

## 40kHz 逆变器

### 工作方式:

逆变器是用于驱动和控制组合式 X 射线管组件的装置,它通过闭环回路的反馈信号控制高压回路和初级回路。高压回路的控制是依据取自 X 射线管组件的反馈信号,在 40kHz 的固定频率下调整脉宽实现的。

230Vac 交流电通过硅桥 RE1 整流。电容 C1、C2 起稳压作用。保险 F1 为逆变器提供过流保护。

场效应管 IGBT 受逆变器的逻辑控制(电路板 S18、S19),在 40kHz 的固定频率下工作。开始时,场效应管 Q1、Q4 闭合,高压变压器初级接通,次级将高压加载到 X 射线管两端。当场效应管 Q1、Q4 截止时,场效应管 Q2、Q3 工作。

与场效应管 IGBT 相连的滤波电路对 IGBT 形成过压保护。例如:场效应管 Q1 受电阻 R3 和电容 C3 的保护。

电感 L1 和电容 C7 的作用是使加载到高压回路的方波更类似于正弦波形。电容 C8 的作用是吸收连接电缆中的杂波。

### 控制电路:

逆变器的控制电路包括两块电路板: S18 和 S19。逆变器的全部控制信号都由它们产生。电路板 S18 产生场效应管 IGBT 的触发信号。

电路板 S18: (见图 000206)

电路板 S18 可分解为几个不同的部分。第一部分 (Figure 2) 包括变压器 T4、整流硅桥 Pd1 和稳压器 RG1,它们提供电路板所需电源。LED Ld1 显示电源状态是否良好。

第二部分 (Figure 3) 包括变压器 T1、T2、T3,它们提供产生场效应管 IGBT 触发信号的电源。这一部分电路还包括一个震荡器——LM7555,它产生一个 240kHz 频率的时钟信号。双 D 触发器 IC2 控制场效应管 TR1 和 TR2 以相反的相位工作。当场效应管 TR2 导通时,变压器 T1、T2、T3 的 4-9 脚接通电源。相反,当场效应管 TR1 导通时,变压器 T1、T2、T3 的 1-6 脚接通电源。

第三部分 (Figure 4) 显示的是 IGBTs 的控制部分。图中只给出了与 Q1 相关的控制部分,其它的 IGBT 的控制方式与之相同。

控制信号加载到 IGBT 的基极和发射极,它们由不同的变压器产生,因而相互独立: Q1 的控制信号由 T1 变压器产生, Q3 的控制信号由 T2 变压器产生, Q2 和 Q4 的控制信号由 T3 变压器产生,因为 Q2 和 Q4 有相同的发射极。(见 Figure 1)

驱动 IGBT 的逻辑信号 (Com1 和 Com2 信号) 由光耦 OC1、OC2、OC3 及 OC4 隔离,并且相互独立。

如果 Com2 控制信号为低电平,场效应管 TR4 保持关闭。TR5 导通,将 -15Vdc 加载到 Q1 的基极。这样 Q1 将保持关闭。

相反,如果 Com2 控制信号为高电平,场效应管 TR4 工作,将 +15V 高电平加载到 Q1 的基极。

电路板 S19/A: (见图 000428)

Figure 5 显示的是从 X 射线管组件读取 kV+ 和 kV- 反馈信号的电路部分。这两个信号经 IC2 求和后形成称做 “KVT” 的 kV 信号。

KVT 信号与予置的 Set kV 信号经 IC2 运算后,通过光耦 OC2 将 kV>85% 的输出信号送出。(Figure 6)

KVT 信号经 IC5 后送到逆变器的输出端形成输出信号 kVOUT (Figure 7)。

Set kV 信号与 KVT 信号的比较电路显示在图 Figure 8 中。当比较信号较大时，运算放大器 IC3 进行较大范围的比较。反之，由 IC4 进行精细调整。

只有当 COM-RX 命令经光耦送出后，这种比较才准许进行。而 STOP 信号在任何时间都可将 COM-RX 命令截止。

比较后产生 COMPWM 控制命令，用于对 IGBT 的控制(Com1 和 Com2 信号)。见图 Figure 10。

图 Figure 9 是透视和摄影的 mA 读取电路。管电流 mA 值经电阻 R65 转化成电压值，经后级运算放大器转换，其对应数值为摄影时 1V=10mA，透视时 1V=1mA。P3 电位器用于透视电路偏置调零。

