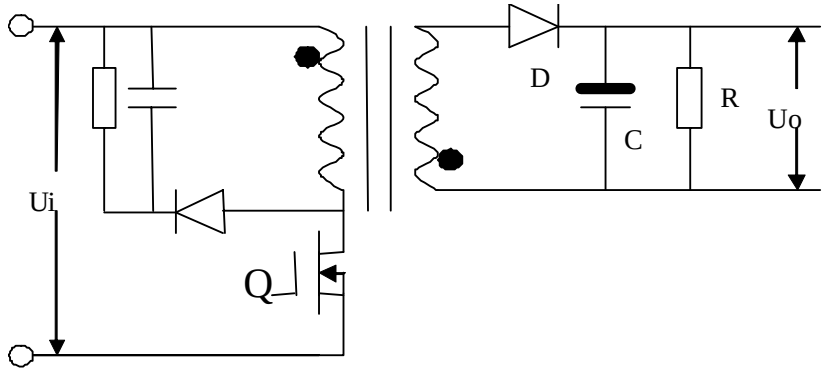

已知反激变压器工作条件和参数如下，请按要求设计变压器并完成关键元器件选型。

Uiac =85~265V　$Uo := 5V$　$Io := 2A$　$Po := Io \cdot Uo = 10\,W$　$Ucc := 22V$

$f := 100KHz$　$T := \frac{1}{f} = 1 \times 10^{-5}\,s$

$Dmax := 0.45$　$\eta := 0.8$

$\mu_0 := 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{H}{m}$

$Uimin := 85V \cdot \sqrt{2} - 30V = 90.208\,V$

$Uimax := 265V \cdot \sqrt{2} - 30V = 344.77\,V$

工作模式：DCM&CRM

解:断续时由伏秒平衡方程得：

$$Uimin \cdot Dmax \cdot T = Uo \cdot \Delta D \cdot T \cdot N$$

$$\frac{Uo}{Uimin} = \frac{Dmax}{\Delta D \cdot N}$$

$$Io = \frac{\Delta Io}{2T} \Delta D \cdot T = \frac{\Delta D}{2} \cdot \frac{Uo}{Ls} \cdot \Delta D \cdot T = \frac{\Delta D^2 Uo}{2Lsf}$$

$$Po = Uo \cdot Io = \left(\frac{Uimin \cdot Dmax}{\Delta D \cdot N} \right)^2 \cdot \frac{\Delta D^2}{2Ls \cdot f} = \frac{Uimin^2 Dmax^2 \eta}{2Ls \cdot f \cdot N^2}$$

$\therefore$　$Ls := \frac{Uimin^2 Dmax^2 \eta}{2Po \cdot f \cdot N^2}$

又由电感的定义得：　$\psi = N\Phi = LI$

$\therefore$　$\frac{Np\Phi}{Ns\Phi} = \frac{Lp \cdot Iqmax}{Ls \cdot Idmax}$

由安匝平衡方程得：　$H\zeta = NI = Np \cdot Iqmax = Ns \cdot Idmax$

$\therefore \quad \frac{Idmax}{Iqmax} = \frac{Np}{Ns} = N$

$\therefore \quad Lp := Ls \cdot N^2 = 659.14 \cdot \mu H \qquad Lp := 660 \mu H$ **(初级绕组感量为：660μH)**

令：低压重载时电路进入CRM模式： $\Delta D := 1 - Dmax = 0.55 \quad Ud := 0.5V \quad U\xi := 0.2V$

$N := \frac{Uimin \cdot Dmax}{(Uo + Ud + U\xi) \cdot \Delta D} = 12.949 \quad N := 13$ **（计算匝比 为13）**

$Ls := \frac{Lp}{N^2} = 3.905 \cdot \mu H$ **(次级绕组感量为：4μH)**

令： $Uleakage := 50V$

则： $Uqmax := Uimax + N \cdot Uo + Uleakage = 459.77\,V$

（可选500V耐压峰值电流为1A的开关管。）

$Udmax := Uo + \frac{Uimax}{N} = 31.521\,V$

（可选35V耐压峰值电流10A的快恢复二极管。）

$Iqmax := \frac{Uimin \cdot Dmax}{Lp \cdot f} = 0.615\,A$

$Idmax := N \cdot Iqmax = 7.996\,A$

令： $Resr := 0.5\Omega \qquad \Delta U := 0.1Uo = 500 \cdot mV$

$\Delta Q := \frac{Io \cdot Dmax}{f} = 9 \times 10^{-6} C$

$\therefore \quad Co := \frac{\Delta Q}{\Delta U} = 18 \cdot \mu F$ **（可选6.3V耐压22μF的电解电容）**

又由磁链方程得： $\psi = N \cdot Bmax \cdot Ae = L \cdot Imax = Umin \cdot Dmax \cdot T$

令： $Bmax := 0.3T \qquad Ku := 0.4 \qquad Kj := 4 \frac{A}{mm^2}$

$\therefore \quad Ae = \frac{Lp \cdot Iqmax}{Np \cdot Bmax} = \frac{Uimin \cdot Dmax}{Np \cdot Bmax \cdot f}$

