

# 反激式开关电源变压器的设计 (evdi 版)

个人感觉反激是入门也是最难的,理解考个人琢磨。

在论坛上方法也学到了不少,加上看了其他的一些文章把自己的看法上传给大家,希望大家指教。谢谢

Evdi 9.28

设计目标:  $V_{in}$  AC90-260  $V_o$  15v  $I_{omax}$  2A  $f$  100k

运行方式:  $I_{omax}$  ccm  $65\%I_{omax}$  dcm (这里为什么取 65% 见尾页)

这里我们设计得是工作于 CCM 和 DCM 得电路,所以我们应该考虑两个点:

1 负载最大时点  $I_{omax}$

2 DCM 与 CCm 的临界点,这时得  $I_o=65\%I_{omax}$

## 1 临界点

### 1. 1 计算匝比与最大占空比

这里有两种方法,其实实质都是一样只是在操作上有些不同,但都存在着一个共同点: 主观性.

#### 1. 1. 1 从 $V_{or}$ 着手

这里要分两步:

(1) 得出  $V_{or}$  取值

首先需要了解一下反激的原理,简单点说反激就是 buck-boost 电路和变压器的和体。 $V_{or}$  为反激电压,就是在 Mosfet 关断时,次级导通使初级感应得电压,这里是起到了承接两者的关系因此在设计时可以先考虑  $V_{or}$  的取值。

对于 buck-boost:  $V_{dc} * T_{on} = V_{or} * T_{off}$  Q-1

对于变压器匝比  $V_{or} * N_p = V_o * N_s$  Q-2

对于  $V_{or}$  的取值,对此总结如下:

这里要从 mosfet 关断时所受的电压应力着手考虑。当 mosfet 关断时

存在  $V_{or} + V_{dcmax} + V_{spike} + V_{margin} = V_{dss}$

选用  $V_{dss} = 600v_{mosfet}$

$V_{dcmax} = V_{imax} * 1.4 = 365v$

$V_{spike}$  大约 = 95v

$V_{margin}$  取 30-70v

得到  $V_{or}$  为 70-110v。其实我们这里选得值都时大约值,比如  $V_{dss}$  我们当然可以选择更大得耐压值,计算会导致  $V_{or}$  变大,但是我们有个前提就是  $V_{or}$  有一个限度这个限度是使  $D_{max}$  不能大于 50%。其实这里  $V_{or}$  是个考虑综合因素取得一个较为主观得值。

(2) 算出匝比和最大占空比

由 Q-2 式  $N_p/N_s = V_{or}/(V_o + V_f)$

当  $V_{or}$  为 70 时:  $N_p/N_s = 4.3$

当  $V_{or}$  为 110 时:  $N_p/N_s = 6.8$

这里我们取  $N_p/N_s = 5$ , 因为  $V_{or}$  取值一般小些比较好, 所以  $V_{or} = 80v$

由 Q-1 式当  $V_{dc}$  最小时,  $T_{on}$  肯定时最大, 所以

$D_{max} * V_{dcmin} = V_{or} * (1 - D_{max})$

这里  $V_{dcmin}$  我们取 100

算得  $D_{max} = 0.44$

1.1.2 绕过  $V_{or}$ , 直接先假设  $D_{max}$

一般利用经验取  $D_{max}$  为小于 0.5 得值，这里我们取 0.45。

由把 Q-2 带入 Q-1 削去 Vor:

而当  $V_{dc}$  最小时， $T_{on}$  最大

$$N_p/N_s = \frac{V_{dc}(\min)}{(V_o + V_f)} * \frac{D_{max}}{1 - D_{max}} = \frac{100}{15 + 1} * \frac{0.45}{1 - 0.45} = 5.11$$

