

UPS 中的逆变电路(四)

6.1 功放电路

1.D 类功率放大器电路的特点

UPS 作为一种电源设备,其效率是十分重要的。UPS 的效率取决于功率放大器,对同一机器来说,效率的提高就意味着输出功率的增大,而在一定的输出功率下,效率的提高就意味着能耗的减小。这对于节省能源、减小设备体积和重量以及降低用户的运行成本都有很大的实际意义。因此,提高功率放大器的效率一直是 UPS 开发人员关注的重要课题,它推动了功率放大器技术的不断发展。

通常,根据工作点的位置,将功放电路分为甲类(A类)、乙类(B类)和甲乙类(AB类)三大类。其中:

甲类工作点位于负载线的中点,理论效率为 50%。

乙类工作点位于截止点,理论效率为 78.5%。

甲乙类工作点略高于截止点,理论效率略低于乙类。

对于甲类、乙类和甲乙类放大器而言,由于功率管工作在特性曲线的放大区,集电极电流与集电极电压都比较大,因而功率管的集电极耗散功率也比较大,放大器的效率就难以继续提高。

提高效率的有效途径是使功率管工作于开关状态。即当功率管饱和导通时,集电极电流很大而集电极电压很小,趋于 0;当功率管截止时,集电极电压很高而集电极电流很小,趋于 0。因为耗散功率为集电极电压和集电极电流的乘积,所以功率管的集电极耗散功率就很小,甚至趋于 0。由于这种放大器中的功率管是以开关方式工作,所以又称为开关模式功率放大器,分类为 D 类(丁类)放大器。

逆变器中的功率放大器就是采用的 D 类放大器,它的理想效率为 100%,实际效率可做到 90%以上。

因为 D 类放大器中的功率管工作于开关状态,所以集电极电压和集电极电流是一连串的矩形波,它包含丰富的谐波成分,因此需在输出端加接滤波网络,滤除不需要的谐波分量,这样才可以在负载上得到所需的基波电压和基波电流,完成功率放大的任务。

D 类放大器虽然效率得到了提高,但带来了新的问题。由于 D 类放大器效率得到提高的根本原因是功率管工作于开关状态。因此,放大器的输出电压与激励信号之间没有线性关系。这样,D 类放大器就不能放大幅度变化的模拟信号,而只能放大等幅不等宽的方信号。对于逆变器而言,我们需要放大的是正弦信号,因此必须事先将正弦信号加工成等幅调宽信号后,才能送入 D 类放大器进行放大。这就是为什么不直接将正弦信号放大,而要将其转换为 SPWM 信号的原因。

在放大器的输出端,由于在放大过程中输出电流在等效负载上的电流不断反向,偶次谐波相互抵消,输出的最低谐波是三次,所以,负载上的波形较好。

综合对 D 类放大器的分析可知:

(1)功率管的饱和压降 V_{ces} 越小,放大器的效率越高。若 $V_{ces} \rightarrow 0$,则 $\eta \rightarrow 100\%$ 。

(2)若忽略 V_{ces} ,则放大器的输出功率与电源电压的平方成正比。所以,选择较高的电源电压,对于提高输出功率和提高效率都是有利的。

常见的半桥功放电路和全桥功放电路即由 D 类放电路组成。

6.2 全桥功放电路

图 21 为 KSTAR-GP802 型工频机中的全桥驱动及功放电路。

GP-802 机的功放电路采用了全桥结构,这种电路采用的是单极性调制方式,相应的需要 4 组隔离驱动信号电路、3 组驱动电源和 4 组功率器件,功率器件的大小视整机输出功率的大小而定,输出功率较小时可采用 MOSFET 管,较大时应采用 IGBT 管。

1.正弦波和三角波的组合

在全桥式功放电路中,所需的 4 路不同相位和极性的驱动信号,是通过正弦波信号和正、反三

角波的不同组合来得到，已如前文所述。

在图 21 中，正弦波和三角波是这样组合的：SPWM 调制由 U25C、U25A、U25B、U25D 完成。U25C 的同相输入端加入的是差值正弦信号，反相输入端加入的是反相三角波信号；U25A 的反相输入端加入的是差值正弦信号，同相输入端加入的是三角波信号；U25B 的同相输入端加入的是差值正弦信号，反相输入端加入的是三角波信号；U25D 的反相输入端加入的是差值正弦信号，同相输入端加入的是反相三角波信号。这样，从 U25C④脚、U25A②脚、U25B①脚和 U25D③脚就可以输出调制好了的 SPWM 方波信号了。

图 21 中 R160、R188、R161、R187 为 LM339 的上拉电阻。

2. 死区电压

和高频机一样，工频机中也要设置死区电压。图 21 中 C96、C100、C97、C109 死区电压形成电容。其作用是将功率管驱动脉冲的上升沿向后延迟，使得同一侧上、下两臂功率管中一臂功率管截止时另一臂功率管并不马上导通，而是延迟一段时间再导通，如图 22 所示。这样就可以避免同一侧上、下两臂功率管同时导通的可能性。死区时间视功率管的结构、大小和功率电路的不同而不同，一般为数 μs 。

3. 输出阀门

当电路出现故障时，需要关闭正弦波 SPWM 驱动信号，因此在 SPWM 调制电路与隔离驱动电路之间设有输出阀门，以便在需要时关闭或者打开阀门。

输出阀门由与非门 U30A、U30B、U26A、U26B 构成，参见图 21。这 4 个与非门各有一端连在一起，接至输出阀门控制端，一旦输出阀门端为低电平，4 个与非门立即关闭，切断了正弦波驱动信号的通路。当输出阀门端为高电平时，4 个法门均开通，恢复正弦波驱动信号的通路。

