

对于已绕制好的空芯线圈，可以通过改变其匝间距离的办法微调电感量。如图 8-119 所示，当拉长线圈长度时，其匝距增大，电感量减小。当压缩线圈长度时，其匝距减小，电感量增大。在高频谐振回路中，常用这种方法微调谐振频率。

## 8.5.4 自制光电耦合器

光电耦合器是利用光传递电信号的器件，它既传递了电信号，同时又隔离了前后电路，在自动控制方面应用较多。光电耦合器也完全可以自制。

### (1) 自制光电耦合器

用一个发光二极管和一个光电管（光电二极管或光电三极管），可以制成简单的光电耦合器。制作方法如图 8-120 所示，取一截内径比发光二极管和光电管直径略粗的不透明塑料管，左侧放入发光二极管，右侧放入光电管，发光二极管的发光面应正对光电管的受光面，两者相距为数毫米。再用环氧树脂等将两个管子与塑料管胶牢封固即可。

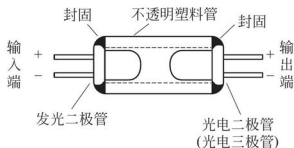


图 8-120 自制光电耦合器

由于发光二极管与光电管外形一样，应在制成的光电耦合器上标明输入端和输出端的正、负极。在选用发光二极管和光电管时应注意，它们的光谱波长应基本相同，否则，影响光电耦合器的效果。

### (2) 自制达林顿型光电耦合器

达林顿型光电耦合器电路如图 8-121 所示，VD 为光电二极管，VT<sub>1</sub> 为光电三极管，VT<sub>2</sub> 为晶体三极管，VT<sub>1</sub> 与 VT<sub>2</sub> 之间采用达林顿连接形式。

制作时，如图 8-122 所示刻制一块小电路板，VD 与 VT<sub>1</sub> 组成简单光电耦合器并焊入电路板，再将 VT<sub>2</sub> 焊入电路板，最后罩上一个外壳即可。

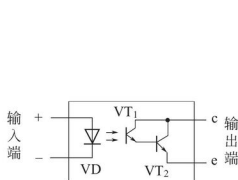


图 8-121 达林顿型光电耦合器电路

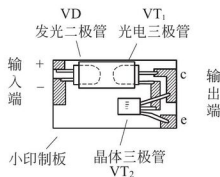


图 8-122 达林顿型光电耦合器结构

## 8.5.5 自制继电器

继电器也可以自制，我们这里主要讲讲干簧继电器和固体继电器的自制方法。

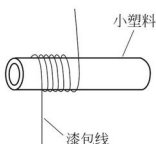


图 8-123 绕组继电器线包

### (1) 自制干簧继电器

首先取一段小塑料管，其内部直径比干簧管略大，其长度与干簧管玻璃体长度相当。如图 8-123 所示，用直径 0.1mm 的漆包线在小塑料管上密绕 1500~2000 圈作为继电器线包。

线包绕好后，用两根较粗的导线分别焊牢在两个线头上作为线包引出线。再将干簧管插入小塑料管内，如图 8-124 所示。

最后用环氧树脂将整个线包和干簧管封固成为一个整体，如图 8-125 所示，干簧继电器就制作完成了。干簧管两端的引线就是继电器接点引线。

干簧管接点具有多种形式，常用的有常开接点（继电器线包通电时闭合）、常闭接点（继电器线包通电时断开）、转换接点（平时 c 与 a 通，继电器线包通电时转换为 c 与 b 通），如图 8-126 所示。在线包内插入不同的干簧管，即可构成不同接点形式的继电器。

