

上次讲到 利用功率接收器谐振频率的检测，原因是最大限度的减少初级线圈的调动，因为功率发射器没有必要识别在这个谐振频率不响应的对象。实例 C.3提供谐振检测方法

### 3.2.2.1 机械细节描述

功率发射器A2 设计 包含 一个初级线圈 像小节 3.2.2.1.1定义的那样，屏蔽罩像小节3.2.2.1.2定义的那样，界面（感应面）像小节3.2.2.1.3定义的那样，定义阶段 像小节3.2.2.1.4定义的那样

#### 3.2.2.1.1 初级线圈

初级线圈绕线的种类，绞合线 30股，1.0mm直径，参考图3-6，初级线圈为圆形 多个层组成，相同极性的所有的层堆叠。表3-5 是初级线圈的尺寸。

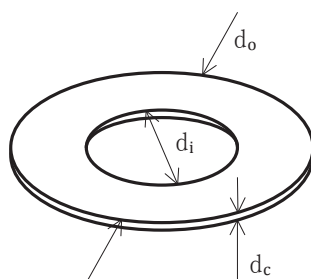


Figure 3-6: Primary Coil of Power Transmitter design A2

Table 3-5: Primary Coil parameters of Power Transmitter design A2

Parameter	Symbol	Value
外直径	$d_o$	mm
内直径	$d_i$	mm
厚度	$d_c$	mm
每层匝数	N	10
层数	-	2

### 3.2.2.1.2 屏蔽罩

如图3-7，软磁材料保护基站免受初级线圈产生的磁场干扰，屏蔽罩至少超出初级线圈的外直径2mm,厚度至少0.20mm,放在初级线圈下面距离0.1mm,这点无线传输系统描述1.0版本，第1卷 第1部分 限制了屏蔽罩从下列裂变材料选择组合。

- ☒ DPR-MF3 — Daido Steel (大同特殊钢)
- ☒ HS13-H — Daido Steel (大同特殊钢)

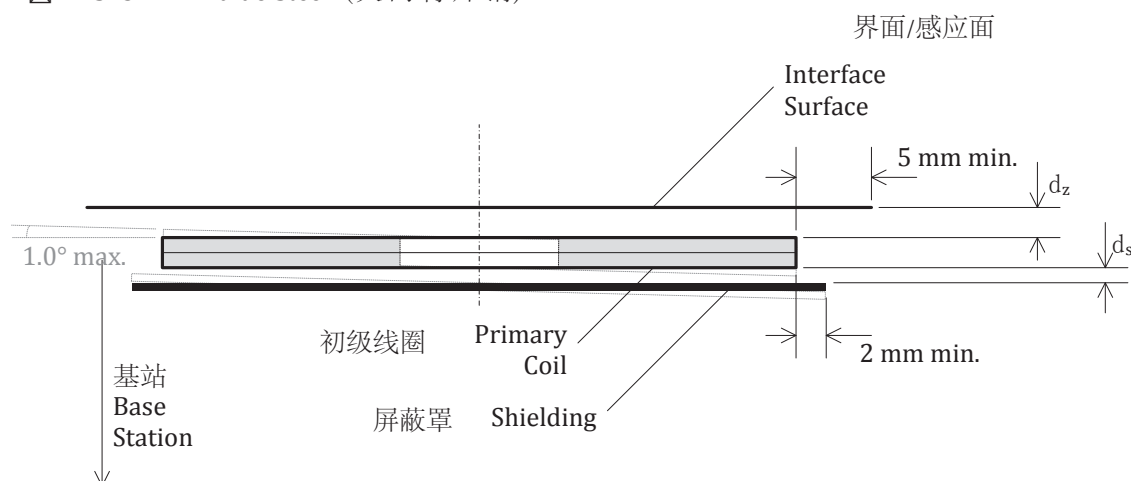


Figure 3-7: Primary Coil assembly of Power Transmitter design A2

### 3.2.2.1.3 界面/感应面

如图3-7，从初级线圈顶面到基站感应面/界面的距离是  $d_z = 2.5^{+0.5}_{-0}$  mm,另外基站界面/感应面至少超出初级线圈外直径5mm.