C137 为旁路电容，可将输出阀门端的干扰滤除。

4. 隔离驱动电路

4 组正弦波驱动信号是共地信号，而 4 组功率管却有 3 个参考端，因此正弦波驱动信号与功率管之间必须采用隔离驱动电路。

隔离驱动电路由光耦 U31、U32、U33、U34（均为 TLP250）和驱动三极管 Q19-Q26 及周边元件组成，参见图 21。

TLP250 的①、④脚为空脚。②脚为内部发光二极管的正极，③脚为发光二极管的负极。⑤脚为驱动电源负极，⑥脚为驱动电源正极。⑥、⑦脚为光耦输出端。

以最上面一路隔离驱动电路为例。当 U34（TLP250）③脚为低电平时，内部发光二极管导通，光耦输出端⑥、⑦脚为高电平，此时 Q22 导通而 Q26 截止，驱动信号从 Q22 和 Q26 的发射极连接点输出，驱动输出为高点平。当 U34③脚为高电平时，内部发光二极管截止，光耦输出端⑥、⑦脚为低电平，此时 Q22 截止而 Q26 导通，驱动信号从 Q22 和 Q26 的发射极连接点输出，驱动输出为低电平。

图中 R245 为消振电阻，防止电路中可能出现的振荡因素而损坏驱动管。R246 为 Q26 基极的偏置电阻，用以确定 Q26 的工作点。R273 为自给负偏压电阻。当上驱动管饱和、下驱动管截止时，R273 可压低下驱动管发射极电位，使基极电位高于发射极电位，因而使下驱动管可靠截止。同样道理，当上驱动管截止、下驱动管饱和时，R273 可抬高上驱动管发射极电位，使基极电位低于发射极电位，因而使上驱动管可靠截止。R275 为驱动输出的负载电阻，ZD13、ZD14 为驱动信号的稳压二极管。R275 上的电压经 ZD13、ZD14 后稳定在 $\pm 18\text{V}$ 之间，R274 为限流电阻，用以限制流过 ZD13、ZD14 的电流。