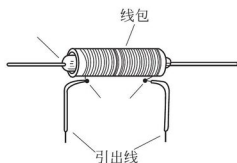


图 8-124 焊牢引出线

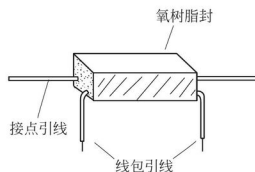


图 8-125 完成的干簧继电器

如将若干个干簧管包绕在线包内，如图 8-127 所示，即可构成多接点继电器。这若干个干簧管可以是相同的接点形式，也可以是不同的接点形式，可根据电路需要按需配制。

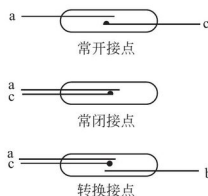


图 8-126 干簧管接点形式

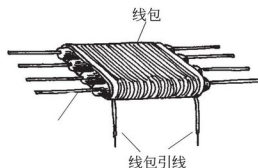


图 8-127 多接点干簧继电器

### (2) 自制直流型固体继电器

固体继电器分为直流型和交流型两类。直流型固体继电器电路如图 8-128 所示，IC 为光电耦合器， $R_1$  为输入端限流电阻， $VT_1$ 、 $VT_2$  组成复合管型输出控制元件， $VD_1$ 、 $VD_2$  分别为输入端、输出端的保护二极管。当固体继电器输入端（IN）加上直流电压时，其输出端（OUT）的“+”端与“-”端之间即导通，允许负载电流从“+”端流到“-”端。

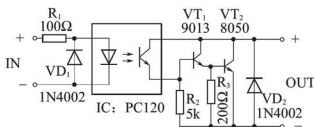


图 8-128 直流型固体继电器电路

制作时，如图 8-129 所示刻制一块电路板，将所有元器件全部焊入电路板。再用绝缘材料制作一个外壳，将电路板上的元器件罩起来。4 个固定安装孔和左右两侧的输入、输出接线端应留在外壳外面。外壳上应标明输入、输出各接线端的标志。制作完成的固体继电器外形如图 8-130 所示。

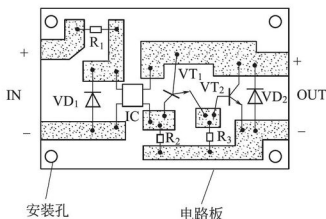


图 8-129 直流型固体继电器结构

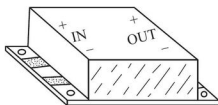


图 8-130 完成的直流型固体继电器

### (3) 自制直流型固体继电器

交流型固体继电器电路如图 8-131 所示。与交流型不同的是交流型固体继电器输出控制元件采用双向晶闸管  $VS_2$ 。桥式整流器  $VD_2 \sim VD_5$  为放大管  $VT_1$  和光电耦合器 IC 提供直流工作电源。

当固体继电器输入端 (IN) 加上直流电压时，其输出端 (OUT) 的两个引脚之间即导通，允许交流负载电流通过。如图 8-132 所示为交流型固体继电器的电路板。制成后应像直流型固体继电器一样罩上绝缘外壳。

## 8.5.6 自制电源变压器

自制交流 220V 单相电源变压器，可分为设计计算和具体绕制两个阶段进行。

### (1) 设计计算

首先确定电源变压器的功率。需要变压器次级绕组所提供的电压乘以电流就是该绕组的

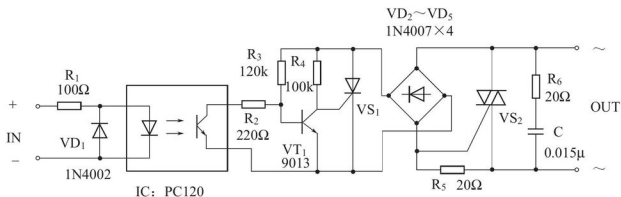


图 8-131 交流型固体继电器电路

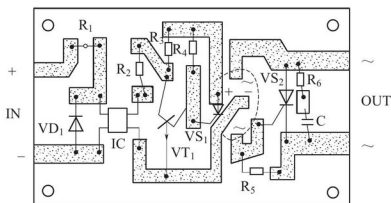


图 8-132 交流型固体继电器结构

功率，将所有次级绕组的功率加起来，再乘以 1.1（10% 作为变压器的损耗），即为整个变压器的功率。例如，需要变压器次级提供 6V、2A 和 12V、0.5A 两组电源，则变压器功率为  $P = (6 \times 2 + 12 \times 0.5) \times 1.1 \approx 20\text{W}$ 。

接着根据变压器的功率  $P$  来确定铁芯截面积  $S$  的大小，如图 8-133 所示。可按经验公式计算： $S = 1.25 \sqrt{P}$ （ $\text{cm}^2$ ）。例如，20W 电源变压器需要铁芯截面积为  $S = 1.25 \sqrt{20} = 5.6\text{cm}^2$ 。