### 3.2.2.1.4 定位阶段

两个相互垂直的方向平行到界面/感应面的距离精确到0.1mm或者更好。

### 3.2.2.2 电子细节详述

如图3-7，从初级线圈顶面到基站感应面/界面的距离是  $d_z = 2.5$  mm,另外基站界面/感应面至少超出初级线圈外直径5mm. 如图3-8，功率发射器A2 用一个全桥逆变器驱动初级线圈和串联电容，在频率140kHz,初级线圈和屏蔽罩有一个自感系数  $L_p = 24^{+1}_{-1}$  uH。串联电容的值是  $C_p = 200^{+5\%}_{-5\%}$  nF.近谐振，串联电容两端的电压可达到50V pK-pK.

如图3-7，从初级线圈顶面到基站感应面/界面的距离是  $d_z = 2.5$  mm,另外基站界面/感应面至少超出初级线圈外直径5mm. 功率发射器A2 用输入电压到全桥逆变器 控制功率的传输。为这个目的，输入电压的范围是 3-12v，低输入电压的结果是传输低功率，功率传输中为了得到足够准确的校正，A2功率发射器应该控制输入电压精确到50mV 或者更好。

当A2功率发射器第一次申请（应用）功率信号时（数字Ping;参考小节 5.2.1），它应该用初始输入电压 8v。

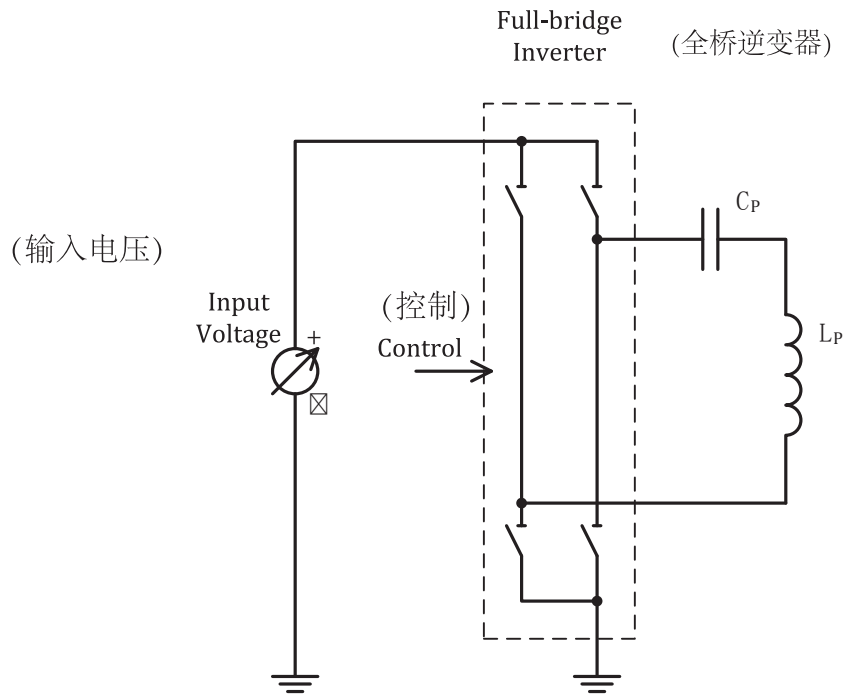


Figure 3-8: Electrical diagram (outline) of Power Transmitter design A2

在小节5.2.3.1控制功率传输需要运用PID算法，引入控制变量  $V^{(i)}$  表示到全桥逆变器的输入电压，为了更准确的功率控制，A2功率发射器应该确定初级感应子区电压的幅值（初级线圈电压）精确到 5mV或者更好，最后表3-6 提供用在PID 算法的几个参数。

(PID 参数 电压控制)

Table 3-6: PID parameters for voltage control

Parameter	Symbol	Value	Unit
Proportional gain	$K_p$	1	$\text{mA}^{-1}$
Integral gain	$K_i$	0	$\text{mA}^{-1}\text{ms}^{-1}$
Derivative gain	$K_d$	0	$\text{mA}^{-1}\text{ms}$
Integral term limit	$M_I$	N.A.	N.A.
PID output limit	$M_{\text{PID}}$	1,500	N.A.
Scaling factor	$S_v$	-0.5	mV