其它 3 组驱动电路的元件作用和工作过程与此相似。

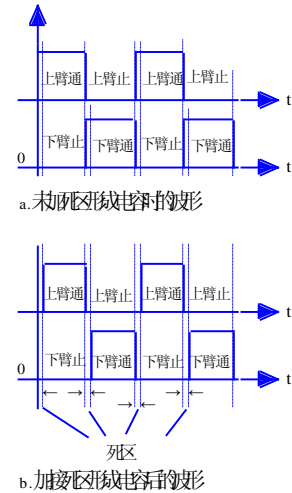


图22 KSTAR-GP802死区电压的形成

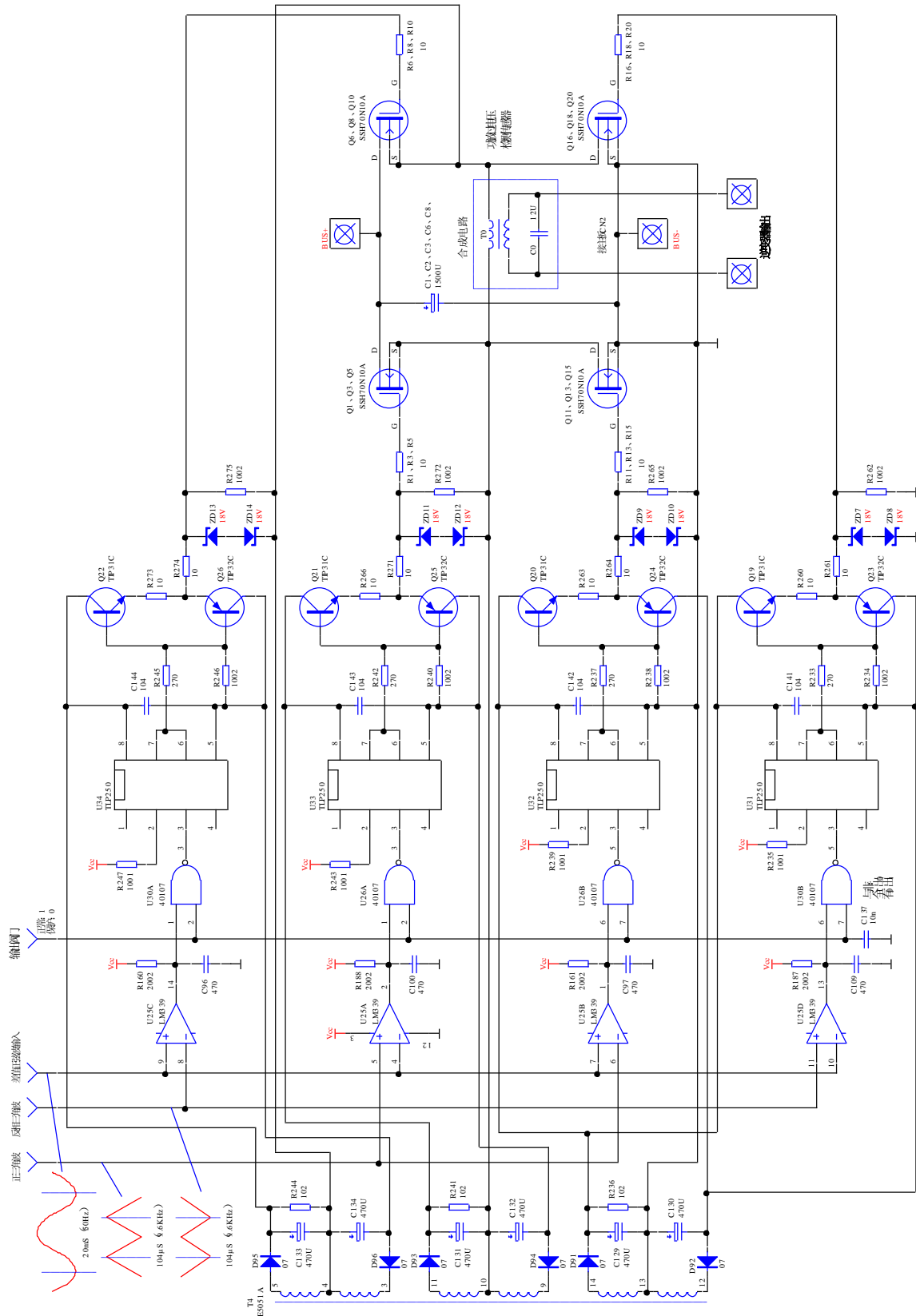


图20 KSTAR-GP802全桥驱动及功放电路

5.功率管电路

GP802 机的功率管电路采用了 H 型全桥功放电路。电路用了 4 组 MOSFET 功率管组成桥式结构的 4 个臂，每臂功率管的数量视输出功率而定，参见图 21。GP-802 机输出为 2KVA，每一臂使用了 3 只功率管，4 臂共用了 12 只功率管（功放电路板上 24 只功率管的位置，GP-802 机中只间隔安装了

12 只功率管)。工作时以对角线上的功率管为单位动作，当一组对角线上的功率管导通时，另一组对角线上的功率管则截止，并互相交替。由于在驱动信号中设有死区时间，所以不会发生同一侧功率管同时导通的可能。

图中 T0 为合成变压器，或称输出变压器。当左上方功率管 Q1、Q3、Q5 和右下方功率管 Q16、Q18、Q20 导通时，左下方的功率管 Q11、Q13、Q15 和右上方的功率管 Q6、Q8、Q10 截止。此时功放电流自左向右流过合成变压器初级线圈，形成输出电压的半个波形。而当左上方功率管 Q1、Q3、Q5 和右下方功率管 Q16、Q18、Q20 截止时，左下方的功率管 Q11、Q13、Q15 和右上方的功率管 Q6、Q8、Q10 导通。此时功放电流自右向左流过合成变压器初级线圈，形成输出电压的另一半波形。结果在合成变压器初级线圈上就可以形成完整的输出电压波形。但此时输出电压还不是正弦波，在合成变压器的次级接有合成电容 C0，C0 与 T0 形成了滤波电路，将输出电压中的高频成分滤除，在输出端就得到了纯净的正弦电压。

图中 C1、C2、C3、C6、C8 为功率电压（BUS 电压）的滤波电容，因为功放电路的电流较大，所以滤波电容的容量也较大，一般用若干只大容量的电容并联使用。

6. 全桥功放电路的导通过程

KSTAR-GP802 型机全桥功放电路的导通过程参见图 23。

(1) 全桥功放电路的导通规律

在 H 型全桥功放电路中，功放管是按对角线的形式导通和截止的，也就是当 Q1、Q3、Q5（简称为 QA）和 Q16、Q18、Q20（简称为 QB）导通时，Q6、Q8、Q10（简称为 QC）和 Q11、Q13、Q15（简称为 QD）必定截止，此时功放电流从左至右流过合成电感（输出变压器）初级线圈 T0-1。而 QC 和 QD 导通时，QA 和 QB 必定截止，此时功放电流从右至左流过合成电感（输出变压器）初级线圈 T0-1。于是在合成电感的输出绕组中就可以得到正负变化的交流电压。

(2) 输入正弦波信号正半周时

由图 23 可见，在正弦波的正半周，QC 基极的驱动信号有可能使其导通，其规律为：凡是在 U25C④脚的三角波低于⑤脚的正弦波的区间，U25C④脚输出为高电平，经与非门和同相隔离驱动电路后使 QC 饱和导通。而在⑤脚三角波高于⑤脚正弦波的区间，U25C④脚输出为低电平，经与非门和同相隔离驱动电路后使 QC 截止。与此同时，由于 U25B 同相输入端⑦脚的正弦波电压始终高于反相输入端⑥脚的三角波电压，其输出端⑧脚始终为高电平，经与非门和同相隔离驱动电路后使 QD 始终饱和导通。

在正弦波正半周时，U25A 反相输入端④脚的正弦波电压始终高于同相输入端⑤脚的三角波电压，其输出端②脚始终为低电平，经与非门和同相隔离驱动电路后使 QA 始终截止。而 QB 基极的驱动信号有可能使 QB 导通，其规律是：凡是在 U25D①脚的三角波高于①脚的正弦波电压的区间，U25D③脚就为高电平，经与非门和同相隔离驱动电路后使 QB 导通。但是，由于 QA 始终截止，所以左上-右下对角线即 QA、QB 不能导通。

这样一来，右上-左下对角线即 QC、QD 就处于开通状态，产生的功放电流的方向是自右向左流过合成电感的初级绕组 T0-1，其大小按照 SPWM 脉冲电压的宽度变化规律。而此时 QA、QB 则处于截止状态。

