

# 安川(Yaskawa)驱动板电电源探述

张中华

(宁波北仑国际集装箱码头有限公司)

## 摘 要

日本安川系列驱动器，以其稳定性、可靠性而著称，在驱动器的技术领域上可称一枝独秀。在世界各港口中，桥吊、龙门吊等大型港机设备所使用的电控系统中，安川PLC和安川驱动器占了主导地位。

安川系列驱动器，在宁波港各码头，桥吊、龙门吊等大型港机设备，在经过五、六年使用后，其触发驱动电子板出现较多的故障点，技术上日本安川公司做了严格保密。出现故障后，以往都是寄往日本安川公司检测维修，这样费用较高，周期又长。为打破这一瓶颈，通过探索研究，将逐一揭开这垄断技术之迷。

本文以港口大型设备桥吊中，大量使用于起升的安川 VS-656DC5 驱动器（功率为200KW/460V×4组=800KW）为例，对其驱动板电源部分进行探述，对照实板，花大量时间，最终用Protel99SE画出并整理出原理图，并对其原理图进行分析和归纳，在技术上去突破攻关，通过对该驱动器的探述、研究和攻关。

**关键词：**港口；探述；维修；攻关

# 1 引言

现行世界港口运输行业码头上的集装箱桥吊、龙门吊设备的电控系统，从性能可靠性和稳定性上考虑，都首选日本的安川驱动器，早几年安川推出的大多是 VS-686CR5、VS-676H5、VS-656DC5 等型号系列的港口专用驱动器，近 2 年安川推出的是 G7 系列的港口专用驱动器。

安川驱动器是弱电和强电的有机结合，是软件和硬件的有机结合。它强大的功能、各种完善的检测和保护电路、控制上的智能化和灵活多变、微电子技术和电力半导体器件的结合应用、电路元器件的非通用性和特殊要求，说明了这类机器的智能化电气设备的特点。在港口的港机设备上，通常都是属于安川在港口专用的驱动器，虽然安川驱动器在稳定性、可靠性上等有较好的口碑，但是这些驱动器随着使用时间的增长，再好的产品也会损坏，安川产品也不例外。正因为是在质量上有较好的口碑，不易出现故障，反而导致对其产品内部的电控系统感到非常神秘，一旦出现故障只能有求于安川，所以在技术上一直被安川垄断。就宁波港而言安川驱动器也有约十年甚至更久，近几年来，故障趋向高峰状态。

随着电子技术的迅猛发展，安川驱动器更新换代也较快，厂方自然会逐步淘汰或停止生产早期型号规格的产品，作为配套的触发驱动电子板也不例外。有的已停产，有的虽然还可以买到库存货，但价格昂贵，仅 VS-656DC5 驱动器的触发驱动电子板，每块市场价就约 13500 元。这必然给宁波港及其它港口在设备维修和备件采购上增加了不少的成本和麻烦。一旦设备发生故障，用户只能靠升级换代来解决。

就宁波港而言，G7 系列驱动器的出现是安川为港口升级换代做好了准备，但升级需要更换整组驱动器和停机时间，成本昂贵，且影响国际货轮正常的航班，负面的影响较大也不利于增收节支，同时为打破安川在技术上的垄断，所以有必要把安川驱动器驱动板电源电子电路，进行探述、分析、研究和攻关。

## 2 安川 VS-656DC5 驱动板电子板

因日本安川公司对电子板的技术资料严格保密，随机资料中无相关电子电路图，要攻关、要参考资料，只能靠自己摸索钻研，积累经验。桥吊上在大量使用着安川 VS-656DC5 驱动器 ETC615230 驱动电子板，而其电源部分在驱动板中起着承前启后的作用，作为触发放大信号的供电电源，配合来自主板的控制信号对 IGBT 模块发出准确的开关脉冲，确保 IGBT 模块按次序开关，提供变频电力与马达。现以此板电源部分为例，进行技术研究、分析、探述。