### 3.3 基于初级线圈组的功率发射器设计

这小节3.3定义了功率发射器B设计，此外3.3小节这部分的定义，每个功率发射器设计应该实现小节5协议定义的相关部分，通讯接口（界面）在第6小节定义。

#### 3.3.1 功率发射器设计B1

功率发射器B1 设计可以自由定位，如图3-9 这个设计的功能模块图，它由两个主要功能单元组成，即功率转换单元和通讯控制单元

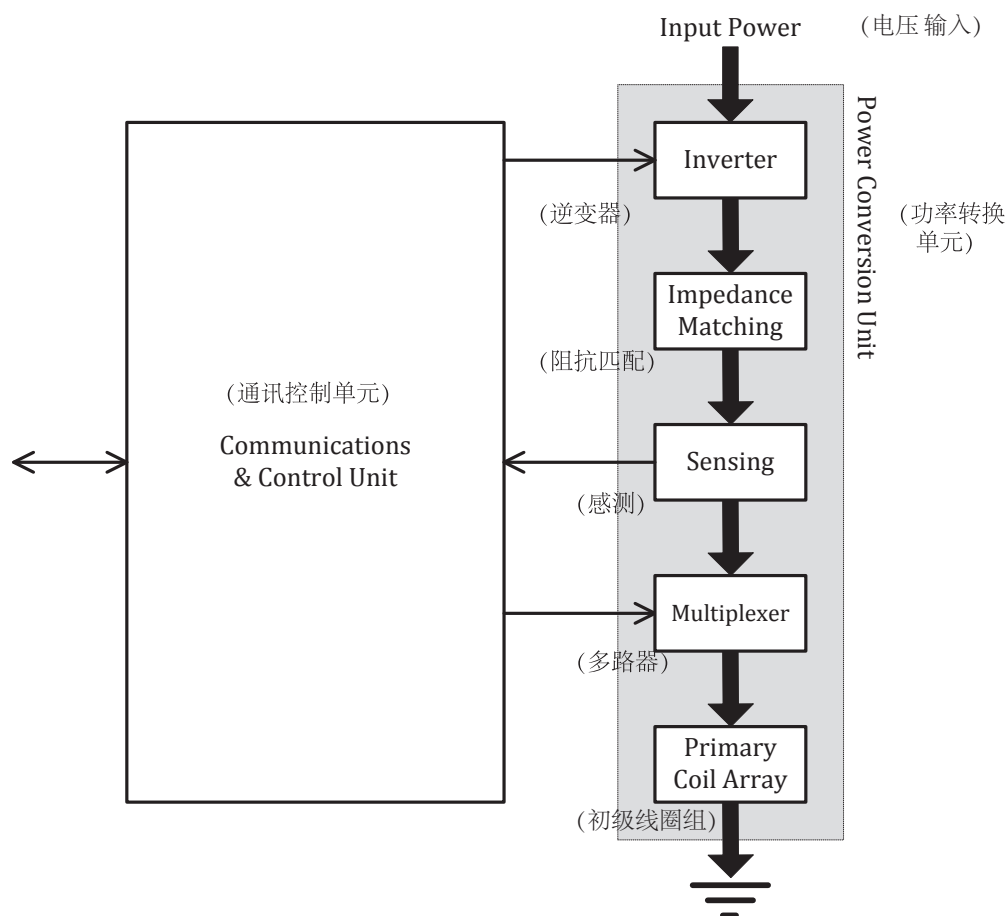


Figure 3-9: Functionablock diagram ofPower Transmitter design B1

这小节3.3定义了功率发射器B设计，此外3.3小节这部分的定义，每个功率发射器设计应该实现小节5协议定义功率转换单元在右手边 图3-9是A2设计的类似部分，这个设计利用重叠的初级线圈组实现自由定位，这个要看功率接收器的位置，多路器 链接或不链接相应的初级线圈，阻抗匹配电路和初级线圈组链接形成谐振电路，感测电路检测初级感应子区（初级线圈的一部分）的电流和电压，同时逆变器转换DC输入到 AC波形驱动初级线圈组。

