

南京航空航天大学

第 1 页 (共 8 页)

二〇二〇 ~ 二〇二一 学年 第二学期 《电力电子技术 II》 考试试题

考试日期: 2021 年 8 月 25 日 试卷类型: A 试卷代号: 030046

		班号			学号			姓名			
题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	总分
得分											

本题分数	31
得分	

一、填空与不定项选择填空题(将答案完整填写在空格处。若打勾或者填写 ABCD 代码均得 0 分;若有在选择项的空格中出现一个或多个错误答案,或者少选了正确答案,该空格处均得 0 分。)

- 1、晶闸管使用英文符号_____来表示;一只晶闸管的引脚数目为_____,这些引脚分别使用英文字母符号_____来表示;晶闸管的电流定额采用_____ (通态平均电流、反向最大漏电流)来表示;晶闸管的电压定额采用_____ (断态重复峰值电压以及反向重复峰值电压的较小值、断态不重复峰值电压及反向不重复峰值电压的较小值)来表示;晶闸管开通一段时间并撤除驱动信号后,只要流过的电流小于_____ (浪涌电流、维持电流),就会关断。
- 2、一只功率二极管的引脚数目为_____,这些引脚中文名称分别为:_____ ;功率二极管的电流定额采用与_____ (不可控硅、可控硅)同样的定额方法。
- 3、关于功率晶体管、金属氧化物半导体场效应晶体管,在温度系数特性上,最容易并联使用的是_____,原因是这种半导体器件导通电阻的温度系数为_____ (正、不确定); MOSFET 工作中 u_{DS} 最低时位于 MOSFET 稳态输出特性的_____ (不安全工作区、可变电阻区)。BJT 工作中 u_{CE} 最低时位于 BJT 稳态输出特性的_____ (饱和区、不安全工作区)。
- 4、脉宽调制电路最主要的功能是:_____ (连续信号转变为离散信号、弱电信号转变为强电信号)。SG3525 系列集成 PWM 控制器中振荡器的功能是产生频率_____ (恒定、忽大忽小)的时钟脉冲信号和_____