**这步调整已在工厂进行，但是安装时仍需检查。**

图 Figure 10 是一个产生 40kHz 频率的锯齿波发生电路。这个锯齿波最小值为 4V，最大值为 10V，输入至 IC18 的 3 脚。在没有转换信号输入时，这个信号被 Set kV 与 KVT 比较信号(错误信号)嵌位。当比较后的错误信号低于 4V 时，在输出端（产生控制 IGBTs 命令端）输出一个高电平信号。COMPWM 信号保持高电平，保持时间依据错误信号的保持时间。

Com1 和 Com2 信号受 IC19 控制，相位相反，并且只有在同时接到 PRE-RX 和 COMPWM 命令后才产生。LED Ld8 代表 X 射线准备命令。

安全保护措施：

逆变器的安全保护措施是通过 Stop 信号中断 X 射线发射实现的。

初级电流保护：

图 Figure 11 显示的是高压初级的过流保护电路。如果从变压器 TA1 上测到的电流值高于预定值，电路送出 Stop 信号，同时 LED Ld5 亮。

最小 kV 保护：

图 Figure 11 同时显示了最小 kV 的保护电路。如果给出 X 射线命令 4ms 后没有接到 kV 反馈信号，逆变器将中止工作。

当 LED Ld4 亮起时表示保护措施生效。

KV 不平衡控制：

当代表 kV+和 kV-反馈信号不平衡值的 kV 信号高于预定值时，所有操作将被中止，同时 LED Ld2 亮。这部分电路在图 Figure 12 中。

次级过压（110%）保护：

图 Figure 12 同时显示了最大 kV 的保护电路。kV+和 kV-信号将与一个预定电压值进行比较，跳键 J2A 和 J2B 用于区分 110kV 和 120kV X 射线管组件。

当 LED Ld3 亮起时表示过压保护措施生效。

### **S15 电路板——灯丝电源板：**

S15 电路板（见图 DRAW 000201）用于给 X 射线管灯丝提供电源。

图 Figure 1 显示了全部电路图。它可分为四部分，如下所示：

1. PWM 在高频状态下对电源电压进行调整。
2. OC1、OC2 供电电源。
3. 400Hz 方波发生器。
4. 逆变电源部分（至灯丝）。

### 第 1 部分：PWM

这部分是一个 80kHz 的脉宽调制解调器。它按照设定的 mA 值 (6)，在包含两个场效应管的逆变部分 (第 4 部分) 输出相应的电压值。

→ 设置的 mA 值到达位置(6)与电阻 R8 读到的电流值 (位置 5) 进行比较。

→ 集成电路 IC2(UC3846)为一脉宽调制解调器，它驱动场效应管 Q1(IRF730)给电容 C15 和 C16 充电至相应电压以保证 X 射线管电流 为要求电流。通过场效应管 Q1 的充电电流由 TA1 控制。

### 第 2 部分：OC1、OC2 供电电源

这一部分用于产生两个经整流的 0—+15V 电压的半波，它们相位相反，用于为驱动场效应管 FET 的光耦 OC1、OC2 供电。

注意这两个电源必须保持相位相反。当系统工作时，加在这两部分的电压差与电容 C15、C16 两端的电压差相等。这样灯丝电源电压经场效应管 Q3、Q4 输出。

### 第 3 部分：400Hz 方波发生器。

这一部分产生两个脉宽可调的频率固定的 400Hz 方波。

→ IC5 产生一个 800Hz 的震荡。

→ 经 IC6 分频后产生两个 400Hz 方波信号。

→ 这两个输出信号驱动光耦 OC1、OC2 以相反相位工作。

→ 光耦 OC1、OC2 以 400Hz 频率控制场效应管 Q3、Q4 工作。

### 第 4 部分：逆变电源部分 (至灯丝)

这一部分直接驱动 X 射线管组件内部的灯丝变压器。

这是一个电流调整器，场效应管 Q3、Q4 以 400Hz 频率开闭，它们加载到负载上的电压由第 1 部分 PWM 脉宽调制解调器控制。

按照这一方式，通过控制灯丝变压器初级电流，从而控制 X 射线管灯丝电流。

注意：需要控制的是 X 射线管管电流，而不是实际流过灯丝的电流。后者只产生电子云，而电子云被吸引到阳极才能形成 X 射线管阳极电流。

安全保护措施：

图 5 显示的是 S15 电路板中对 X 射线管灯丝电流进行检测的部分。

→ A 部分将经过电阻 R8 的电流 (通过灯丝变压器初级的电流) 转化为电压值，与 R69 和 R70 分压值进行比较。这一分压值代表着在 X 射线管灯丝完好时灯丝变压器初级电流的最小值。如果过电阻 R8 的电流值小于预制的最小值，说明 X 射线管灯丝发生故障：如灯丝变压器初、次级短路，或灯丝烧断。

