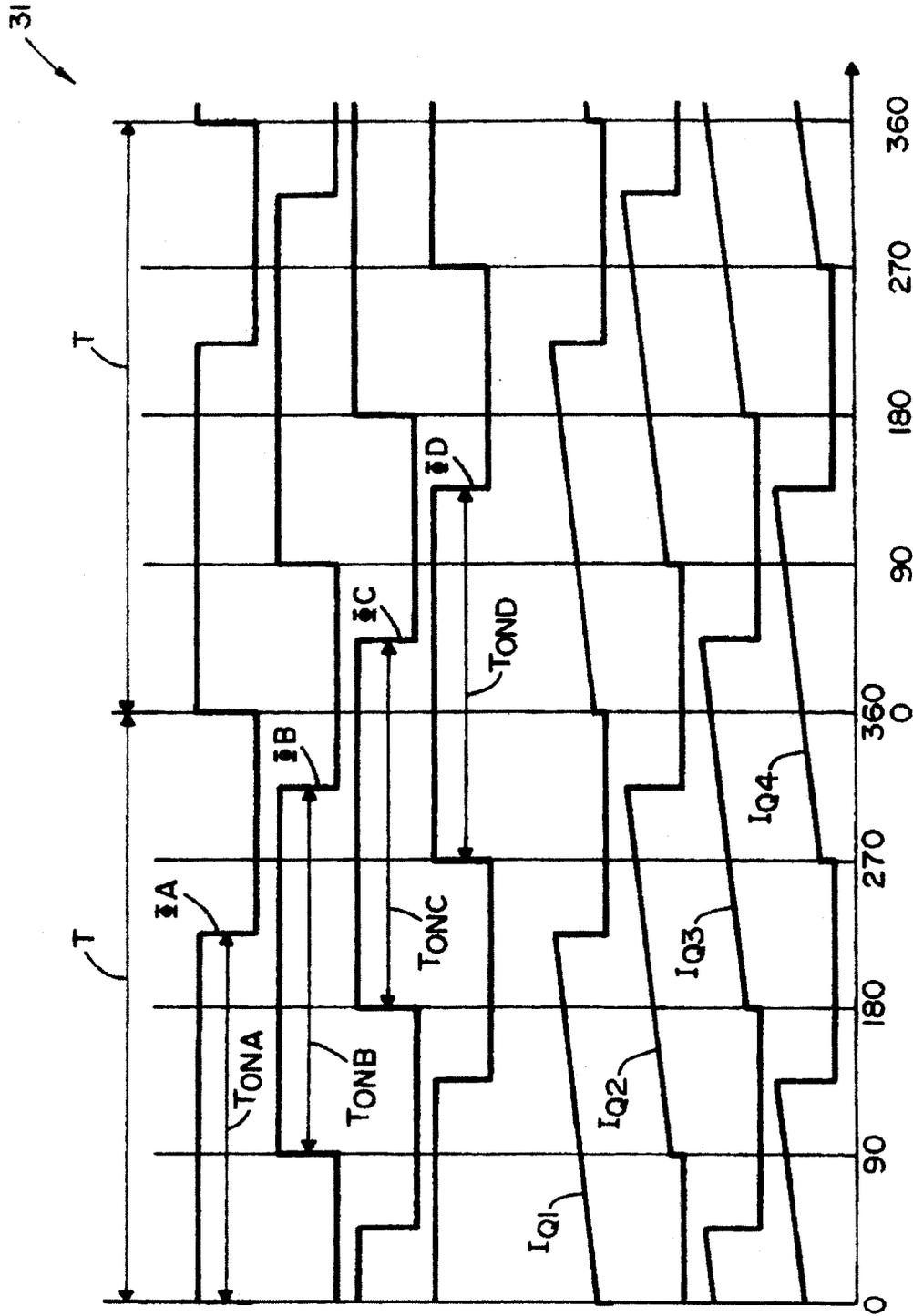


图 11

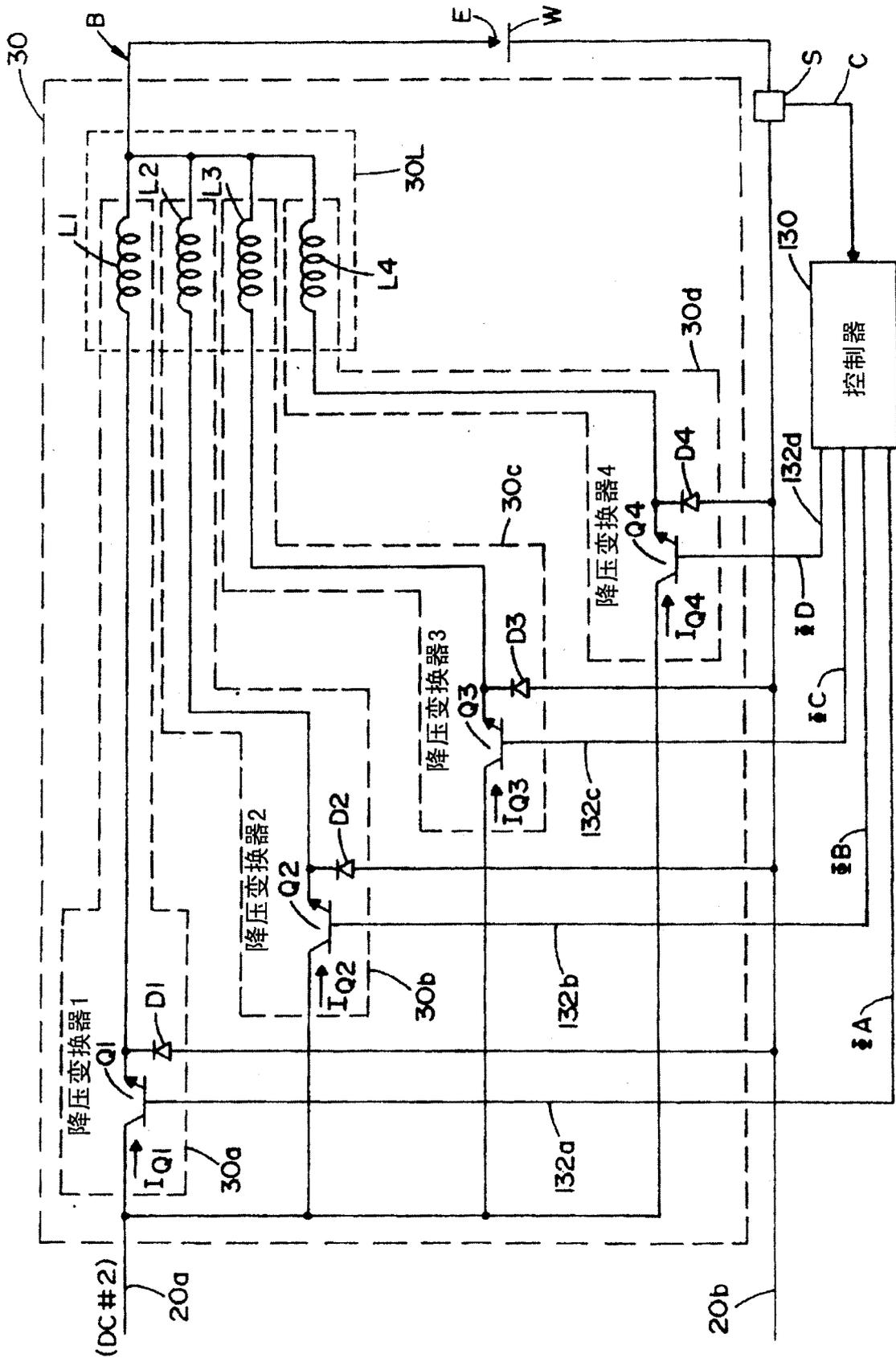


图 12