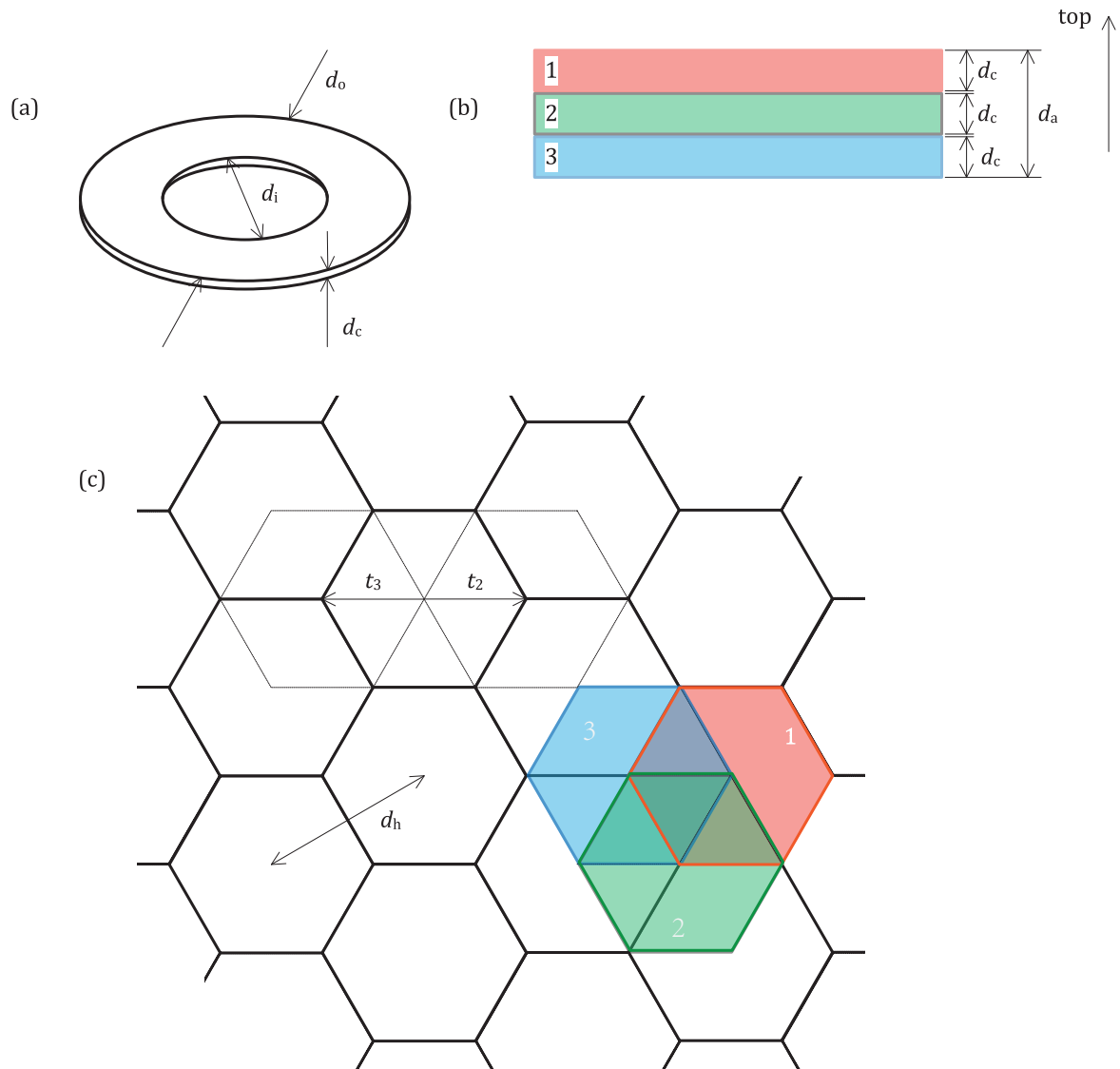
通讯控制单元在图3-9左手边由数字逻辑部分组成，这个单元从功率接收器获取解码信息，配置多路器去链接适当的初级线圈组的部分，执行相关的功率控制算法和协议，驱动频率和输入电压到逆变器控制到接收器的功率输出，通讯控制单元也链接其他基地的子系统，例如 用户界面

### 3.3.1.1 机械（结构）细节描述

功率发射器B1设计包括初级线圈组如小节3.3.1.1.1定义，屏蔽罩如小节3.3.1.1.2定义，和界面/感应面如小节3.3.1.1.3定义。

#### 3.3.1.1.1 初级线圈组

初级线圈组由3层组成，如图3-10[a]单个初级线圈的顶视图，绕线种类，绞合线 24股 no.40 AWG[0.08mm直径]，或者同等的。



**Figure 3-10: Primary Coil array of Power Transmitter design B1**

初级线圈组由3层组成，如图3-10[a]单个初级线圈的顶视图，绕线种类，绞合线 24股 no.40 AWG[0.08mm直径]，如图3-10[a]，初级线圈为圆形组成一个层。图3-10[b]展示了一个初级线圈组的侧面图，图3-10[c]展示了一个初级线圈组的顶视图，第二层初级线圈的六边形虚线图标注了一个右偏移距离  $t_2$ ，第二层初级线圈的中心和第一层初级线圈的角（右边）是一个点。