根据能量守恒定律得： $Aw \cdot Ku \cdot Kj = Np \cdot Iqrms + Ns \cdot Isrms$

由安匝平衡方程得： $Np \cdot Iqrms = Ns \cdot Isrms$

$Aw \cdot Ku \cdot Kj = 2Np \cdot Iqrms = 2Np\, Iqmax \cdot \sqrt{\frac{D}{3}}$

$Aw = \frac{2Np \cdot Iqmax \cdot \sqrt{\frac{D}{3}}}{Ku \cdot Kj}$

$$AP = Ae \cdot Aw = \frac{Lp \cdot Iqmax}{Np \cdot Bmax} \cdot \frac{2Np \cdot Iqmax \cdot \sqrt{\frac{D}{3}}}{Ku \cdot Kj} = \frac{4Po \cdot \sqrt{\frac{D}{3}}}{\eta fKuKjBmax}$$

∴ $$AP := \frac{4Po \cdot \sqrt{\frac{Dmax}{3}}}{\eta \cdot f \cdot Ku \cdot Kj \cdot Bmax} = 0.04 \cdot cm^4$$

查磁芯手册初步选定磁芯EE13。AP=0.057cm^4 **（根据AP法选磁芯）**

$Ae := 17.10mm^2$ $Aw := 33.35mm^2$

即：满足绕组感量且在低压重载条件下使磁芯刚好不饱和最小初级绕组匝数为:

$Np := \frac{Uimin \cdot Dmax}{Bmax \cdot Ae \cdot f} = 79.13$ $Np := 80$ **(初步确认初级绕组匝数 :80)**

$Ns := \frac{Np}{N} = 6.154$ $Ns := 6$ **(初步确认次级绕组匝数 :6)**

$Nb := \frac{Ucc + Ud + U\xi}{Uo + Ud + U\xi} \cdot Ns = 23.89$ $Nb := 24$ **(初步确认辅助绕组匝数 :24)**

由安培环路定律得 ： $Np \cdot Iqmax = H\zeta$

$$\zeta := \frac{Np \cdot \mu_0}{Bmax} \frac{Np \cdot Bmax \cdot Ae}{Lp} = 0.208 \cdot mm$$ **（初步确认气隙大小为：0.2mm)**

重新核算占空比和最大磁通密度

当最低输入电压时： $Dmax := \frac{(Uo + Ud + U\xi)N}{Uimin + (Uo + Ud + U\xi)N} = 0.451$

$Bmax1 := \frac{Uimin \cdot Dmax}{Np \cdot Ae \cdot f} = 0.297\,T$

当最高输入电压时： $Dmin := \frac{(Uo + Ud + U\xi)N}{Uimax + (Uo + Ud + U\xi)N} = 0.177$

$Bmax2 := \frac{Uimax \cdot Dmin}{Np \cdot Ae \cdot f} = 0.446\,T$

∵ PC40材质磁芯在100℃时Bsat=0.39T>Bmax2=0.45T,此时磁芯饱和。

令： $Np := 120$ **(最终确认初级绕组匝数 :120)**

∴ $Bmax1 := \frac{Uimin \cdot Dmax}{Np \cdot Ae \cdot f} = 0.198\,T$

$Bmax2 := \frac{Uimax \cdot Dmin}{Np \cdot Ae \cdot f} = 0.297\,T$

$\zeta := \frac{Np \cdot \mu_0}{Bmax} \frac{Np \cdot Bmax \cdot Ae}{Lp} = 0.469 \cdot mm$ （最终确认气隙大小为：**0.47mm)**

$Ns := \frac{Np}{N} = 9.231$ $Ns := 9$ **(最终确认次级绕组匝数 :9)**

$Nb := \frac{Ucc + Ud + U\xi}{Uo + Ud + U\xi} \cdot Ns = 35.84$ **(最终确认辅助绕组匝数 :36)**

线径的计算 ：

在100℃，100KHZ时集肤深度为： $\Delta := \frac{76}{\sqrt{f}}$ $\Delta := 0.24mm$

$Iqrms := Iqmax \cdot \sqrt{\frac{Dmax}{3}} = 0.238\ A$

$Awi := \frac{Iqrms}{Kj} = 0.06\ mm^2$

$\phi i := 2\sqrt{\frac{Awi}{\pi}} = 0.276\ mm$ 令： $\phi i := 0.28$（确定初级绕组线径）

$Idrms := Idmax \cdot \sqrt{\frac{1 - Dmax}{3}} = 3.421\ A$

$Awo := \frac{Idrms}{Kj} = 0.855\ mm^2$

∵ $\phi o := 2\sqrt{\frac{Awo}{\pi}} = 1.043\ mm > 2\Delta = 0.48\ mm$

∴ 查表得次级采用直径为0.475mm的多股导线并绕以克服集肤效应

令： $\phi s := 0.475mm$

$Aws := \pi \cdot \left(\frac{\phi s}{2}\right)^2 = 0.177\ mm^2$ （确定次级绕组线径和股数）

导线股数为： $\lambda := \frac{Awo}{Aws} = 4.826$ $\lambda := 5$

辅助绕组线径的计算：

令： $Ibrms := 0.1A$

$Awb := \frac{Ibrms}{Kj} = 0.025\ mm^2$

$\phi b := 2\sqrt{\frac{Awb}{\pi}} = 0.178\ mm$ 令： $\phi b := 0.18mm$ （确定辅助绕组的线径）

参考资料：开关电源中的磁芯元器件（赵修科）

直流开关电源的软开关技术（阮新波）