从两侧功放管来看，由于 QA 始终截止，所以左侧上下两功放管不会同时导通。而虽然 QC、QB 均有可能导通，但将它们的驱动波形对照后可发现刚好相反，一个导通时另一个必然截止，所以右侧上下两功放管也不会同时导通。

(3) 输入正弦波信号负半周时

在正弦波的负半周，由于 U25D 反相输入端①脚的正弦波电压始终低于同相输入端①脚的三角波电压，所以无论三角波幅度如何，U25D③脚均输出高电平，经与非门和隔离驱动电路后使 QB 始终饱和导通，而在 U25A 中，凡是三角波电压高于正弦波电压的区间，U25A②脚就输出高电平，经与非门和隔离驱动电路后使 QA 饱和导通。与此同时，由于 U25C 同相输入端⑦脚的正弦波电压始终低于反

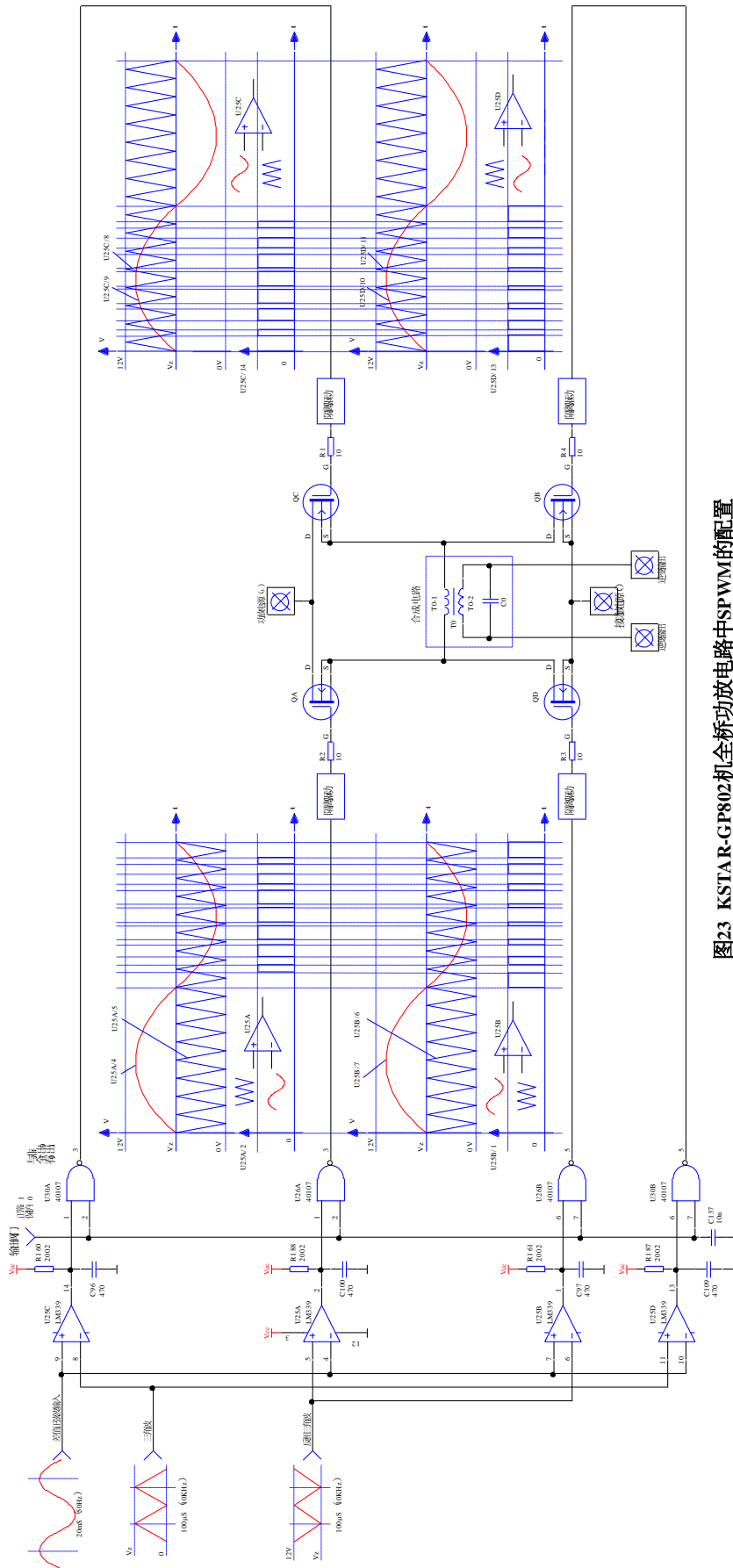


图23 KSTAR-GP802机全桥功放电路中SPWM的配置

相输入端的三角波电压，其输出端始终输出低电平，经与非门和隔离驱动电路后使 QC 始终截止。

在正弦波的负半周，QD 基极的驱动信号有可能使其导通，其规律为：凡是在 U25B 反相输入端⑥脚的三角波低于①脚的正弦电压区间，U25B①脚就输出高电平，经与非门和隔离驱动电路后使 QD 饱和导通。与此同时，U25C 同相输入端⑨脚的正弦波电压始终低于反相输入端⑧脚的三角波电压，其输出端⑭脚始终为低电平，经与非门和同相隔离驱动电路后使 QB 始终截止。

这样一来，左上-右下对角线即 QA、QB 就处于开通状态，产生的功放电流的方向是自左向右流过合成电感的初级绕组 T0-1，其大小按照 SPWM 脉冲电压的宽度变化规律。而此时 QC、QD 则处于截止状态。