同样的，虚线六边形表示层3的初级线圈的格子，也同样标注了一个左偏移距离 $t_3$ ，可以看出第三层初级线圈的中心点也和第一层初级线圈的角（左边）是一个点。由此得出初级线圈第二层的每个中心及每个角和第三层的每个中心及每个角也是一样的；所有的初级线圈相同极性叠加，另外请参看图3-10 [c]彩色部分六边形含义（本来不是彩色，为了更好理解我把它们用透明度为50% 红绿蓝三个六边形表示）

Table 3-7 lists the relevant parameters of the Primary Coil array.

Table 3-7 B1功率发射器 初级线圈组参数

	Parameter	Symbol	Value
(外直径)	Outer diameter	$d_o$	$28.5_{-0.7} \text{ mm}$
(内直径)	Inner diameter	$d_i$	$10.5^{+0.3} \text{ mm}$
(层厚度)	Layer thickness*	$d_c$	$0.6^{+0.05}_{-0.1} \text{ mm}$
(匝数)	Number of turns	$N$	16
(线圈组厚度)	Array thickness	$d_a$	$1.9^{+0.3}_{-0.2} \text{ mm}$
(中心到中心的距离)	Center-to-center distance	$d_h$	$28.6^{+1} \text{ mm}$
(层二偏移)	Offset 2 <sup>nd</sup> layer array	$t_2$	$16.5^{+0.6} \text{ mm}$
(层三偏移)	Offset 3 <sup>rd</sup> layer array	$t_3$	$16.5^{+0.6} \text{ mm}$

\*Value includes thickness of connection wires

### 3.3.1.1.2 屏蔽罩

如图3-11，功率发射器B1用屏蔽罩保护基站避免初级线圈组产生的磁场干扰，屏蔽罩最少超出初级线圈组边缘2mm，放在初级线圈下面距离  $d_s = 0.5 \text{ mm}$ 。

屏蔽罩是软性磁材料 厚度至少0.5mm.无线传输系统描述 第1卷 第1部分，限制了屏蔽罩从下列材料选择组合。

(这公司及材料需自己查在此不翻译了)

- ☒ Material 78 — Fair Rite Corporation.
- ☒ 3C94 — Ferroxcube.
- ☒ N87 — Epcos AG.
- ☒ PC44 — TDK Corp.

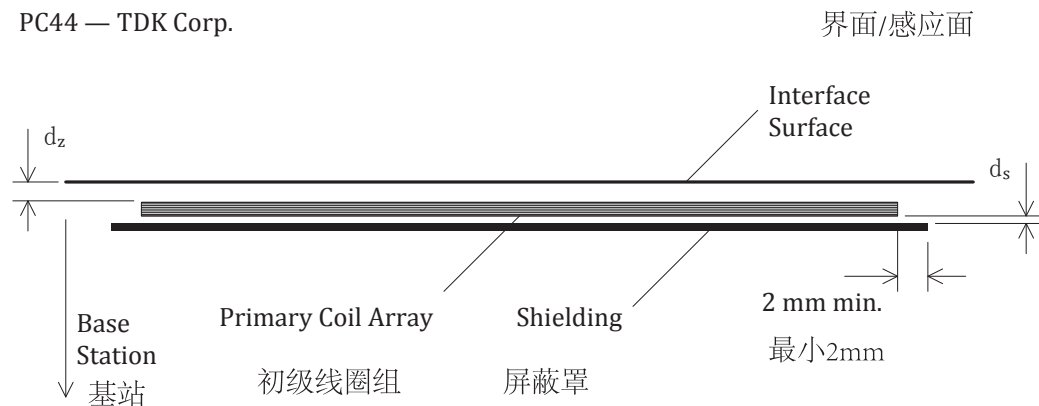


Figure 3-11: Primary Coil array assembly of Power Transmitter design B1

### 3.3.1.1.3 界面/感应面

如图3-11，初级线圈组与基站感应面/界面的距离是  $dz = 2^{+0.5}_{-0.25}$  mm.从初级线圈顶面。另外 界面/感应面至少超出超出初级线圈组外边缘5mm.