日本安川公司并没有提供驱动器的维修资料，在缺乏资料与电路图的情况下，只有对电源部分进行线路描绘，从原理入手，对照实物、全面的分析、测试，最终把驱动板的电源部份原理图整理出来，再用 Protel99SE 画图软件整理而成。

## 3 电源电路工作原理探述

根据电路图，安川触发驱动电路板上的供电电源实际就是一个开关电源，它工作在开关状态，换句话说就是大功率三极管工作在开与关（导通与截止）状态。其工作原理控制方式：在初级部分，直流母线侧 650 伏的直流电压加到板子 30CN 进线侧的二端，这一电压从开关变压器初级的 5 脚输入，从 1 脚输出加到开关管 Q1 的集电极，同时这一电压分别经启动电阻 R1、R2、R3 加到开关管 Q1 的基极，负责给基极提供电流，使 Q1 因正向偏置开始导通，同时开关变压器的 8、9 脚绕组，也有感应电流流过，并有一个上正下负的感应电动势产生，这一感应电动势经 R26、D11 加到 Q1 的基极，使 Q1 基极电流增加，集电极电流随之升高，Q1 进一步导通，这是一个正反馈过程，反馈的结果使 Q1 迅速由放大区进入饱和导通状态，正反馈电压绕组的感应电压由此降低，Q1 由饱和区退出进入放大区，Q1 集电极电流减小；正反馈电压绕组感应电压反向，由于强烈的正反馈作用，Q1 又由放大状态进入截止区。以上电路为振荡电路。在 Q1 截止期间正反馈电压绕组产生的负压，送入 Q3 基极。迫使 Q3 截止，停止对 Q1 基极分流。然后再次进入下一个振荡循环。在 Q1 从导通到饱和导通时间内绕组 5 与 1 从电源处不断吸取能量，以磁能形式储存。在二次绕

组上产生交变的感应电压经过正向整流输出 5V、12V、28V 等较低电压供变频器的控制板，驱动电路，检测电路等做电源使用（见图 3-1）。

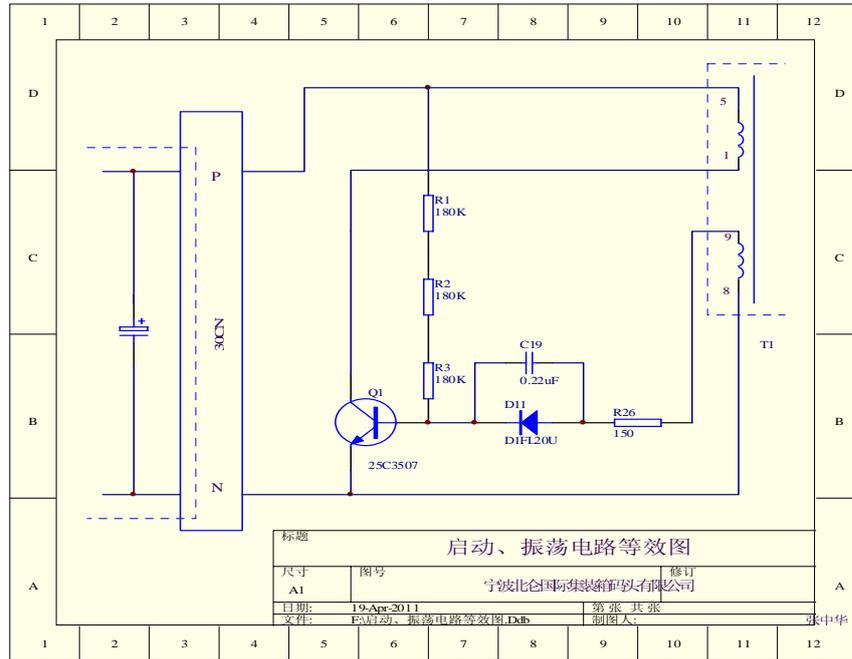


图 3-1 启动、振荡电路等效图

在次级部分的设计上安川变频器使用了 V1(TL431)，它具有良好的热稳定性能的三端可调分流基准源，输出电压范围 2.5-3.6V。在电路中与光耦配合构成隔离式电压反馈（误差电压放大器）电路。其主要特点，是动态阻抗低，典型值为 0.2Ω，构成稳压电路，能显著提高稳压精度。工作电流为 1-10mA，范围较宽。器件一般为 3 引脚和 8 引脚的封装，为三端控制器件。内部基准电压为 2.5V，接入电路达到稳态输出后，外部基准端子电压也为 2.5V，因而此端子也称为外部基准参考端子。TL431 元件符号及内部原理图（见图 3-2）

