

# 开关电源设计开发实践与创新思维课程报告

## ——交错串联电容分接 Buck 降压电路 ISC-TaB

第四组: 王浩瑞 蒋佳诚 曹广旭

电气工程及自动化学院

2020 年 10 月 20 日



# 提纲

提纲

背景

参考电路图

仿真电路图

电路原理

降压比计算

结论/思考

参考文献



# 背景

- 通讯、工业系统用电需要做到高低压隔离
  - DC/DC 变换器
  - 如何实现高降压比?
- Buck 电路及其拓扑
  - SC-Buck
  - Buck-Boost
  - **ISC-Buck**
    - 提出 ISC-Buck 拓扑结构实现 48V-3.3V 降压



# 参考电路图

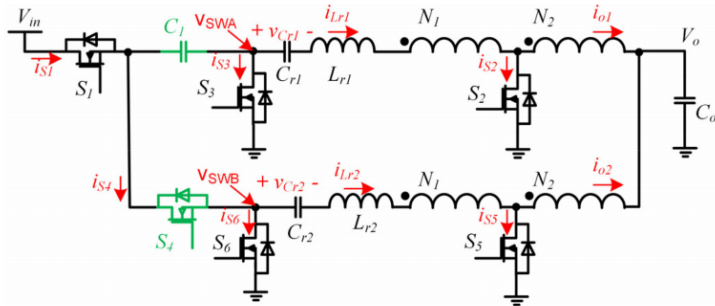


图: 参考电路图

- 使用了六个开关管  
MOS1-MOS6 **D 倍降压**
- 电路拓扑结构具有**对称性**  
phaseA, phaseB **两倍降压**
- 使用了变压器降压 **n:1 倍降压**
- LLC 软开关

# 仿真电路图

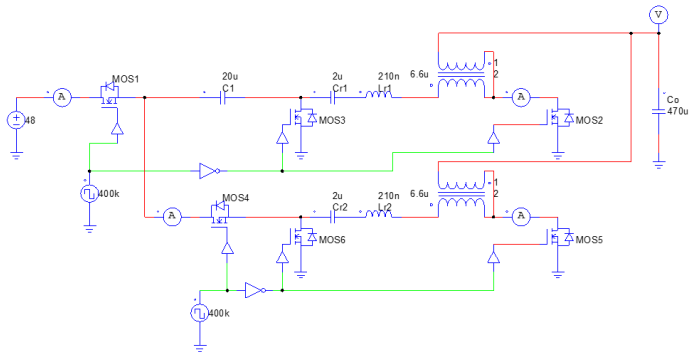


图: 仿真电路图

- 注意 MOS1-MOS6 的开关顺序和相位
- 注意  $L_r$  和  $L_m$  的选用
- 输出选用大容量电容

# 仿真电路图

Description	2ph SC-TaB	ISC-TaB
Resonant Inductor ( $L_{r1}=L_{r2}=L_r$ )	120 nH	210 nH
Resonant capacitor	2 $\mu$ F	2 $\mu$ F
Magnetizing Inductance ( $L_m$ )	2.2 uH	6.6 uH
Series capacitor ( $C_f$ )	N/A	2*10 uF
Power switches	$S_1/S_4/S_3/S_6$ :BSC072N08NS5 $S_2/S_5$ : BSC009NE2LS	$S_3/S_6$ : BSC035N04S $S_1/S_4$ : BSC072N08NS5 $S_2/S_5$ : BSC009NE2LS
Turns ratio ( $n$ )	5	2
Rated power( $P_{out}$ )	66 W	
Input voltage ( $V_{in}$ )	48 V	
Output voltage ( $V_o$ )	3.3 V	
Output current ( $I_o$ )	20 A	
Switching frequency( $f_s$ )	400 kHz	
Magnetic core	PC95ELT18	

图: 元件参数表

# 电路原理

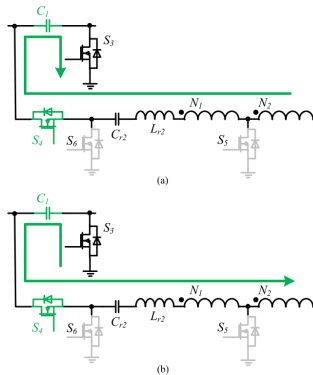


图: 电流流向 (开态)

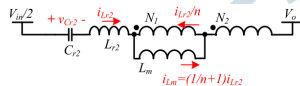


图: 电流大小关系 (开态)

# 电路原理

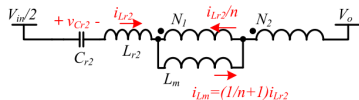
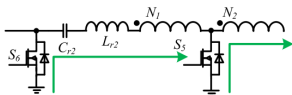


图: 电流大小关系 (开态)