### 3.3.1.2 电子细节描述

如图3-12，功率发射器B1设计 用一个半桥逆变器驱动初级线圈组。另外，功率发射器B1设计用一个多路器来选择感应有效区的位置。多路器来配置 初级线圈组，1个 2个 或3个初级线圈 以并联方式被链接到驱动电路。链接的初级线圈构成了一个感应子区，还有另一个限制，多路器应该选择这样一种初级线圈 ----每个选择的初级线圈和其他所有选择的初级线圈叠加 [参考图 3-10 (c) ]

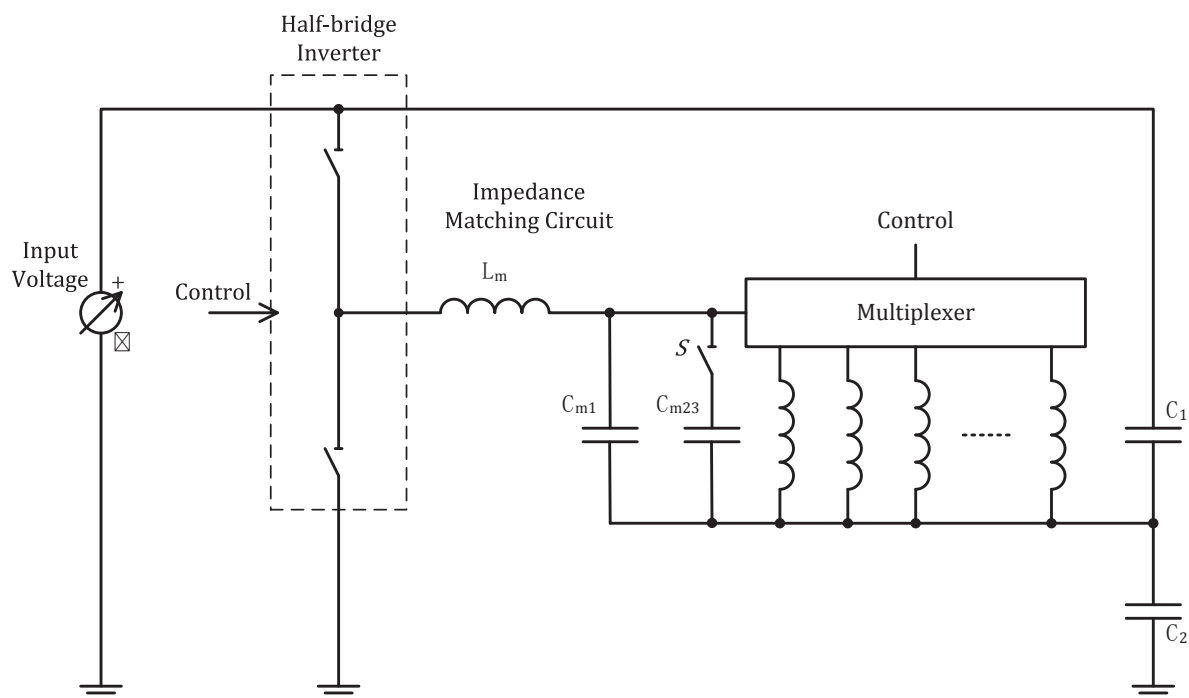


Figure 3-12: Electric diagram (outline) of Power Transmitter design B1

工作频率在  $f_{op} = 105\text{---}113\text{kHz}$  范围，初级线圈组和屏蔽罩的自感系数为  $8.1\text{ }\mu\text{H}$  每个单独的第1层初级线圈， $8.7\text{ }\mu\text{H}$  每个单独的第2层初级线圈， $9.65\text{ }\mu\text{H}$  每个单独的第3层初级线圈，电容在阻抗匹配电路中的自感系数 分别为  $C_{m1}=300\text{ nF}$   $C_{m23}=200\text{ nF}$   $L_m=3.8\text{ }\mu\text{H}$ . 电容  $C_1$ ， $C_2$  在半桥逆变器中是  $68\text{ }\mu\text{F}$ . 开关S是打开的当感应子区只有一个初级线圈组成时，其他时候S是关闭的，电容  $C_m$  电压可以达到超过  $36\text{ V pk-pk}$ .