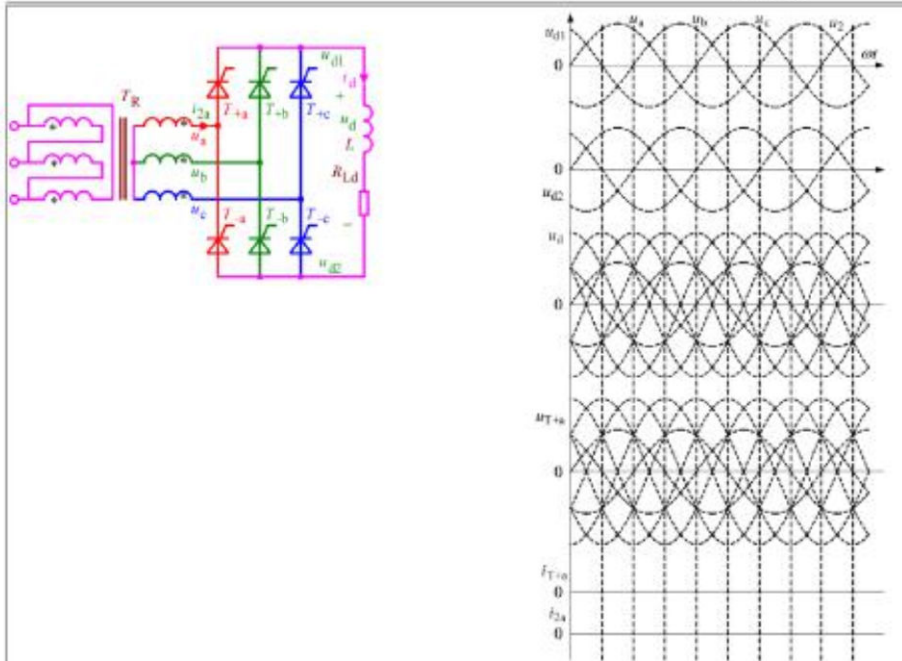
(锯齿波、不知名称的超越函数波)信号。

- 5、MOSFET 是_____ (变压器型控制器件、电压型控制器件)；驱动电路为实现电隔离可以采用的元器件包括_____ (光耦、磁耦、土耦)。
- 6、在有源逆变电路控制中，需要限制最小逆变角的原因是防止出现_____ (刹车失灵、逆变颠覆)状态；在三相半波有源逆变电路中，控制角为 95° 时，电路工作在_____ (逆变、回馈刹车制动)状态，此时逆变角为_____ (85° 、 365°)；下述电路中不可以用于有源逆变的电路有：_____
- (单相桥式半控整流电路、三相桥式半控整流电路、带续流二极管的三相桥式可控整流电路)。
- 7、换相过程中两相晶闸管同时导通的最主要原因是：_____ (变压器不工作了、变压器有漏抗)；由于两相晶闸管同时导通，输出整流电压的平均值与没有换相过程的理想状态的平均值相比会_____ (减小、变压器坏了无法确定)。
- 8、单端正激变换器必须提供磁复位电路的原因：从电路上看，必须为_____ (雷击放电电流、变压器励磁电流)提供流动的回路，并减小到_____ (与负载电流一样大的数值、0)。

本题分数	10
得分	

流大小。

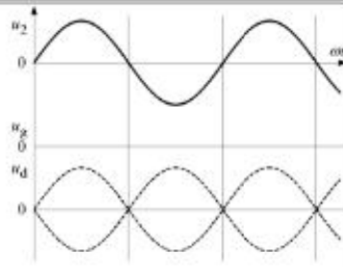
二、作图题：如图： L 足够大能保证电流连续；假设图中变压器副边交流电压 220V ，负载平均电流恒流 10A ， $\alpha=30^\circ$ 。在所给波形图中画出 u_{d1} 、 u_{d2} 、 u_d 、 i_{T1} 、 i_{T2} 、 i_{D1} 、 i_{D2} 波形，图中标出电压峰值大小、电



本题分数	12
得分	

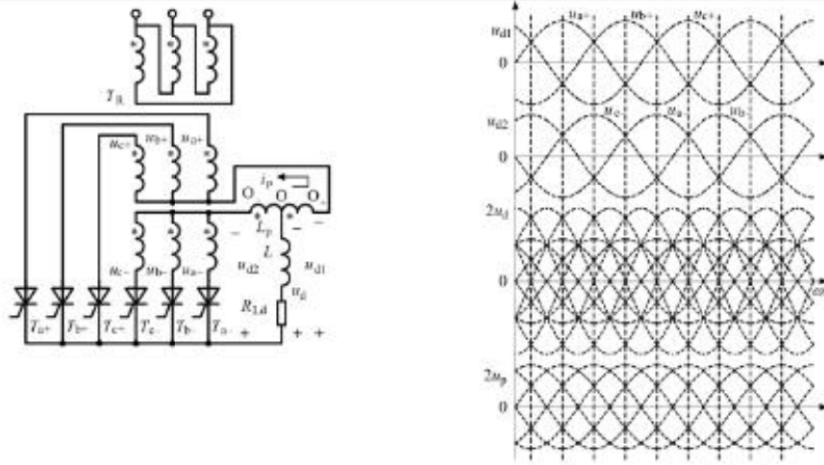
三、采用 Boost 变换器设计光伏逆变器所需的前级变换器。设光伏板输出电压 173~180V, 该电压是 Boost 变换器的输入, Boost 输出恒定为 400V, Boost 输出电流最大 5A, 最小 0.5A; 开关频率 100kHz。

设计 Boost 变换器全程工作在电感电流连续工作状态。①画出 Boost 变换器; ②计算占空比变化范围; ③选择最小电感量; ④在该电感量下计算并画出电感电流临界连续时开关管电压、电感电压、开关管电流、二极管电流波形、计算二极管电流有效值; ⑤选择开关管类型(BJT、MOSFET)。