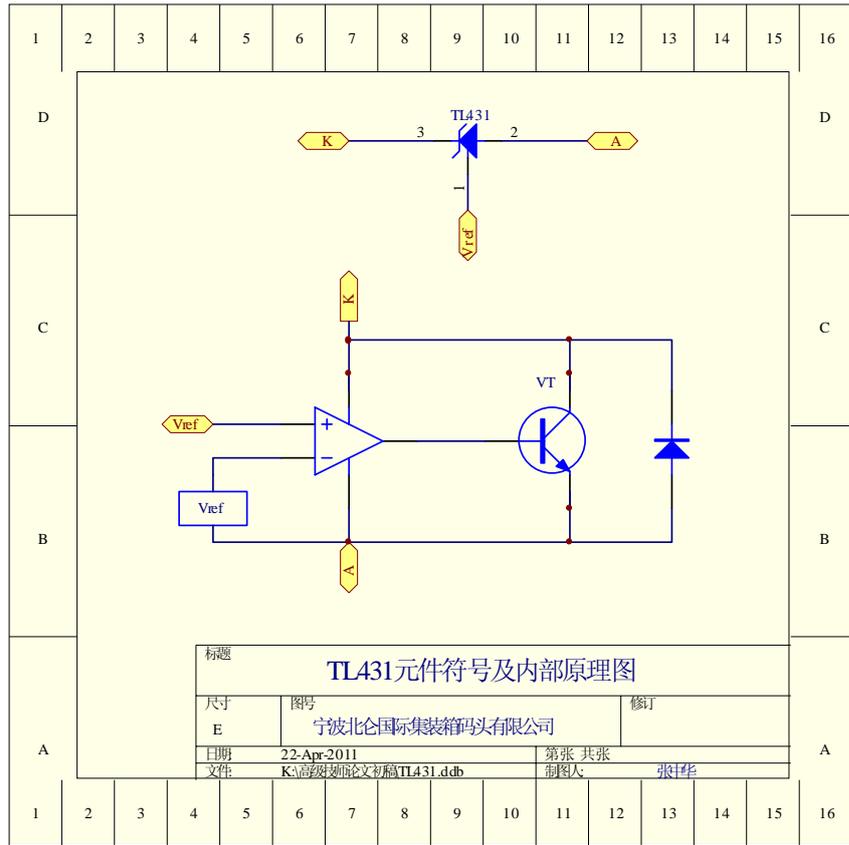


图 3-2 TL431 元件符号及内部原理图

在电路中当 P6 端的电压上升或下降时，R121、R122、R126 分压点电压也同时上升或下降，在 V1(TL431)的参考端引入 P6 端反馈电压时，根据次级绕组 P6 输出电压的高低，流过 V1(TL431)的电流也发生变化。

当 P6 端的电压上升时，通过 V1(TL431)使光耦合器 PS13(PC816)输入侧二极管发光强度随之上升，PS13(PC816)的输出侧光敏晶体管因受光面的光通量上升，其导通等效内阻减小，此时从 D24 整流来的电压通过输出侧光敏晶体管去控制 Q3(2SC3736)三极管的导通，进一步来调整开关管 Q1(2SC3507)的占空比，使开关管 Q1 的截止时间变长，输出电压回落，从而达到稳定输出电压与保护的目。在这里 R121、R122、R126 组成了输出电压经分压后引入反馈回路（见图 3-3）。