这里我们取整数 5，由于  $N_p/N_s$  变化了，那么我们再吧  $N_p/N_s$  带入到 Q-1 式求得  $D_{max}=0.44$ 。

### 1. 2 计算 $L_p$ 和 $L_s$

由于是临界点负载电流

$$I_o = 65\% * I_{o\max} = 0.65 \times 2 = 1.3A$$

临界点满足 DCM 特点：可以得到负载尖峰电流

$$I_{spl} = 2I_o / (1 - D_{max}) = 4.64A \quad (I_{spl} \text{ 是临界点峰值电流})$$

再有  $V_o * (1 - D_{max}) / L_s = I_{spl}$  可以得到

$$L_s = 19.3\mu H$$

由  $L_p / L_s = (N_p / N_s)^2$  得到

$$L_p = 0.48mH$$

## 2 峰值点

由于峰值点工作于 CCM 状态， $I_o = 2A$  但是  $I_o$  中的交流分量没有变化，增加的 0.7A 是直流分量。

假设直流分量为  $\Delta I_o$  则：

$$\Delta I_o \times (1 - D_{max}) = 0.7 \text{ 得:}$$

$$\Delta I_o = 1.25A$$

此时得  $I_{spf} = \Delta I_o + I_{spl} = 1.25 + 4.64 = 5.89A$  ( $I_{spf}$  是峰值点峰值电流)

$$\text{原边 } I_{ppf} = I_{spf} / (N_p / N_s) = 5.89 / 5 = 1.178$$

## 3 $N_p$ 与 $N_s$ 的值

由以上所求的  $L_p$ ， $L_s$ ， $I_{ppf}$ ， $I_{spf}$  我们可以进行一下计算：

$$N_p = \frac{L_p * I_{ppf}}{B_m \Delta \phi} \text{ 计算出 } N_p$$

公式其实很简单我来给大家推倒一下：

由在  $D_{max}$  时初级最大电流  $I_{ppf}$  对应的是初级最大磁感应强度  $B_m$ ，那么  $N_p B_m \Delta \phi$  就是磁通  $\phi$  变化量，那么磁通变化量又等于  $U$  乘以时间变化量  $D_{max}$

$$\text{那么 } U D_{max} T / L_p = I_{ppf},$$

这样就可以得到上式。

而  $N_p = 5 N_s$  可以得到  $N_s$  值。对于变压器其他参数的选取如有效值气息等的这里就不介绍了能力有限。呵呵

## 4 小结

其他参数的计算书上也有现成的公式去套用，最后提醒下大家，尽信书不如无书。本人不是什么高手，高手一般都不露面的，我只是想把自己刚学的东西系统的串一下也希望对大家有些帮助。好多问题还要靠自己去理解，在这里特别感谢电源网的各位网友的热心解答。

(1) 对于最大占空比我说下自己的理解：一般计算占空比只是计算它的最大占空比，也就是所谓的电源工作最坏的情况下，其他情况的变化就可以依靠反馈控制调节占空比来满足了。一般反激占空比最好不要超过 0.5，一方面由于最大占空比加大导致正边感应电压  $V_{or}$  加大，而  $V_{or}$  加大又有两方面的缺点 1：导致 mosfet 管应力加大 2：导致匝比  $N$  加大使得变压器的漏感  $L_k$  加大。二方面由于占空比超过 0.5 有可能使系统不稳定，需要加上一个 slope compension。就是在 3842 从 4 脚引一个电阻到 3 脚或 2 脚。

(2) 对于 CCM 与 DCM，论坛上已经分析的非常清晰了，优缺点很明显，个人建议，负载大时要用 CCM 否则 DCM 会使  $I_{ppf}$  非常高导致的损耗也很高，DCM 时二极管 mosfet 管的电压应力与 CCM 相差不大，但是电流应力却是非常大的，导致的损耗也是比较大的，所以一般 CCM 效率时高于 DCM 的。

(3) 对于临界点为什么取  $65\%I_{omax}$ ，这里其实和  $KRP$  是一个道理， $KRP = \text{浮动电流} / \text{峰值电流}$ ， $KRP$  一般不能取小，因为这样的话传递能量会减小。这里是个平衡值，一般取  $KRP = 2/3$ ，所以  $(1/2 * I_{spl}) / (1/2 * I_{spl} + \Delta I_o) = 0.65$ 。所以临界点的电流为  $65\%I_{omax}$ 。