本题分数	12
得分	

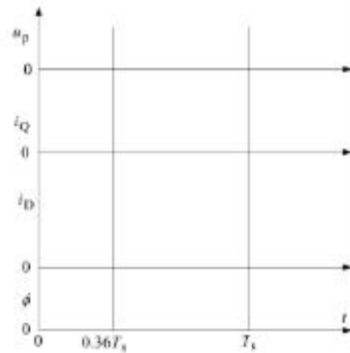
五、带平衡电抗器的双反星形相控整流电路, L_p 足够大, 保证两组三相半波电路并联供电; L 足够大, 保证输出电流连续。①画出 T_b 、 T_c 同时导通时的等效电路; ②在该等效电路工作期间, 推导输出整流电压 u_d 、平衡电抗器电压 u_p (平衡电抗器两边电压分别均为 u_p , 整个电压为 $2u_p$, 图中所示同名端为 u_p 电压参考正)、 $2u_d$ 、 $2u_p$ 的表达式; ③在图示波形中描画出 $\alpha=60^\circ$ 时 u_{d1} 、 u_{d2} 、 $2u_d$ 、 $2u_p$ 波形。



本题分数	12
得分	

六、采用反激变换器设计充电器。设铅酸电池电压最低 43V 最高 55V。变换器 $U_m=300V\pm 20\%$; U_o 跟随电池 43~55V; $I_{omax}=3.6A$, $I_{omin}=0.36A$; 开关频率 50kHz, $D_{ymax}=0.55$ 。①画出单端反激变换器; ②若工作在电感电流连续状态, 计算 D_{ymin} 。③为减小电感, 设计工作在电感电流断续状态, 根据临界电流表达式 $I_{o0}=(N_p/N_s) D_y (1-D_y) T_s U_m / (2L_p)$, 推导计算该变换器全程工作在电感电流断续状态的最大电

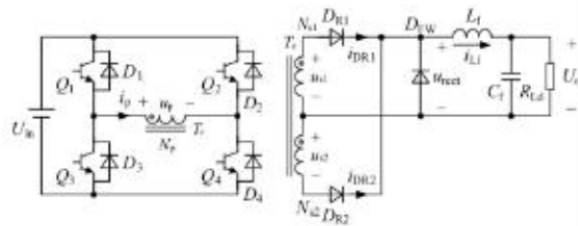
感量; ④根据该电感量, 画出 $U_m=330V$, $U_o=49.5V$, $D_s=0.36$ 时耦合电感原边电压、开关管电流、二极管电流波形, 计算并标出最大、最小值、 D_s 值; 画出耦合电感磁通波形, 计算并标出磁通最大、最小值的解析计算表达式即可, 计剩磁。

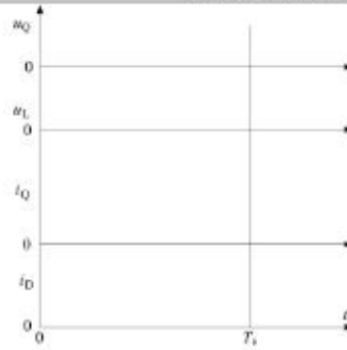


本题分数	10
得分	

七、如图: $U_m=300V \pm 20\%$, $U_o=28V$ 恒定, 输出功率最大 $560W$, 最小 $56W$, Q_1 、 Q_4 同时开通同时关断, Q_2 、 Q_3 同时开通同时关断;

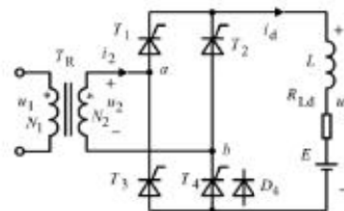
Q_1 与 Q_3 开通及关断的时刻相位相差 180° 。每只开关管的占空比均为 D_s , 开关频率 $100kHz$, $N_p:N_{s1}:N_{s2}=1:n:n$, $n=0.14$ 。①推导电感电流连续时的电压传输比 U_o/U_m , 计算占空比变化范围; ②计算保证整个工作范围内电感电流连续时所需的最小电感量。