第三步是计算每伏电压的圈数  $N_0$ 。经验公式为： $N_0 = \frac{45}{S}$ 。例如，上述 20W 变压器的每伏圈数  $N_0 = \frac{45}{5.6} = 8$  圈。

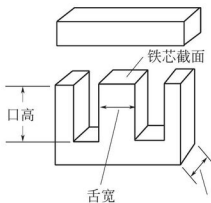


图 8-133 铁芯截面积的概念

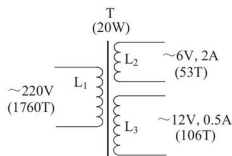


图 8-134 各绕组圈数

第四步是计算初、次级各绕组的圈数。初级绕组圈数用  $N_0$  乘以 220 即可。次级绕组圈数用  $N_0$  乘以电压再增加 10% 以弥补损耗。上例中初级绕组  $L_1$  为  $8 \times 220 = 1760$  圈，次级绕组  $L_2$  为  $8 \times 6 \times 1.1 \approx 53$  圈，次级绕组  $L_3$  为  $8 \times 12 \times 1.1 \approx 106$  圈，如图 8-134 所示。

第五步根据各绕组电流选取漆包线。上例中初级绕组  $L_1$  的电流  $I_1 = \frac{20W}{220V} \approx 0.09A$ ，考虑到留有一定的富裕量，可选用直径 0.23mm (34 号) 漆包线。次级绕组  $L_2$  的电流  $I_2 = 2A$ ，可选用直径 1.04mm (19 号) 漆包线。次级绕组  $L_3$  的电流  $I_3 = 0.5A$ ，可选用直径 0.51mm (25 号) 漆包线。

## (2) 具体绕制步骤

设计计算完成后，即可动手制作。首先如图 8-135 所示，用绝缘纸板制作一个线包框架，其下面侧板的两侧分别开有初、次级绕组的引线孔。

然后绕制初级绕组。将漆包线线头与引出线焊牢，焊点等裸露部分用绝缘纸包裹住，引出线从线包框架侧板的引线孔中穿出，如图 8-136 所示。绕制时漆包线应将线头引出线压住，并顺序整齐地层层平绕。初级绕组绕好后，其线尾也像线头一样连接好引出线。

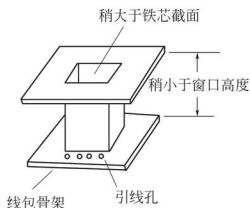


图 8-135 制作线包框架

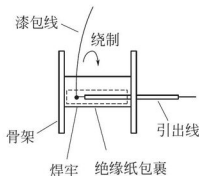


图 8-136 绕制初级绕组

在初级绕组外面包裹一层绝缘纸，如图 8-137 所示，然后在其上绕制次级绕组。由于次级绕组所用漆包线较粗，可以直接作为引出线。

所有绕组都绕制完成后，最外层应用绝缘纸包裹，并在两侧分别标明绕组的电压和电流，如图 8-138 所示。

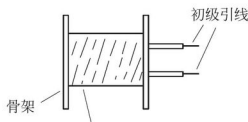


图 8-137 包裹绝缘纸

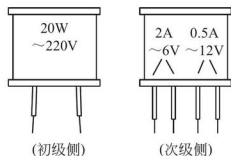


图 8-138 标注电压电流

接下来插入硅钢片铁芯。铁芯应采用交错插装法，即将“E”形硅钢片上下交错插入线包框架内，如图 8-139 所示。所有“E”形硅钢片插完后，再将“I”形硅钢片插入。

最后在铁芯外面装上铁皮制成的夹壳，电源变压器便基本制作好了，如图 8-140 所示为其外形。再经过浸漆、烘干等绝缘处理，这个电源变压器就可以使用了。

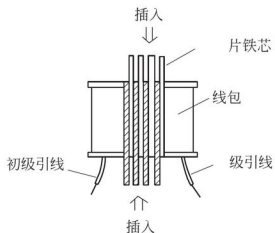


图 8-139 插入铁芯

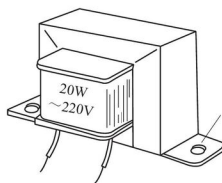


图 8-140 自制电源变压器

## 参 考 文 献

- [1] 门宏. 我是电子制作高手. 北京: 化学工业出版社, 2015.
- [2] 门宏. 晶闸管实用电路. 北京: 化学工业出版社, 2013.