功率发射器设计B1 用输入电压 到半桥逆变器 控制功率传输。为了这个目的，输入电压范围是  $0\text{---}20\text{V}$ ，当低输入电压时 结果是传输低功率。为了得到功率传输足够准确的校正，B1功率发射器应该控制输入电压精确度  $35\text{mV}$  或者更好。

当功率发射器设计B1 第一次申请（应用） 功率信号[数字 ping;参考小节5.2.1]应该使用其实输入电压  $12\text{V}$

控制功率传输应该应用PID 算法，小节5.2.3.1定义了这点。在算法定义中引入控制变量  $v^{(i)}$  表示到半桥逆变器的输入电压。为了保证足够准确的功率控制，B1 发射器 应该 确定进入初级感应子区的电流幅值精确到5mA 或者更好。除了PID 算法，B1功率发射器应该限制 限制进入初级子感应区的电流为最大 4ARMS，当初级子感应区由2个或3个初级线圈组成时，当初级子感应区由1个初级线圈组成时 最大2A RMS 。因为这个目的，功率发射器应该限制到半桥逆变器的输入电压低于20V，最后表3-8提供了一些用于PID 运算的参数值。

Table 3-8: PID parameters for voltage control

Parameter	Symbol	Value	Unit
Proportional gain	$K_p$	1	$\text{mA}^{-1}$
Integral gain	$K_i$	0	$\text{mA}^{-1}\text{ms}^{-1}$
Derivative gain	$K_d$	0	$\text{mA}^{-1}\text{ms}$
Integral term limit	$M_I$	N.A.	N.A.
PID output limit	$M_{PID}$	2,000	N.A.
Scaling factor	$S_v$	-1	mV

### 3.3.1.3 可测量性

小节3.3.1.1和3.3.1.2定义了功率发射器B1 的机械（结构）细节和电子细节，如图小节3.1的定义，功率发射器B1 只服务于一个功率接收器，为了能同时服务于多个功率接收器，一个基站可以包含多个B1型功率发射器。如图3-13，这些功率发射器可以共享初级线圈组和多路器，无论怎样每个独立的功率发射器必须有一个分开的可控逆变器，阻抗匹配电路，检测初级子感应区的方法，如小节3.3.1.2定义。另外多路器必需确保不要连接多个逆变器到到独立的初级线圈。



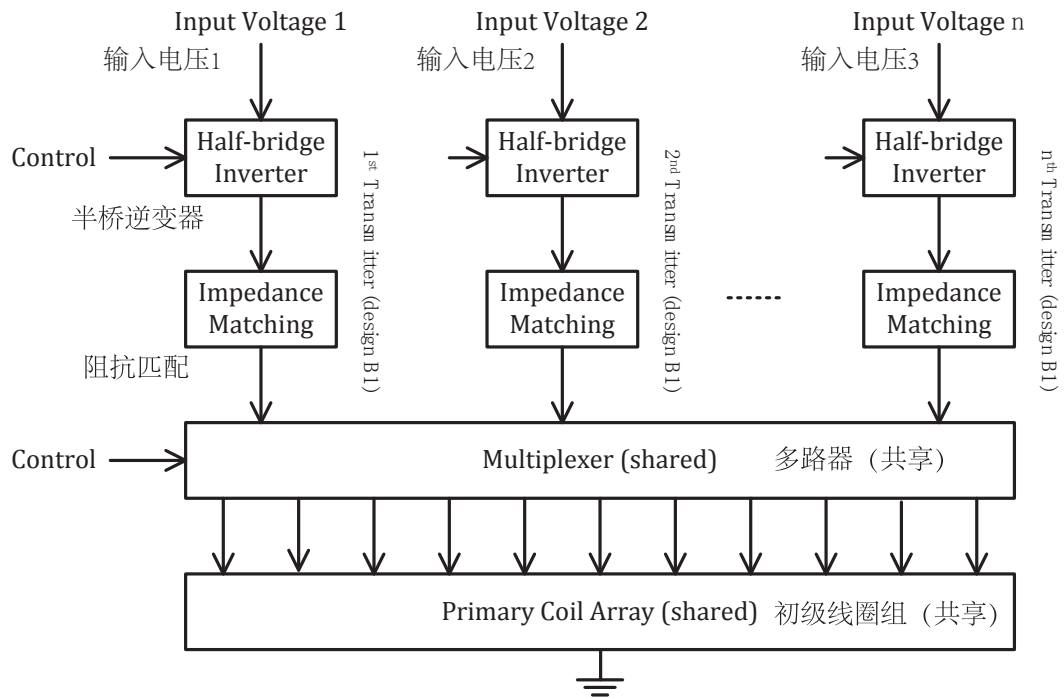


Figure3-13:Multiple type B1 Power Transmitters sharing a multiplexer and Primary Coil array