本题分数	13
得分	

四、如图： L 足够大能保证电流连续； E 为 40V 。假设图中理想变压器原边交流电压 $220\text{V}\pm 20\%$ ，输出整流平均电压均可控制到 50V ；负载平均电流恒流 20A ， $\alpha_{\min}=30^\circ$ 。计算：①变压器匝比、 α_{\max} 、晶闸管电流有效值。②某天 T_4 损坏了，库房没晶闸管备件，但有些二极管。技术员小张就换了一只同规格的二极管 D_4 。当时的原边交流电压是 220V 。帮助小张计算为保证输出电压不变其它 3 只晶闸管所需的 α ；③画出换 D_4 后输出整流电压波形，计算并在图上标出 u_d 峰值、 α 大小、以及触发脉冲是给哪只晶闸管的。④小张的做法有什么问题吗？你有没有更好的方法？



一. 1. ① SCR

② 3个

③ A, K, G

④ 通态平均电流

⑤ 断态重复峰值电压及
反向重复峰值电压中较小的值

⑥ 维持电流

2. ① 2个

② 阳极 阴极

③ 可控硅

3. ① 金属氧化物半导体场效应晶体管

② 正

③ 可变电阻区

④ 饱和区

4. ① 连续信号转变为离散信号

② 恒压

③ 锯齿波

5. ① 电压型控制器件

② 光耦

6. ① 逆变颠覆

② 逆变

③ 81°

④ 单相桥式半控整流电路

三相桥式半控整流电路

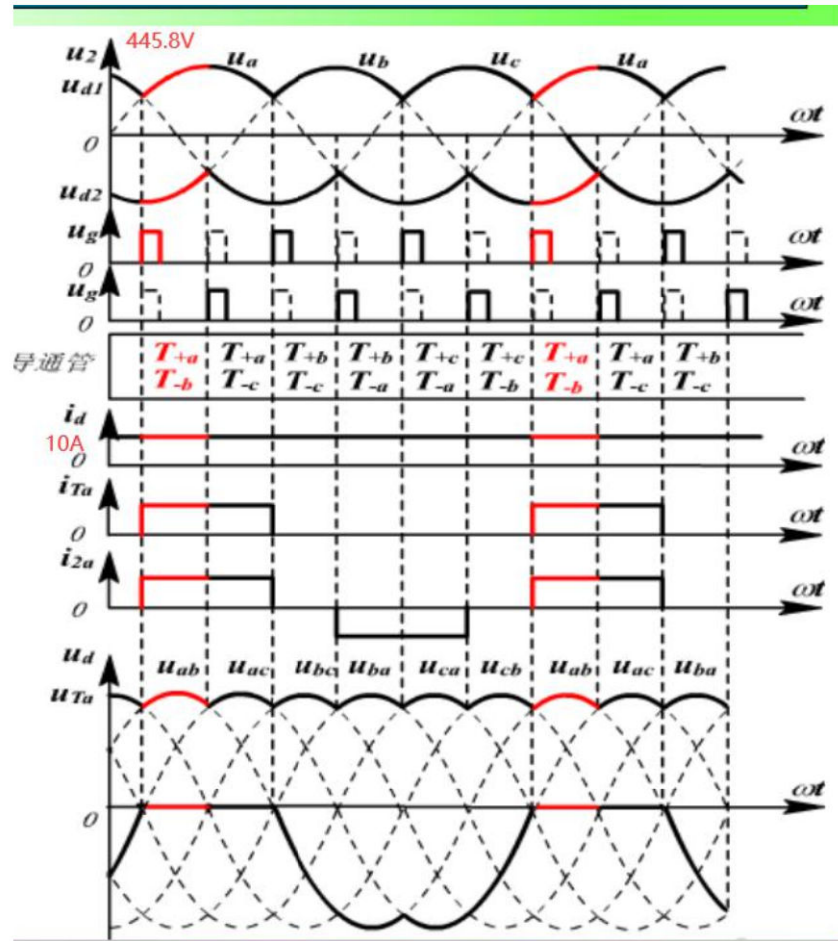
带续流二极管的三相半控整流电路

7. ① 变压器有漏抗

② 减小

8. ① 变压器励磁电流

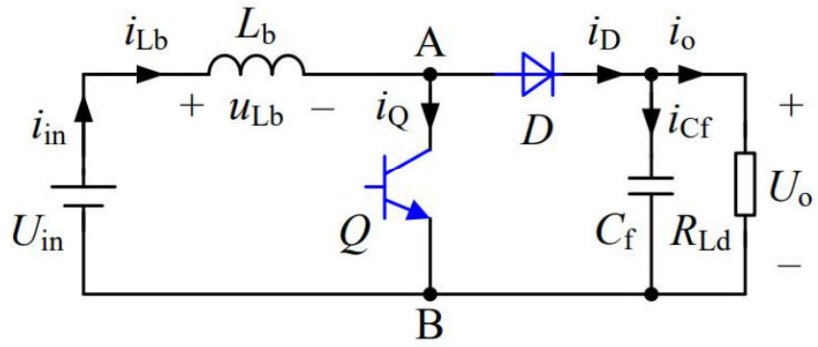