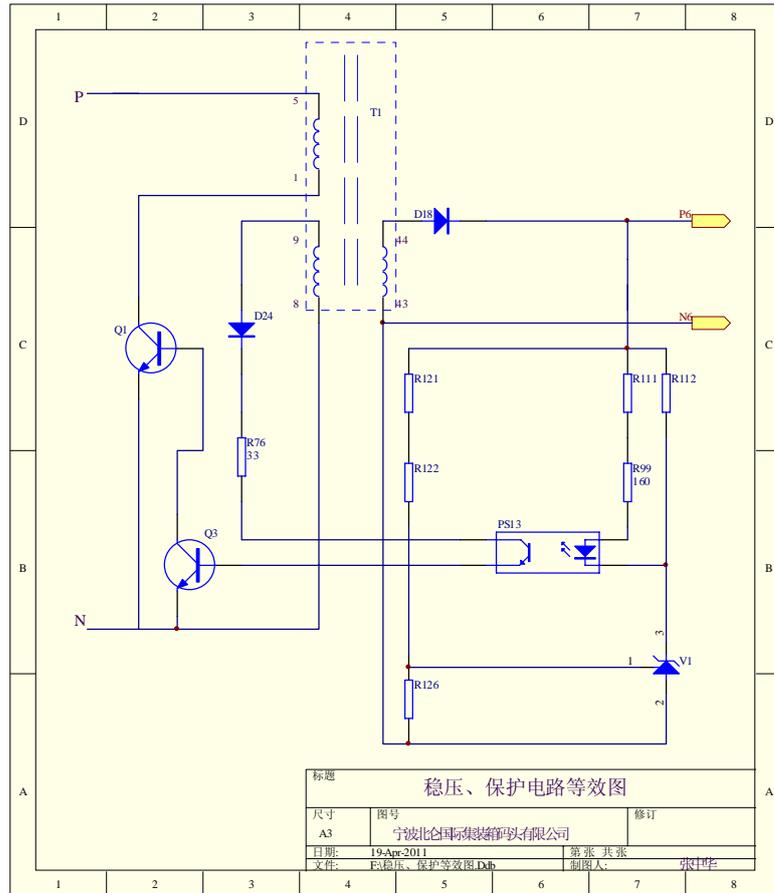


图 3-3 稳压、保护电路等效图

在此开关电源电路上的重要元器件，主要有 Q1、Q3、V1、PS13，它们是组成电路的整个核心元件。

可以看到，开关管 Q1、Q3、V1、PS13 构成了开关电源电路的主干和骨架。Q1、Q3、V1、PS13 是振荡、稳压采样和电压误差放大与保护的控制中心。PS13 光电耦合器跨接在一次和二次绕组之间，既将负载供电电压的采样信号传递给 Q3，进而令 Q1，根据采样信号不同而改变调整输出电压，又起到对输入、输出供电绝缘隔离的作用。PS13 可依输出侧、输入侧为界，将稳压电路分成两部分。V1 为电压基准源电路，PS13 的工作状态完全依赖于 V1 的工作状态。两者结合，承担着对输出电压的稳压控制。Q1 为开关管，电路的所有控制都落实到对 Q1 导通与截止时间的控制上。一次、二次电路的功率传递，是通过 Q1 进行的，其工作在高电压、大电流状态中。

## 4 电源部分故障现象及处理思路

任何电子板，如果电源部分有故障，则将都无法工作。

安川 VS-656DC5 中的电源驱动触发电子板也不例外。根据修理 50 多块板子的技术资料总结，电源电路故障率占 1/3。

综观电源电路，此电源通过次级 28V 电压取样，采用了 TL431 作为电源的精密基准稳压，这也说明对本触发电路电压的高要求。如果电源部份出现纹波将可能产生错误的触发信号，从而导致 IGBT 模块开关时序失误造成故障。

维修时还需要注意 300V 直流电压质量及次级的电压稳定，一旦电压出现异常，检查稳压电路及振荡电路。如果无输出电压则按一般的开关电源检修思路进行修理。触发板的电源维修重点必须确保低纹波含量，不能有其它干扰信号交连到触发电路上去。