从两侧功放管来看，由于 QC 始终截止，所以右侧上下两功放管不会同时导通。而虽然 QA、QD 均有有可能导通，但将它们的驱动波形对照后可发现刚好相反，一个导通时另一个必然截止，所以左侧上下两功放管也不会同时导通。

(4) 逆变电压的输出

功放管电流的大小和方向按照 SPWM 脉冲信号的规律不断变化，流过合成电感（输出变压器）

T0 的初级绕组 T0-1 后, 在次级绕组 T0-2 中产生感生电压。合成电感 T0 是具有漏感的变压器, 与合成电容 C0 组成谐振电路, 经合成电路后即可输出纯净的正弦波功率电压。也可以理解为用电容 C0 将输出电压中的高频谐波成分滤除后, 得到了纯净的正弦波功率电压。如前所述, 由于 SPWM 信号中只含有调制信号 (即 50Hz 基波) 的 17、19 次高次谐波, 所以合成电感和合成电容的数值都较小, 和普通功放电路相比, 不但效率高, 而且谐振滤波电路的体积小, 重量轻, 成本低, 性能好

7. 驱动电源电路

图 21 中上面两组功率管 QA、QC 的驱动信号以各自功率管的“S”极为参考点, 所以两组驱动信号不能共地, 因而就需要用两组驱动电源。下面两组功率管 QD、QB 的驱动信号也以各自功率管的“S”极为参考点, 但这两组功率管的“S”极是连接在一起的, 所以这两组驱动信号是共地的。但是下面两组驱动信号与上面两组驱动信号中的任一组都不共地, 它们的参考点各自独立, 所以一共需要 3 组驱动电源。

3 组驱动电源的结构简单而相似, 此处不再介绍。

6.3 半桥功放电路

图 24 为 SANTAK-1K3N 型高频机中的半桥驱动及功放电路。

1K3N 机的功放电路采用了半桥结构, 这种电路采用的是双极性调制方式, 相应的需要 2 组隔离驱动信号、2 组驱动电源和 2 组功率器件, 功率器件的大小视整机输出功率的大小而定, 输出功率较小时可采用 MOSFET 管, 较大时应采用 IGBT 管。

1. 驱动小板电路

在 SANTAK-1K3N 机中, 将部分功能电路制作在小电路板上, 再垂直插焊在主电路板上, 这样的小电路板一共有 7 块。功放电路中的驱动电路就制作在两块小电路板上, 称为驱动小板, 标号为 DUR/MODULE。两块驱动小板的结构完全一样, 功放电路的上下臂各用一块。

驱动小板的原理图参见图 24 中虚线框内电路。

(1) 驱动电源电路

逆变驱动电源电路的作用是向逆变驱动电路提供 +18V、-12V 的工作电压。

在驱动小板中, 开关电源脉冲经接插件 CN11/1、CN700/1, CN11/2、CN700/2、D700 送入驱动小板内的开关变压器 TX700 的初级两端, D700 的作用是隔离掉负方向的脉冲。TX700 次级感生出的脉冲电压, 经 D701 整流, C703、C704 滤波, 得到直流电压, 再经 ZD702、ZD703 稳压后, 形成驱动三极管所需的 +18V、-12V 驱动电源电压。正驱动电压加至上驱动管 Q702 的集电极, 负驱动电压加至下驱动管 Q703 的集电极, 正负驱动电压的公共点, 即 ZD702、ZD703 的连接点为驱动输出的 0 点, 经接插件 CN700/9、CN11/9 输出作为输入信号的参考点。

R705 是 ZD702 的限流电阻, 它的作用如下: +18V 电压提供了驱动电压的动态范围, -12V 则用来保证驱动管和功率管的可靠截止。ZD702、ZD703 串联后的稳压值之和为 30V, 若整流滤波后的电压低于 30V, 则 ZD702、ZD703 均不能击穿, +18V 和 -12V 均不能稳定。有了 R705 以后, 它可以保证 ZD702 开机后很快便能导通, 产生稳定的 +18V 电压。

(2) 驱动小板的隔离电路

图中 U701 (TLP250) 是一种可直接驱动小功率 MOSFET 和 IGBT 的功率型光耦, 由日本东芝公司生产, 其最大驱动电流达 1.5A。选用 TLP250 光耦既保证了功率驱动电路与 PWM 脉宽调制电路的可靠隔离, 又具备了驱动 MOSFET 的能力, 使驱动电路简化。

TLP250 为双列直插 8 脚封装。图中 TLP250 的①、④脚为空脚。②脚为内部发光二极管正极, ③脚为内部发光二极管负极。⑤脚为内部上驱动管集电极, ⑥脚为内部下驱动管的集电极, ⑥、⑦脚在内部连接在一起, 为输出端。

图 24 中 U701 ②脚经接插件 CN700/3、CN11/3、R115、接插件 CN3/9 接至 +5V, 这样, 当 U701 ③脚为高电平时内部发光二极管截止, U701 ⑥、⑦脚输出为高电平, 上驱动管饱和, 下驱动管截止, 驱动小板输出端经接插件 CN700/9、CN11/9 输出高电平。而当 U701 ③脚为低电平时内部发光二极