② 0



二

二 峰值电压 $U_d = 2.34 U_2 \cos \alpha$
 $= 2.34 \times 220V \times \cos 30^\circ$
 $= 445.8V$

电流 $I_d = 10A$



三 ② 改成下面的 .

已知 升压斩波电路

$$V_o = \frac{T}{T_{\text{off}}} V_{\text{in}} \\ = \frac{1}{1-D_y} V_{\text{in}}$$

$$V_{\text{in}} = 173 \sim 180 \text{ V}$$

$$V_o = 400 \text{ V}$$

$$\therefore D_y = 1 - \frac{V_{\text{in}}}{V_o}$$

$$D_{y_{\text{max}}} = 1 - \frac{V_{\text{in min}}}{V_o} = 1 - \frac{173}{400} = 0.57$$

$$D_{y_{\text{min}}} = 1 - \frac{V_{\text{in max}}}{V_o} = 1 - \frac{180}{400} = 0.55$$

占空比范围 $0.55 \sim 0.57$

三 ③ 用 I_{OG} 表示电流临界连续时的
输出电流 那么有

$$I_{OG} = \frac{1}{2} I_{LB \max} (T_s - T_{on}) \frac{1}{T_s} = \frac{D_y (1-D_y) T_s}{2L_b} V_{in}$$