→ B 部分将经过电阻 R8 的电流转化为电压值，与分压器 R77-P2-R79 (大焦点) 和 R78-P3-R80 (小焦点) 分压值进行比较。这两个分压值代表着 X 射线管灯丝允许通过的最大电流值。当经过电阻 R8 的电流值大于预定值时，B 部分将通过切断 K1 继电器切断 S15 电路板电源。

S15 板一灯丝电源板调试注意事项：

1. 检查所有电源是否正确。包括 ±15V +24V 135V 交流及 15VB 和 15VC 等。
2. 所有指示灯是否正确。Ld1 黄灯为选择小焦点。(FP)
3. 确认灯丝设置值及 TP3 的输出是否正确。
4. 确认 TP2 的输出是否正确。
5. 确认 TP4 及 TP5 输出的方波频率是否正确。(400Hz)

6. Ld2 绿灯指示开机后灯丝板工作正常。
7. Ld3 红灯指示灯丝电流超过安全值。

### 3000 转启动器:

这个 3000 转启动器包括 S20 电路板和 S21/A 电路板,前者是逻辑部分,后者包括全部电源。这两块电路板是用于在 0.8s 内使 X 射线管阳极转速达到 3000 转。(0.8s 又称为启动时间)

操作分解:

这一系统又可分为四个部分(见下图)。下面详细介绍各个部分操作。

#### 第 1 部分:

下面这一部分可依据实际操作进行选择:是选择透视还是选择摄影(在移动式摄影系统中没有透视功能)。它的功能是在第 1 部分的 IC2 输入端产生一个锯齿波。

- 摄影—得到摄影命令后,继电器 K2 闭合,系统得电。电容 C4 通过电阻 R5 和电位器 P2 充电。电位器 P2 的功能是调整电容 C4 的充电时间:P2=0 时,电容 C4 的充电时间约为 0.5s;P2=1M 时,电容 C4 的充电时间约为 1.5s。电容 C4 的充电时间是依据不同厂家的 X 射线管确定的,一般调整为 0.8 s。
- 透视—得到透视命令后,两个光耦 OC1 工作。这时电容 C4 通过电阻 R31 (100 Ω) 充电,充电时间约为 0.1ms。这是因为在透视时能量较小,不需要旋转阳极以最高转速旋转。光耦 OC1 还有另外一个功能就是点亮 LED LD2,以标志旋转阳极达到最高转速。

#### 第 2 部分:

下面这一部分类似一个 100Hz 锯齿波发生器。

- 注意:100Hz 锯齿波信号将输入至第 4 部分的集成电路 IC3, IC3 类似一个负反馈比较器(输出端处于发射极开路状态)。

#### 第 3 部分:

这一部分用于检测和控制旋转阳极启动。

- 通过预置的分压器,电流互感器 TA1 和 TA2 将一个 50Hz 输入至 IC5。
- 这一信号输入至 Q4 基极后,在集电极产生一个方波输入至 IC4。
- IC4 处于非稳定状态,它的输出端保持高电平状态的时间由电阻 R24 和电容 C11 决定。图中给出了波形,时间约为 170ms。
- 因为 IC4 输入时间小于 170ms,所以输出将保持高电平。
- 这个高电平用于确认旋转阳极旋转正常。
- 注意:这一部分不用于测量转速,输出端为一逻辑值,只用于确认 X 射线管组件内定子是否有电流。

#### 第 4 部分:

- 第 4 部分用于驱动双向可控硅 TH1。
- IC3 的输出保持高电平的时间约为 0.8s(由第 1 部分的可位器 P2 设置)。超过这段时间,它确定双向可控硅 TH1 导通时间,而关断时间由可位器 P1 调整。
- 注意:这一部分实际上是用于调整相位。

附件:

## 联线要求:

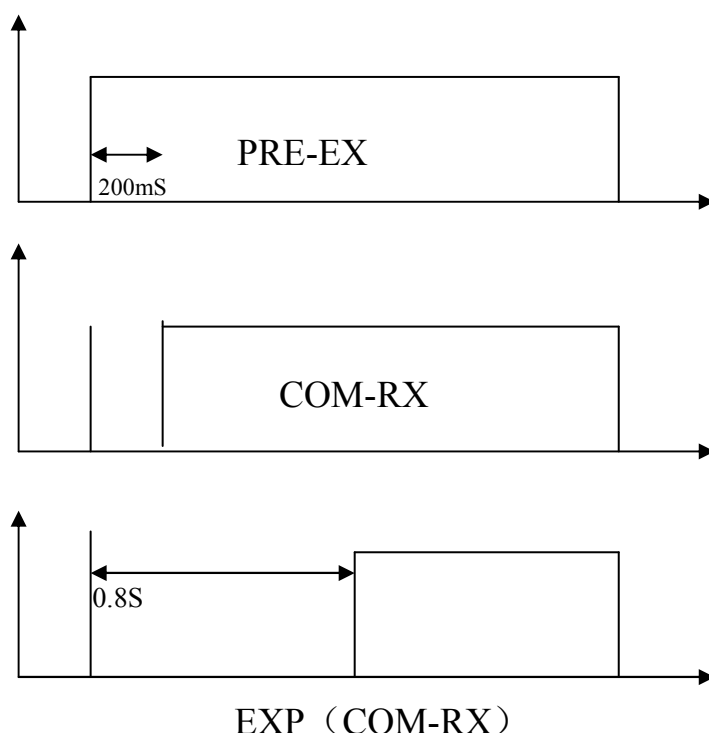
注意: 以下说明中除特别注明外高电平为+15V, 低电平为 0V。

1. 000198 图中, X、Y 两线应使用  $8 \times 1.5\text{mm}^2$  (或  $4 \times 2.5\text{mm}^2$ ) 的屏蔽线。使用时, 两条线各用 4 芯, 分别组成 X、Y, 屏蔽层接 X 射线管组件外壳。
2. S19 电路板中 CP2 插座连线, kV+、kV-、mA+、GND 四线用一四芯屏蔽线, 其中一芯为黄/绿线。屏蔽层接 X 射线管组件外壳。
3. 220V 电源线可使用  $2 \times 2.5\text{mm}^2$  护套线。K1 继电器应在开机后 15 秒吸合。(见图 0000212)
4. S19 电路板中 CP1-1 +15Vcc、CP1-2 0Vcc GND、CP1-3 -15Vcc 三线外接  $\pm 15\text{V}$  电源。
5. S19 电路板中 CP1-4 kV>85% 引线接至主机控制电路, kV>85% 信号为高电平有效, 用于通知主机 X 射线正常。
6. S19 电路板中 CP1-5 PRE-RX 引线接至主机控制电路, CP1-5 输入为高电平有效, 用于主机通知逆变器 X 射线准备。摄影时, 按下手闸一档给出此信号。
7. S19 电路板中 CP1-6 INV FAULT 引线接至主机控制电路, INV FAULT 信号为高电平有效, 用于通知主机逆变器工作异常。
8. S19 电路板中 CP1-7 + VC ( $12 \div 24\text{Vcc}$ ) 引线在新开发的产品中接至 CP1-1。CP1-8 接至 CP1-2。
9. S19 电路板中 CP1-9 COM-RX 引线接至主机控制电路, 用于主机将 X 射线“发生命令”信号送至逆变器。此信号为高电平有效, 摄影时, 按下手闸二挡给出此信号。
10. S19 电路板中 CP1-10 SET kV ( $1\text{V}=20\text{kV}$ ) 引线接至主机控制电路, 用于主机将 SET kV 信号送至逆变器。此线应使用屏蔽线。
11. S19 电路板中 CP1-11 mA FLOUR ( $1\text{V}=1\text{mA}$ ) 引线接至主机控制电路, 用于逆变器通知主机透视 mA 值。
12. S19 电路板中 CP1-12 mA RAD ( $1\text{V}=10\text{mA}$ ) 引线接至主机控制电路, 用于逆变器通知主机摄影 mA 值。
13. S15 电路板中 CP1 插座输入 135V 交流电, 供电的隔离变压器输入、输出端都应加交流滤波器, 且交流滤波器外壳不接地。该隔离变压器的功率应大于 135VA。
14. S15 电路板中 CP2 插座外接  $\pm 15\text{V}$  电源。
15. S15 电路板中 CP4 插座中, CP4-1、CP4-2 外接 +24 电源; CP4-3 空

- 置；CP4-4 RESET 信号引线接至主机控制电路，RESET 信号为低电平有效，用于灯丝电流超过预定值报警后的复位（可不接）； CP4-5 FG/FP 信号引线接至主机控制电路，用于大、小焦点选择，高电平（+24V）选择大焦点（FG）。CP4 -6 FILAMENT OK 信号引线接至主机控制电路，FILAMENT OK 信号为+24V 高电平有效，用于通知主机射线管灯丝工作正常；CP4-7 接至外接电源 0V24。
16. S15 电路板中 CP5 插座中三线接至主机控制电路，用于主机将 SET I FIL(+）、SET I FIL(-)信号送至 S15 灯丝板。此三线应使用屏蔽线。
  17. S15 电路板中，CP6 插座(1-FG 大焦点， 2-C，公共端， 3-FP 小焦点)接至 X 射线管组件上的 S17 电路板中相应的大、小焦灯丝变压器输入端，此三线应使用屏蔽线。
  18. S20 电路板中 CP1 插座中 CP1-1、 CP1-2 、 CP-3 三条线接至主机控制电路，用于摄影和透视选择。CP1-1（摄影）、 CP1-3（透视）输入为+24V 高电平有效，CP-2 接 0VDC； CP1-4、 CP1-5 、 CP-6 三条线接至主机控制电路，用于通知主机射线管旋转阳极工作正常。
  19. S21/B 电路板，TB1 的 L 和 N 接 220VAC，TB2 插座中两条线接启动电容(30uF,450V)，TB3 的 1、2、3 分别接至 X 射线管组件上 C、P、S 三端。

相关信号说明：

## 1. PRE-RX、COM-RX、EXP 信号时序：



PRE-RX 信号透视时由脚开关送至控制电路，再由控制电路送至逆变器，延时 200mS 后由控制电路给出 COM-RX 信号至逆变器。摄影时 PRE-RX 信号由手闸一档送至控制电路，再由控制电路送至逆变器，EXP (COM-RX) 信号由手闸二档送至控制电路，再由控制电路送至逆变器。此信号为 X 射线产生信号，最少应延时 0.8 秒后给出，提前应视为无效并给出报警信号。COM-RX 信号、EXP 信号应先于 PRE-RX 信号截止或至少与 PRE-RX 信号同时截止。

## 2. INT FAULT 信号：

当 S19 电路板中 4 个 Stop 信号(见图 000428)产生后，给出 INT FAULT 信号，此信号为高电平有效。对于计算机控制的主机，此信号最好设置为中断请求，以保证 CPU 能够随时收到此信号。

使用中应注意的问题：

1. 对于 S18 电路板中 IGBT 触发端的触发信号测量应先拆除 V1、V2(220V 交流)两线，并确认 C1、C2 电容两端电压为零。
2. S19 电路板(图 000428)中 P1、P2 电位器为工厂调整，使用中严禁调整。P3 电位器用于透视回路检测的偏置调零，开机通电稳定后，应先检查 IC5

输入是否正确，如产生“零漂”可调整 P3 电位器。

3. S19 电路板（图 000428）次级过压保护电路中，“跳线” J2A、J2B 用于区分 110kV 和 120kV X 射线管组件。对于 110kV X 射线管组件应拆除“跳线” J2A、J2B 后才能使用。
4. S15 电路板（图 000201）mA 设置电路中，“跳线” JP1 用于切换自动设置和手动设置。P1 电位器用于手动设置时调整灯丝电压。P2、P3 电位器用于灯丝电流保护设置，大焦点灯丝变压器初级最大电流为 900mA，小焦点灯丝变压器初级最大电流为 800mA，此时电容 C44 电压分别为 4.5V、4V。
5. 开机后应先检测灯丝电流是否正常，一般预置为小焦点。预置电压为：旋转阳极 X 射线管 3.5V；固定旋转阳极 X 射线管 3.7V。