管导通，U701⑥、⑦脚输出为低电平，上驱动管截止，下驱动管饱和，驱动小板输出端经接插件 CN700/9、CN11/9 输出低电平。

(3)驱动小板的驱动电路

驱动电路分为上下两臂，两臂电路完全相同。现以上臂为例加以说明，参见图 23。

上臂逆变隔离驱动电路由光偶 U701 (TLP250)，驱动管 Q702、Q703 及周边元件组成。当 TLP250③脚为高时，TLP250 内部二极管截止，光偶⑥、⑦脚输出为低，逆变驱动管 Q702 截止，Q703 导通，由接插件 CN11/9 输出-12V 电压，与其相连的逆变功率管截止。当 TLP250③脚为低时，TLP250 内部二极管导通，光偶⑥、⑦脚输出为高，逆变驱动管 Q702 导通，Q703 截止，由接插件 CN13/9 输出+18V 电压，与其相连的逆变功率管饱和导通。

图中 R707 为消振阻尼电阻，消除电路中的自激振荡因素。R708、R709 为自给负偏压电阻。当上驱动管饱和、下驱动管截止时，R708、R709 可压低下驱动管发射极电位，使基极电位高于发射极电位，因而使下驱动管可靠截止。同样道理，当上驱动管截止、下驱动管饱和时，R708、R709 可抬高上驱动管发射极电位，使基极电位低于发射极电位，因而使上驱动管可靠截止。

2.功率管及周边电路

SANTAK-1K3N 机的半桥功放电路由逆变功率管及周边元件组成。

(1)逆变功率管

本机逆变功率电路采用半桥结构，因此逆变驱动电路分为上臂电路和下臂电路，每臂使用了一只 IGBT 功率管，分别为 Q13 和 Q12。它们轮流导通，分别产生正负半周 PWM 波形，经合成电路后形成完整的正弦波电压输出。

(2)加速二极管

由于逆变电路工作于 20KHz 左右的方波环境中，因此对驱动电路的速度有较高的要求，为此在逆边管的驱动电路中设置了加速二极管。

上下臂的加速二极管分别为 D22 和 D21，参见图 24。其作用是：当驱动信号为负时，功率管截止，此时加速二极管导通，为反向基极电流提供一个低阻抗的通路，使基极电流能更快的泄放掉，以利于下一周期的导通。加速二极管应采用快速开关管，通常使用 1N4148 即可。电路中加速二极管还串有一只电阻 R55 和 R38，用以限制泄放电流的大小。

(3)阻尼电阻

上下臂的阻尼二极管分别为 R54 和 R40 参见图 24。设置阻尼电阻的原因如下：

由于功率管的栅极与驱动电路间的连线不可避免的存在着分布电感和分布电容，在驱动电压的激励下很容易引起自激振荡，使功率管无法正常工作甚至损坏。为消除这一危险，通常在功率管的栅极串接一个小阻值的电阻，对振荡进行阻尼。阻尼电阻的取值很重要，若阻值过大，将限制驱动电流，降低前后沿陡度，加大导通损耗。因此，栅极电阻不能太大，只要抑制振荡就行，通常在数十 Ω 以下，功率越大阻值应越小。同时，在布线时应当尽量缩短栅极与驱动电路之间的距离。

(4)栅负压电阻

栅负压电阻分别为 R53 和 R37，参见图 24。设置栅负压电阻的原因如下：

在部分电路中，使功率管截止的驱动电压为 0V，而功率管栅极只要有 0.2V-0.7V 即可导通，截止管很容易受到干扰而误导通。在上下臂结构的电路中，这会引起上下管同时导通而造成损坏。以功率管 Q13 为例，Q13 的栅极 G 通过栅负压电阻接至源极 S。当 Q13 截止时，U10⑥、⑦脚为负电压，电流由 S 极→R53→R54→Q703E→极，在 R53 上产生左负右正的电压，将 Q13G 极拉负，使 Q13 深度截止，消除了误导通的可能性。R53 的工作过程与 R53 一样。

(5)吸收电路

吸收电路分别由 R4、C11 和 R1、C3 组成，参见图 24。其作用是：

如前所述，在死区期间，由于导通管突然截止，将在分布电感、分布电容中将感应出数倍于 BUS 电压的感生电压，使功率管击穿损坏。这种感生电压的特点是幅度高、宽度窄，常称为尖峰脉冲。