(多个B1功率发射器共享一个多路器和初级线圈组)

### 3.3.2 功率发射器设计B2

功率发射器B2设计可以自由定位，功率发射器B2设计和B1功率发射器B1设计最大的不同是初级线圈组，功率发射器B2设计是基于印刷电路板PCB式的初级线圈。功率发射器B2的功能模块图和功率发射器B1的完全相同，参考图 3-9 和3.3.1小节文本描述。

#### 3.3.2.1 机械（结构）细节描述

功率发射器B2设计包括一个初级线圈组如小节3.3.2.1.1定义的那样，屏蔽罩如小节3.3.2.1.3定义，界面/感应面如小节3.3.2.1.3定义。

##### 3.3.2.1.1 初级线圈组

这个初级线圈组由8层PCB构成，内六层PCB每个包含一个网格初级线圈，底层包含铅片对每个独立的初级线圈。顶层可以被用于其它目的，但是不能影响初级线圈组的自感系数值。图3-14 (a) 展示一个单独初级线圈的顶视图，看出绕六边形18匝。同样从插图3-14 (a) 看出，六边形的角是圆角；图3-14 (a)最下面的那个图表示了轨道的宽度和他们之间的距离。图3-14(b)是PCB层结构侧面图，层2.3.4.5.6.7每个包含一个初级线圈格子，层8包含铅片对每个初级线圈，图3-14 (c)展示了一个初级线圈顶视图和一个单独的初级线圈被装进六边形格子，那些填充颜色的六边形展示了初级线圈组层2和层7装满后的近似的结构。每个填充颜色的六边形代表一套两个相同的初级线圈--这种情况下分别一个初级线圈在第2层，一个初级线圈在第7层，被并联。（右边）虚线六边形表示被向右偏移距离  $t_2$  的层3和层6上的初级线圈组的格子，像这样层3和层6初级线圈六边形格子的中心点刚好和层2层7初级线圈组六边形格子的一个角点重合；同样（左边）虚线六边形表示被向左偏移距离  $t_3$  的层4和层5上的初级线圈组的格子，像这样层4和层5初级线圈六边形格子的中心点刚好也和层2层7初级线圈组六边形格子的一个角点重合。得出一个结论层3和层6各个格子的中心点和各个格子的角（点）与层4层5的各个格子的各个角（点）和各个格子的中心点重合（注意这个不是真正的重合因为他们都不在一个层，是顶部透视来讲重合）可以参考填充颜色红绿蓝六边形的意义3.3.2.2节。

Table 3-9 功率发射器B2设计初级线圈组参数

	Parameter	Symbol	Value
(外直径)	Outer diameter	$d_o$	$31^{+0.4} \text{ mm}$
(轨道宽度)	Track width	$d_w$	$0.42^{+0.03} \text{ mm}$
(轨道宽度和间隙)	Track width plus spacing	$d_w + d_s$	$0.6^{+0.03} \text{ mm}$
(外直径)	Corner rounding*	$r_c$	$5^{+3} \text{ mm}$
(匝数)	Number of turns	$N$	18
(轨道厚度)	Track thickness	$d_{cu}$	$0.07^{+0.014} \text{ mm}$
(绝缘材料厚度1)	Dielectric thickness 1	$d_{d1}$	$0.089^{+0.15}_{-0} \text{ mm}$
(绝缘材料厚度2)	Dielectric thickness 2	$d_{d2}$	$0.1^{+0.013} \text{ mm}$
(线圈组厚度)	Array thickness	$d_a$	$1.14^{+0.05} \text{ mm}$
(中心到中心的距离)	Center-to-center distance	$d_h$	$31.855^{+0.2} \text{ mm}$
(2层偏移)	Offset 2 <sup>nd</sup> layer array	$t_2$	$18.4^{+0.1} \text{ mm}$
(3层偏移)	Offset 3 <sup>rd</sup> layer array	$t_3$	$18.4^{+0.1} \text{ mm}$

\*Value applies to the outermost winding