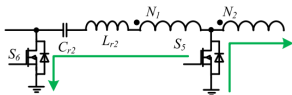
$$\begin{cases} \frac{V_{in}}{2} - V_o - v_{Cr2} = L_{r2} \frac{di_{Lr2}}{dt} + L_m \frac{di_{Lr2}}{dt} \frac{(n+1)^2}{n^2} \\ i_{Lr2} = C_{r2} \frac{dv_{Cr2}}{dt} \end{cases} \quad (1)$$



# 电路原理



(c)



(d)

图: 电流流向 (关态)

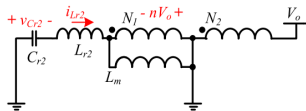


图: 电流大小关系 (关态)

# 电路原理

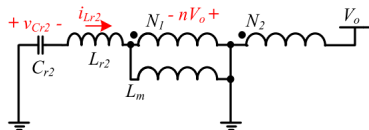
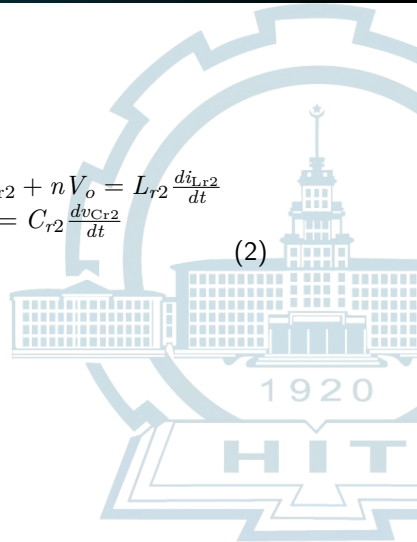


图: 电流大小关系 (关态)

$$\begin{cases} -v_{Cr2} + nV_o = L_{r2} \frac{di_{Lr2}}{dt} \\ i_{Lr2} = C_{r2} \frac{dv_{Cr2}}{dt} \end{cases} \quad (2)$$



# 降压比计算

- 谐振电感电压  $V_{Lr2}$

$$V_{Lr2} = \frac{\frac{V_{in}}{2} - V_o - V_{Cr2}}{1 + \frac{L_m}{L_{r2}} \cdot \frac{(n+1)^2}{n^2}} \quad (3)$$

- 变压器励磁电感电压  $V_{Lm}$

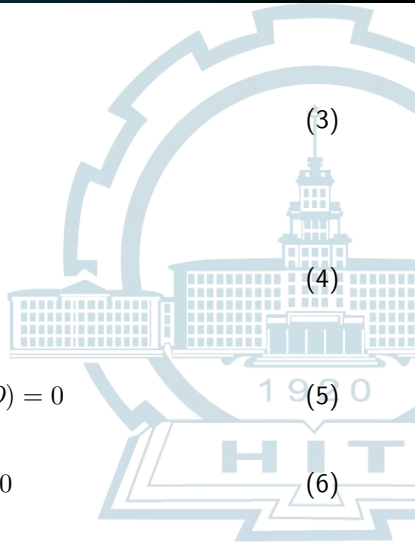
$$V_{Lm} = \frac{L_m}{L_{r2}} \cdot \left(1 + \frac{1}{n}\right) \cdot V_{Lr2} \quad (4)$$

- 伏秒平衡 (开态)

$$V_{Lr2} \cdot D + (-V_{Cr2} + nV_o) \cdot (1 - D) = 0 \quad (5)$$

- 伏秒平衡 (关态)

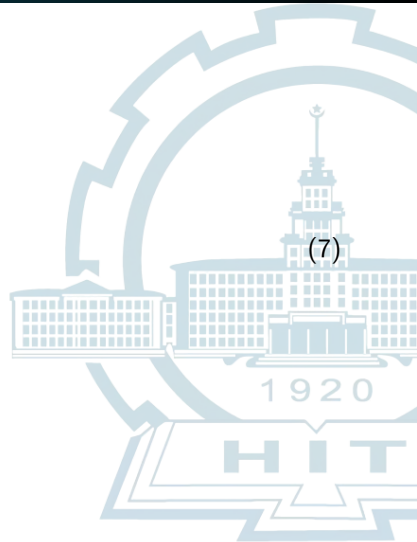
$$V_{Lm} \cdot D + (1 - D)(-nV_o) = 0 \quad (6)$$



# 降压比计算

- 降压比

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{D}{2 \cdot \left( n + 1 + \frac{L_r}{L_m} \cdot \frac{n^2}{n+1} \right)} \quad (7)$$



# 结论/思考



# 参考文献

-  Lanhua Zhang,Sombuddha Chakraborty *An Interleaved Series-Capacitor Tapped Buck Converter for High Step-Down DC/DC Application*, VOL.34,JULY,2019,IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS