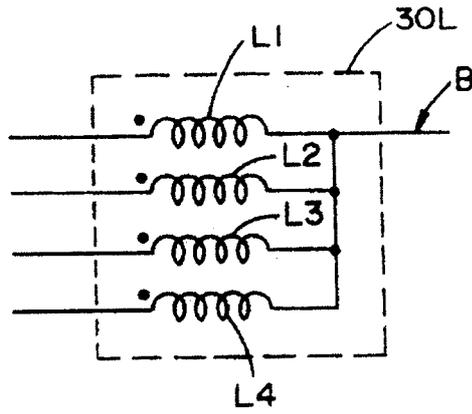


图 12A

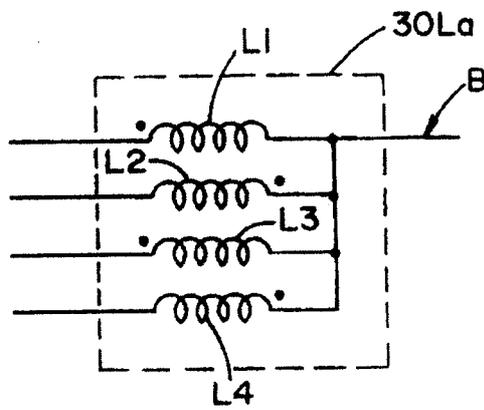


图 12B