### 4.1 开关电源故障现象

当驱动器无显示，控制端子无电压 DC 风扇不运转等现象时我们首先应该考虑是否开关电源损坏了，检修一般步骤如下：

1) 取板后，检查 PCB 板上有无明显的元件破裂，烧焦、糊味 或咨询是否人为原因引起的故障。

2) 加上 DC300V 维修电源前（维修电源可以自己动手设计，本人就用 220V 市电整流滤波后变成一个 DC300 伏左右直流电源，足够供维修检测使用）见图 4-1，用万用表测量开关管 C、E 二端或 30CN 进线侧二端的直流电阻，如正常无明显的短路情况存在，则可以通维修电源进一步维修检测。

3) 在 30CN 二端加入大约 300 伏左右的维修直流电压后观察电源是否有元件冒烟等现象若有要及时切断供电进行检修测量开关变压器次级线圈有无输出，开关管 B 极电压，其电压值体现开关电源是否振荡及振荡状态是否具备，B 极为负压是开关电源进入振荡状态的体现，如果 B 极电压为 0.6V 是具备振荡条件但没有进入振荡状态；进入振荡 B 极电压应为负压，开关电源输出电压有无、高低，是反映进入振荡状态与负载是否有短路的一种状态，输出端在开关电源通电时瞬间有电压，说

明开关电源首先进入振荡状态后因开关电源输出电压过高或输出端整流二极管、滤波电容、有击穿或过流，造成过压、过流保护。若无应重点查是否起振。

4) 接假负载进行电压稳定试验。用假负载是对电源检修较好的一种方法，可以确认电源带负载能力的效果，假负载可以用灯泡或其它电阻性、电感性负载试验。当不接负载时，用万用表测时电压正常，接上负载后电压下降或消失，则有可能是稳压电路出故障。