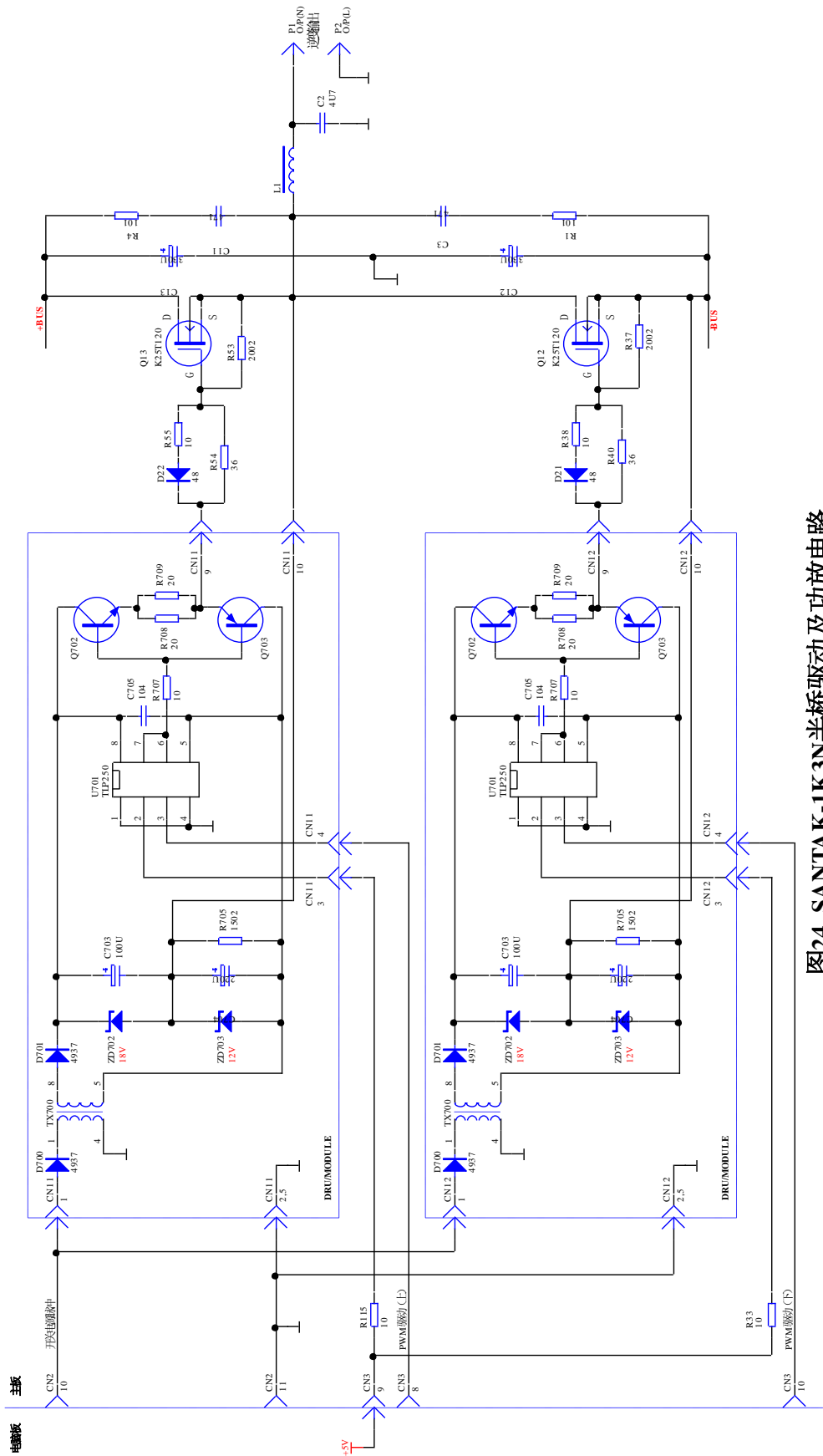


图24 SANTAK-1K3N半桥驱动及功放电路

尖峰脉冲的幅度、宽度随电路的形式和功率的不同而不同，因此吸收电路的结构是多种多样的。

在本电路中，当截止管两端出现尖峰脉冲时，可通过 R4、C11 和 R1、C3 吸收电路消耗掉，从而保护了功率管。

3. 正弦波合成电路

逆变功率电路输出的是连续的、宽度不同的方波，必须还原成正弦波，这一任务由正弦波合成电路来完成。

正弦波合成电路由合成电感 L1，合成电容 C2 组成，它们构成了 LC 滤波器。通过 LC 正弦波合成电路以后，UPS 便可向外输出正弦波电压了。电路中合成电感 L1 的电感量和合成电容 C2 的电容量必须与输出功率相配合，其中 C2 应选用无极性电容。

6.4 功放电路介绍

1. 采用 IGBT 管的全桥功放电路

图 25 所示为 KSTAR-GP806 型工频机中的全桥功放电路，由于该机输出功率为 6KVA，所以采用了两只 IGBT 模块作为功率器件。每一只模块内含有两只性能相同的 IGBT 管，共用了 4 只 IGBT 管，组成全桥功放电路。

在实际电路中，4 只 IGBT 管附有较为复杂吸收保护电路，为了便于说明问题，作者将其省略。这样，从电路结构来看，这种功放电路与前述采用 MOSFET 管的全桥功放电路是相同的。

图 25 所示的功放电路，其驱动电路与前述 GP802 机的一样，制作在主板上，经接插件 CN14 与功放板相连接。

实际上，在科仕达（KSTAR）公司生产的 GP800 系列 UPS 和易斯特（EAST）公司生产的 EA800 系列 UPS 中，输出功率从 1KVA 到 20KVA，不论功率管采用 MOSFET 管还是 IGBT 管，都采用同样的通用型主板，对于不同输出功率的机型，只需更改少量元器件的参数即可使用，给生产和维护带来了很大的方便。

2. 采用 IGBT 管的半桥功放电路

图 26 所示为 SANTAK-C15KS 机中的半桥功放电路。由于该机输出功率为 15KVA，所以采用了 1 只 IGBT 模块作为功率器件。每一只模块内含有两只性能相同的 IGBT 管，组成半桥功放电路。