### 灯丝电压的设置：

本系统是采用控制灯丝变压器初级电流的方式以控制 X 射线管管电流，具体方式如下：

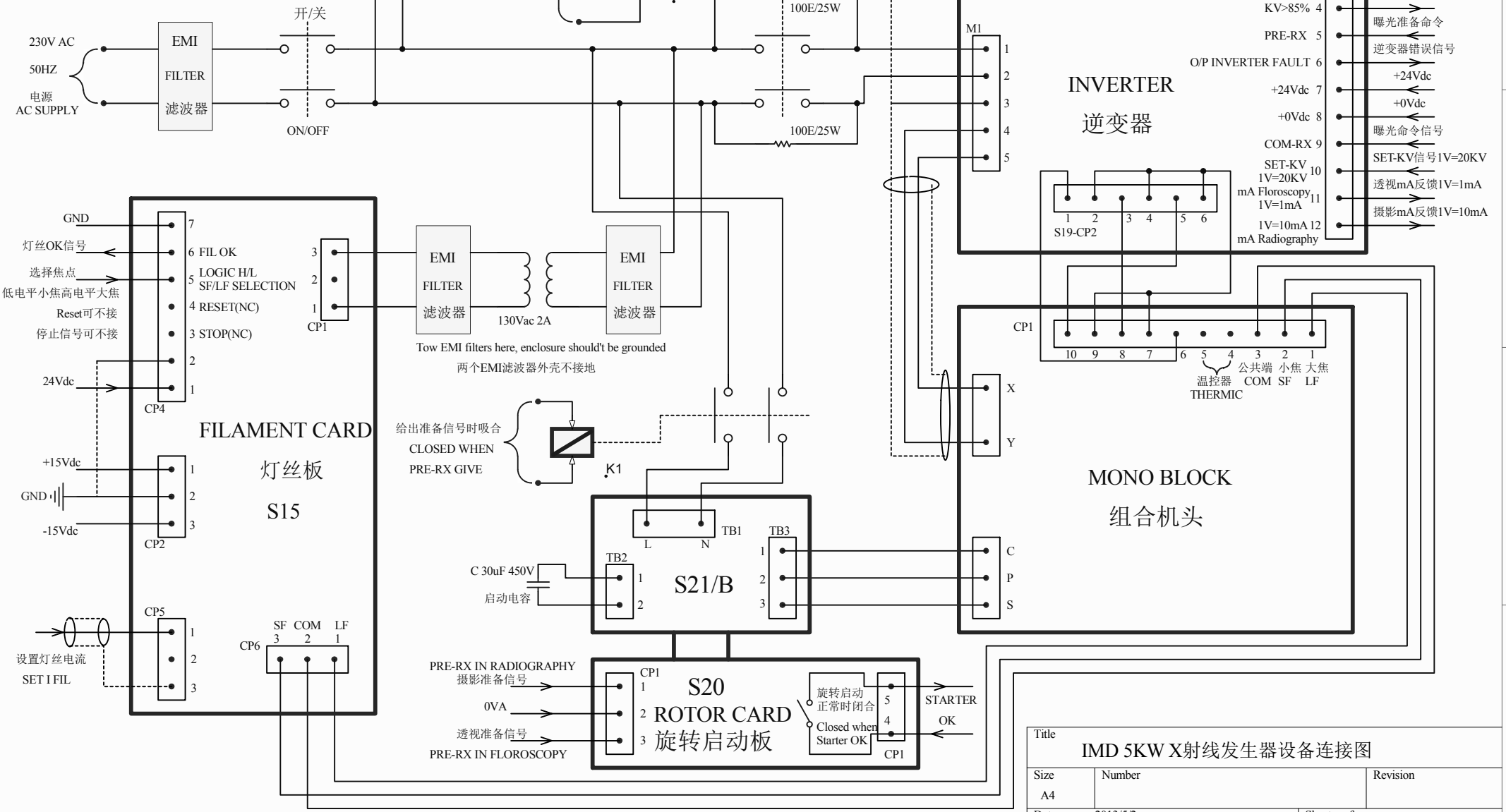
1. SET FL(+)、SET FL (-)两端电压为 1V 时，灯丝变压器初级电流为 100mA，灯丝变压器次级电流（X 射线管灯丝电流）为 610mA，既灯丝变压器初、次级电流比为 1：6.1。
2. 得到 X 射线管灯丝电流值后，依据 X 射线管灯丝电流(I)—灯丝电压(V)特性曲线，找到对应的灯丝电压(V)。
3. 依据 X 射线管管电流(I)—X 射线管电流灯丝电压(V)特性曲线，找到对应的 X 射线管管电流。最终得到 SET FL(+)、SET FL (-)两端设置电压与 X 射线管管电流的关系。
4. S15 电路板设有 SET FL(+)、SET FL (-)设置电压手动调整，可对 SET FL(+)、SET FL (-)设置电压进行精确调整。
5. 最大灯丝电流设置为最大大、小焦点电流+60mA。