$$\Delta I_{LB} = \frac{V_{in}}{L_b} D_y T_s$$

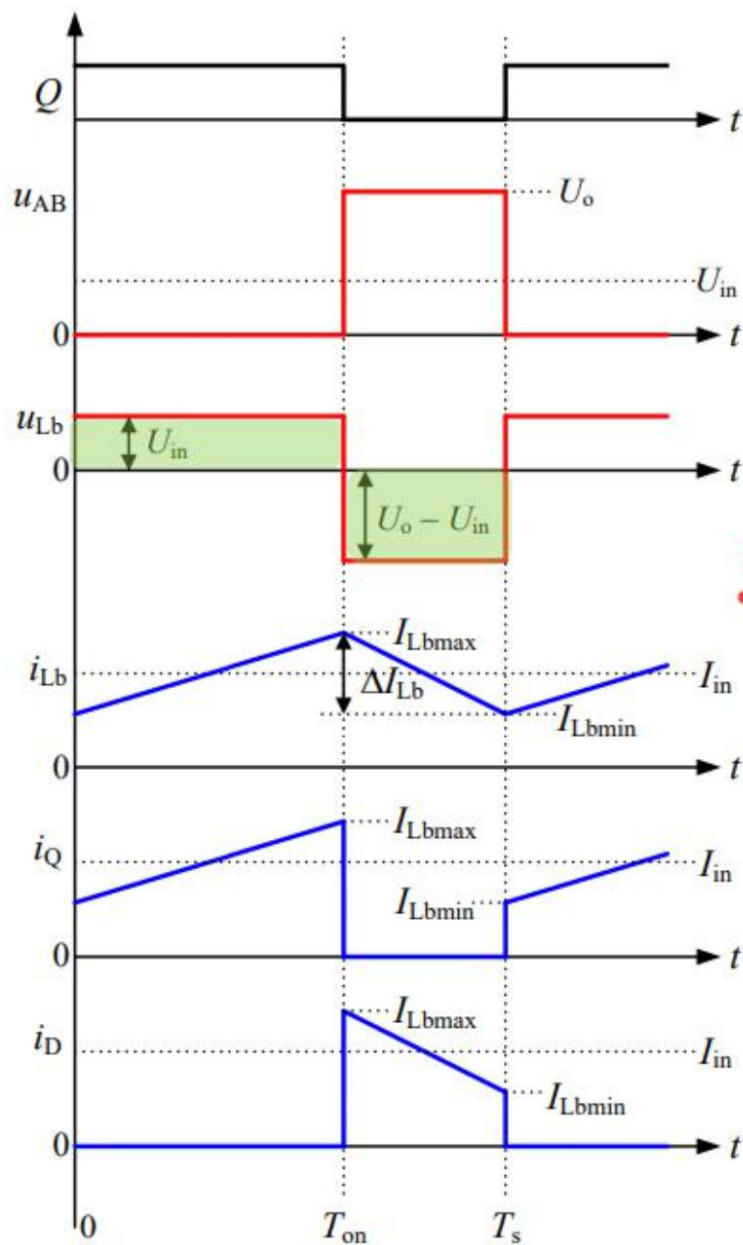
~~$$\Delta I_{LB} =$$~~

V_o 固定 $D_y = \frac{1}{2} \sim 1$ 范围内增加 L_b 减小

$\therefore D_{y \max}$ 时对应 $L_{b \min}$

$$L_{b \min} = \frac{V_o D_y (1-D_y)^2}{2 f_s I_{O \min}} = \frac{400 \times 0.57 (1-0.57)^2}{2 \times 100 \text{ kHz} \times 0.5}$$

$$= 0.42$$



\equiv (4)

三 ⑤ 选择 MOSFET
因为工作频率高

170

$$\textcircled{1} U_d = 0.9 U_2 \cos \alpha$$

$$50 = 0.9 U_2 \cos 30^\circ \Rightarrow U_2 = \frac{50}{0.9 \times \cos 30^\circ} = 64 \text{ V}$$

$$I_d = \frac{U_d - E}{R} = \frac{50 - 40}{R} = 20 \text{ A}$$

$$\therefore R = 0.5 \Omega$$

$$U_1 = 220 \text{ V} \pm 20\%$$

$$\therefore \text{变压器匝比 } \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{220 \text{ V}}{64 \text{ V}} = 3.44$$

~~当 U_1 min 时 U_2 有最小值~~

$$\text{当 } U_1 \text{ max} = 220 + 220 \times 20\% = 264 \text{ V 时}$$

U_2 有最大值 要使 $U_d = 50 \text{ V}$ 需要 α_{max}

$$U_{2\text{max}} = \frac{U_1}{N_2} \cdot U_{1\text{max}} = 3.44 \times 264 \text{ V} = 908 \text{ V}$$

$$U_d = 0.9 U_{2\text{max}} \cos \alpha_{\text{max}}$$

$$\cos \alpha_{\text{max}} = \frac{U_d}{0.9 U_{2\text{max}}} = \frac{50}{0.9 \times 908} = 0.06$$

$$\alpha_{\text{max}} = \arccos 0.06$$

四 ① 补充

晶闸管电流有效值

$$I_{dVT} = \frac{1}{2} I_d = \frac{1}{2} \times 20A = 10A$$

四 ② T_1 触发角 $\alpha_1 = 30^\circ$:

$$T_2, T_4 \text{ 触发角 } \pi + \alpha_1 = \pi + 30^\circ = 210^\circ$$

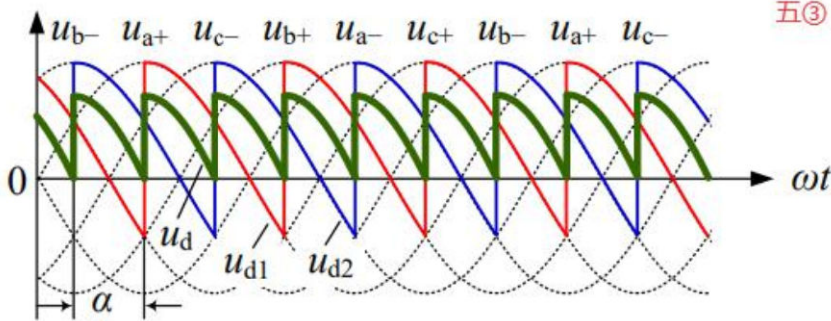
在触发 T_1 之后 210° 时再给 T_2, T_4 触发

四 ③ U_2 峰值

$$U_{2max} = \frac{N_1}{N_2} U_{1max} = 3.44 \times 264V = 908V$$

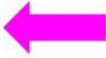
$\alpha = 30^\circ$, 给 T_1 触发

210° 后再给 T_2, T_4 触发



$$u_d = \frac{1}{2}(u_{d1} + u_{d2})$$

$$u_p = (u_{d1} - u_{d2})/2$$



$$u_d = u_{d1} - u_p$$

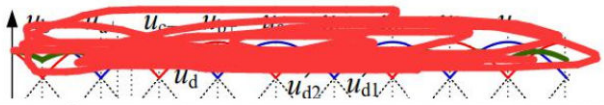
$$= u_{d2} + u_p$$



$$u_d = \frac{1}{2}(u_{d1} + u_{d2})$$

$$u_p = (u_{d1} - u_{d2})/2$$

五 (2)



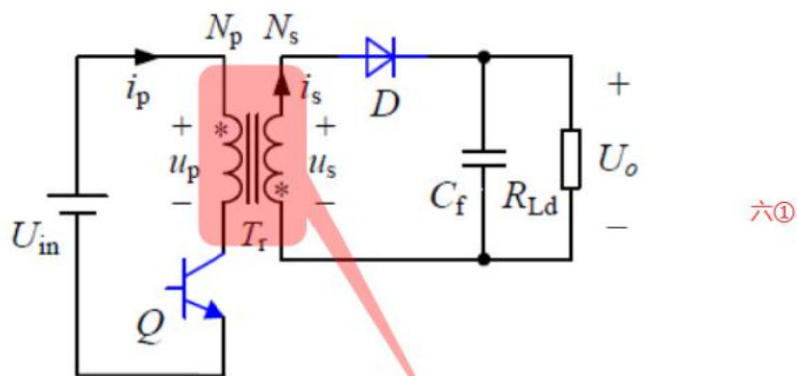
五 (2) 补充

$$v_d = \frac{1}{2}(v_{d1} + v_{d2})$$

$$2v_d = v_{d1} + v_{d2}$$

$$v_p = \frac{v_{d1} - v_{d2}}{2}$$

$$2v_p = v_{d1} - v_{d2}$$



解：为便于计算，取 P_{omax} 点临界连续，则 $P_o < P_{omax}$ 时断续、符合要求



在临界连续点有

$$I_{oG} = \frac{P_{omax}}{U_o} = 10 \text{ (A)}$$

$$I_{oG} = \frac{D_y(1-D_y)T_s}{2L_p} \frac{N_p}{N_s} U_{in} \quad (5.38)$$

$$\frac{U_o}{U_{in}} = \frac{N_s}{N_p} \frac{D_y}{1-D_y} \quad (5.26)$$

(5.26) 带入 (5.38) 以消去 U_{in} ，可得：

$$I_{oG} = \left(\frac{N_p}{N_s} \right)^2 \frac{(1-D_y)^2 T_s}{2L_p} U_o$$

带入 $N_p:N_s=10:1$ 并整理，得

$$L_p = \frac{(1-D_y)^2 \cdot 100 \cdot U_o}{2I_{oG} \cdot f_s}$$

六② 电流连续时

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{N_s}{N_p} \frac{D_y}{1-D_y}$$

当 D_y min 时 $\frac{V_o}{V_{in}}$ 有最大值

$$\therefore V_o \text{ 取 } V_{o\max} = 55V$$

$$V_{in} \text{ 取 } V_{in\min} = 300 - 300 \times 20\% = 240V$$

$$D_{y\min} = \frac{V_{oNP}}{N_s V_{in} + V_{oNP}} = \frac{55 N_p}{N_s \times 240 + 55 N_p}$$

t

$$\textcircled{1} \frac{V_o}{V_i} = \frac{N_2}{N_1} \frac{2t_{on}}{T}$$