同样为便于说明问题，作者将 IGBT 模块的吸收电路省略。这样，就很容易看出图 25 的结构与图 24 是相似的。

从图 21 与图 25、图 24 与图 26 的对比可见，采用 MOSFET 管的功放电路与采用 IGBT 模块的功放电路的结构是相同的。

最后要说明的是，为了叙述方便，本文中的电路或多或少的做了简化，如欲引用文中的电路搭接实际电路，请与原机原电路核对。

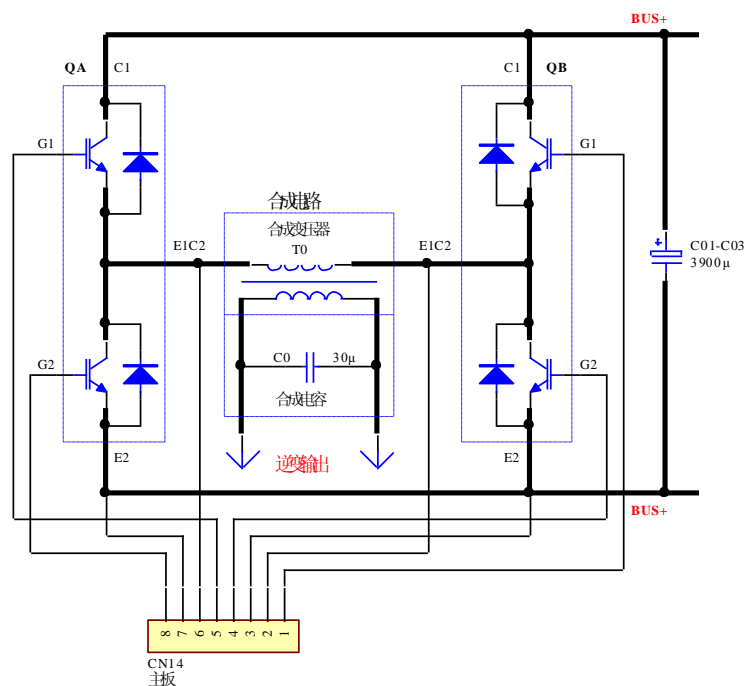


图25 EAST-EA806功放电路

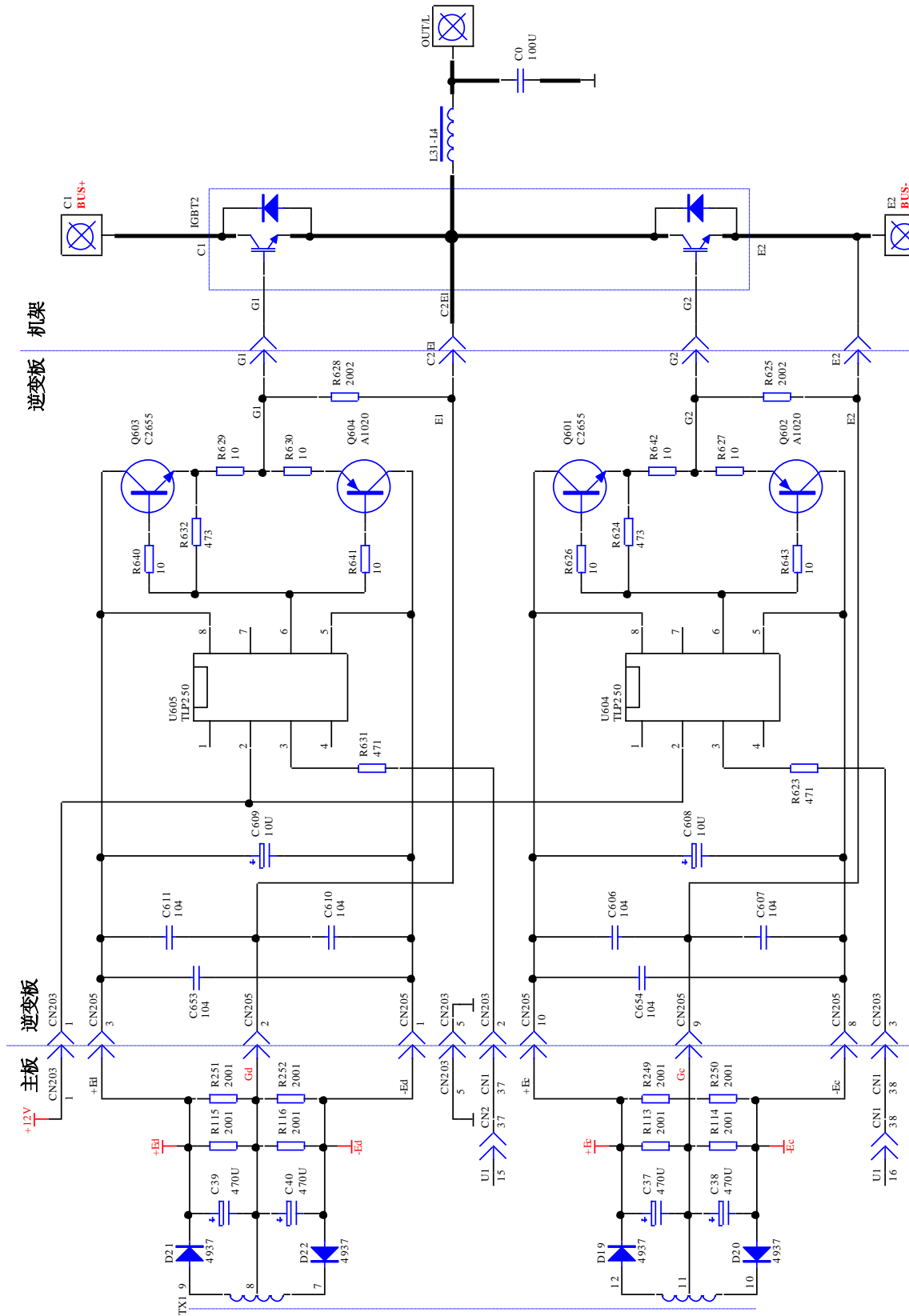


图26 SANTAK-3C15KS半桥驱动及功放电路