### 相关噪声滤波器：

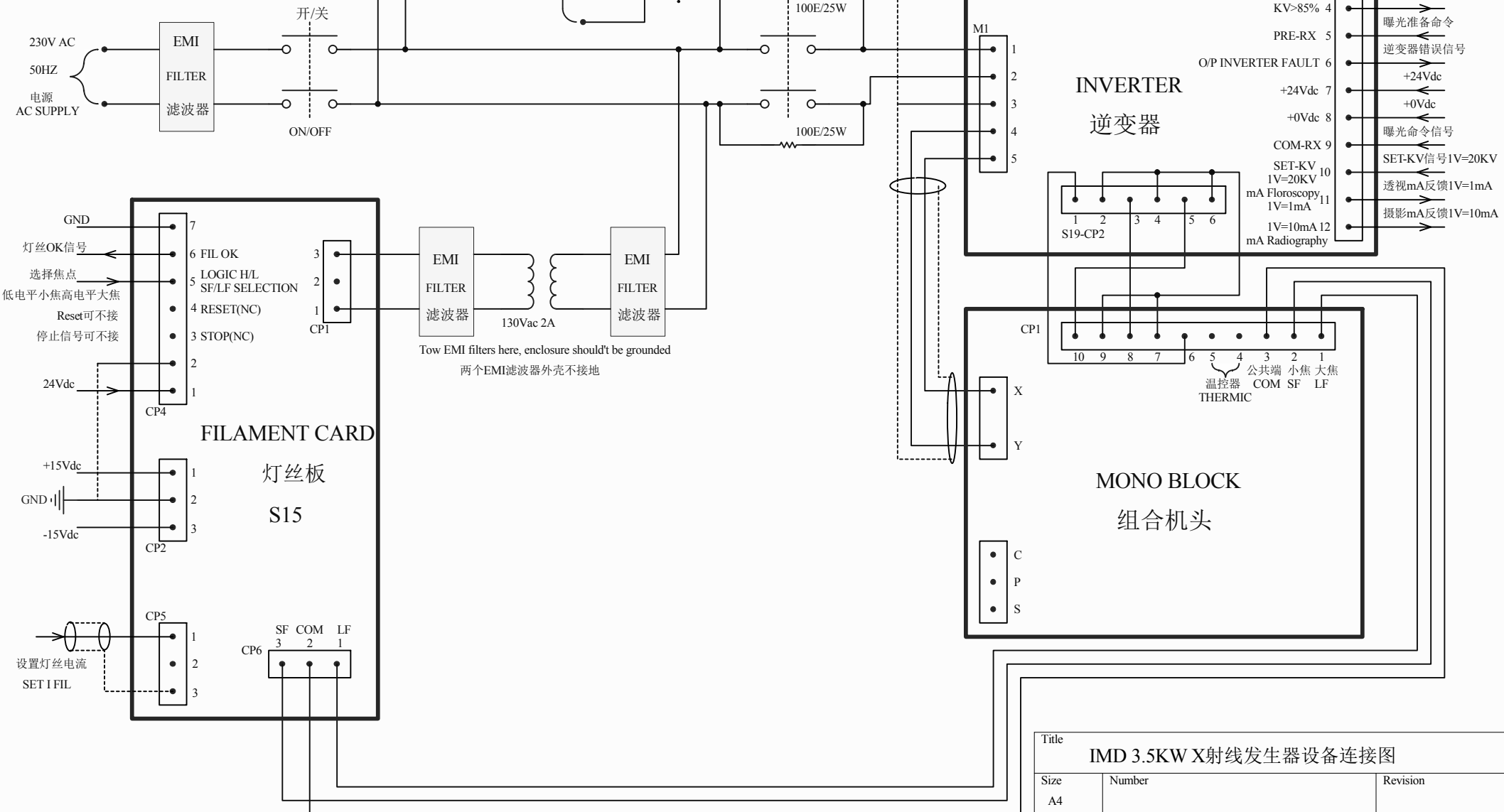
1. 主电源(POWER SUPPLY)前加 30A 噪声滤波器。
2. 灯丝电源板前加低通噪声滤波器。且外壳不接地。

附：逆变器与组合机头的连接示意图。





Title		
IMD 5KW X射线发生器设备连接图		
Size	Number	Revision
A4		
Date:	2013/5/2	Sheet of
File:	E:\schdoc\connections.SchDoc	Drawn By:



Title		
IMD 3.5KW X射线发生器设备连接图		
Size	Number	Revision
A4		
Date:	2013/5/2	Sheet of
File:	E:\schdoc\connections.SchDoc	Drawn By:

1

2

3

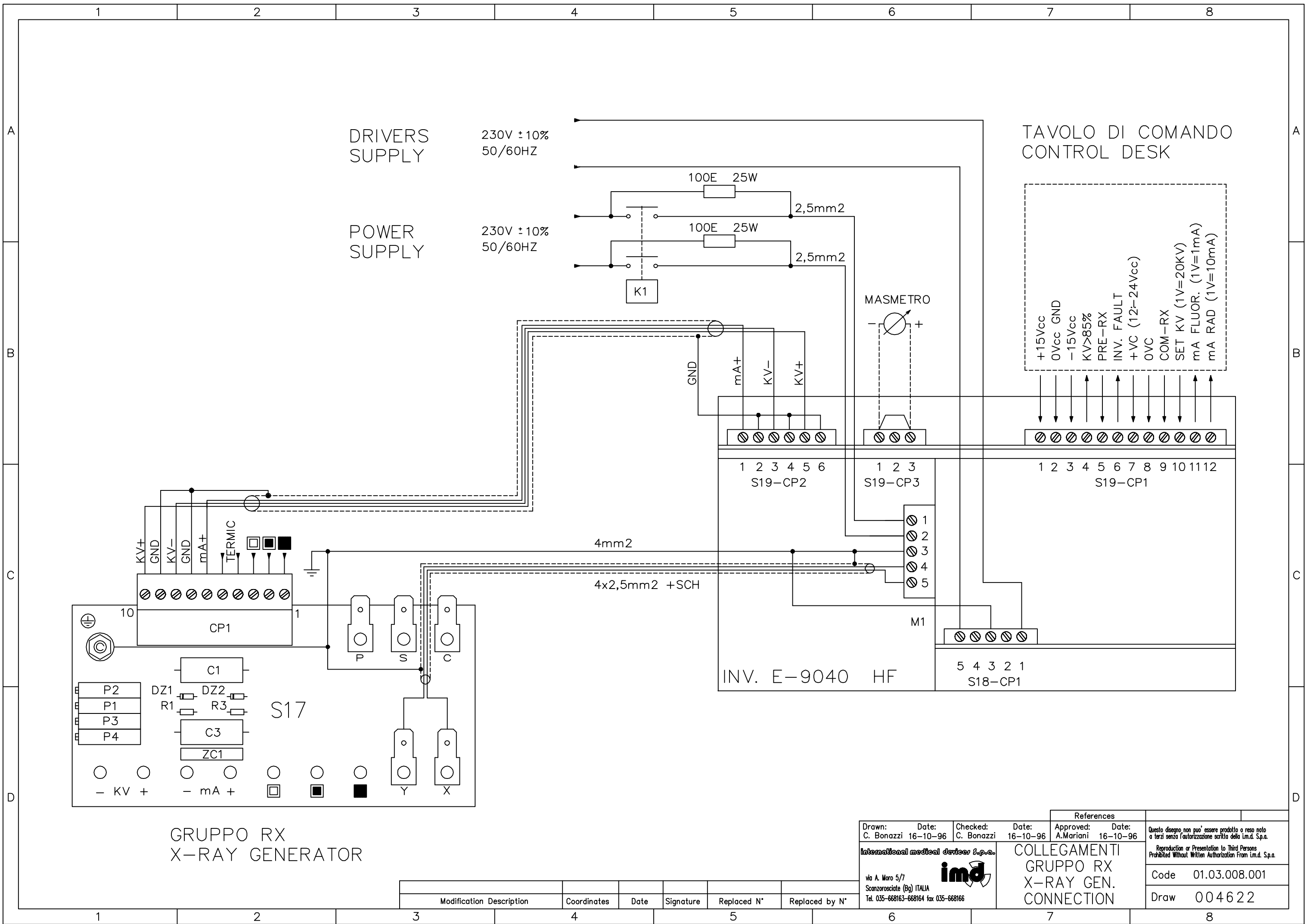
4

1

2

3

4



Drawn:		Date:		Checked:		Date:		Approved:		Date:		References
C. Bonazzi		16-10-96		C. Bonazzi		16-10-96		A. Mariani		16-10-96		
International medical devices S.p.a. <b>imd</b> via A. Moro 5/7 Scanzorosciate (Bg) ITALIA Tel. 035-668163-668164 fax 035-668166												
<b>COLLEGAMENTI GRUPPO RX X-RAY GEN. CONNECTION</b>												Code 01.03.008.001
Modification Description    Coordinates    Date    Signature    Replaced N°    Replaced by N°												Draw 004622