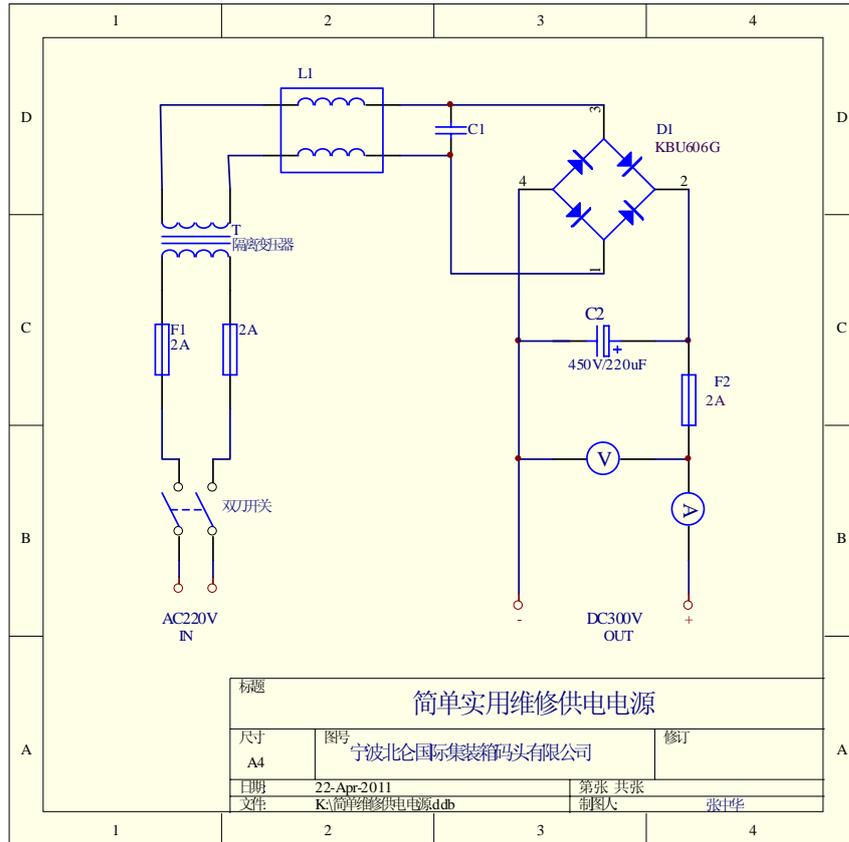


图 4-1 简单实用维修供电电源

## 4.2 开关电源的故障处理

一般情况下，保险丝熔断说明电源的内部线路一种短路问题存在。由于电源工作在高电压、大电流的状态下，电网电压的波动、浪涌都会引起电源内电流瞬间增大而使保险丝熔断。如高压滤波电容，功率开关管 Q1-2SC3507 损坏等。检查一下这些元器件有无击穿、损坏，大都是 Q1-2SC3507 击穿短路，而引起 Q1-2SC3507 击穿短路的原因有吸收电路、负载长时间的过流、散热不良或本身 2SC3507 有问题。

如果保险丝是完好的，在有负载情况下，各级直流电压无输出。这种情况主要是以下原因造成的：电源中出现开路、短路现象，比如启动电阻过压 R1、R2、R3、正反馈二极管 D11，C19、R26 短路或开路，使振荡电路没法工作。TL431、光耦 PC816 等损坏均会造成无直流电压输出。

整流滤波电路中整流二极管被击穿，滤波电容漏电等。在用万用表测量次级元件，排除了高频整流二极管击穿、驱动光耦 IC 短路的情况后，如果这时输出为零，则可以肯定是电源的控制电路出了故障。TL431 可控稳压器件及其组成的稳压电路，都是较容易损坏的器件，滤波电容漏电会造成输出电压不稳等故障。用万用表静态测量对应元件即可检查出其损坏的元件。

此外当我们在使用中如若听到刺耳的尖叫声，这是由脉冲变压器发出的，很有可能开关电源输出侧有短路现象。

#### 4.3 开关电源中重要元器件工作点电压

在判别排除故障中，往往需要检测各元件的关键工作点电压，所以对其电压值的大小去分析、推理、判别故障致观重要，然后可以迅速的区分电路的故障部位，缩小范围、进一步提高维修的速度，能使最短的时间内找出故障点。实测电压数据值（见表 4-1）

| 表 4-1 各关键元器件实测工作点的正常数据值：（胜利 VC9807A+表测量） |          |           |             |         |
|--|----------|-----------|-------------|---------|
| 元器件型号                                    | B        | C         | E           |         |
| Q1（2SC3507）                              | -0.23V   | 310V      | 0V          |         |
| Q3（2SC3736）                              | 0V       | -0.23V    | 0V          |         |
| V1（TL431）                                | 参考端(REF) | 阳极(ANODE) | 阴极(CATHODE) |         |
|  | 2.46V    | 0V        | 25.60V      |         |
| PS13（PC816）                              | 1脚（阳极）   | 2脚（阴极）    | 3脚（集电极）     | 4脚（发射极） |
|  | 26.70V   | 25.60V    | 0V          | 6.85V   |

## 9 结论

通过对安川 VS-656DC5 的驱动板电源部分的分析、研究,发现电源对驱动触发有着重要的作用,电源的不良直接导致 IGBT 的正常运行。

驱动供电电源电路是保障整台驱动器触发信号正常运行的关键,维修时一定要做到胆大心细,不能盲目的检修。虽在检修第一块驱动板电源部分时,花费了大量的时间和精力去探索分析电路的工作原理,但是从维修的基础上积累了第一手难得的资料,为往后维修同样的电子板或不同品牌的驱动板电源多了个参考依据,也给维修其它电子板开拓了一个检修思路和方向。

## 参考文献

- [1] 杨宜民. 新型驱动器及其应用 [M]. 机械工业出版社.
- [2] 王水平等. MOSFET/IGBT 驱动器集成电路应用集萃[M]. 中国电力出版社.
- [3] 蔡伟建. 电路原理 [M]. 浙江大学出版社.
- [4] 龚仲华. 变频器从原理到完全应用-三菱、安川 [M]. 人民邮电出版社 2009. 10. 第一版.