

* 文章编号:1000-5811(2011)04-0082-03

一种 Buck 电路的电磁兼容分析^Ⅱ

冯德虎¹, 史永胜², 赵慧荣²

(1. 陕西工业职业技术学院机电学院, 陕西 咸阳 712000; 2. 陕西科技大学电气与信息工程学院, 陕西 西安 710021)

摘 要:开关电源工作在几十 kHz 到 1 MHz 的开关频率,高频的通断状态下产生的电磁干扰(EMI)通过传输通道耦合到系统内外,对系统内外的敏感设备造成了危害,导致系统的电磁兼容性能下降.作者通过在 Saber 中建立开关电源 DC-DC 变换电路 Buck 电路的仿真模型,对各支路的电流信号进行了时域频域分析,研究发现了 DC-DC 变换电路的主要骚扰源和骚扰途径.此方法可在产品开发前期找出电路电磁骚扰源,降低电磁骚扰程度,减小研究开发成本.

关键词:开关电源;电磁兼容;Saber;DC-DC 变换电路

中图法分类号:TM15 **文献标识码:**A

0 引 言

开关电源用半导体功率器件作为开关,通过改变开/关的时间比来控制输出电压的大小,其基本构成如图 1 所示.在开关元件通断前后产生了大幅度的电压和电流跳变,因而会产生很大的电磁干扰.开关电源工作在几十 kHz 到 1 MHz 的开关频率,高频的通断状态下产生的电磁干扰(EMI)通过传输通道耦合到系统内外,对系统内外的敏感设备造成了危害,导致系统的电磁兼容性能下降.主要骚扰源的研究是实现电磁兼容设计的关键,在产品设计初期利用电子软件找到其主要骚扰途径,将干扰程度降低到最低,可大大缩短产品的设计周期.本文在 Saber 中建立了开关电源 DC-DC 变换电路 Buck 电路的仿真模型,研究了各支路电流的时域和频域特性,找出了其主要骚扰途径,实现了其 EMC 设计.

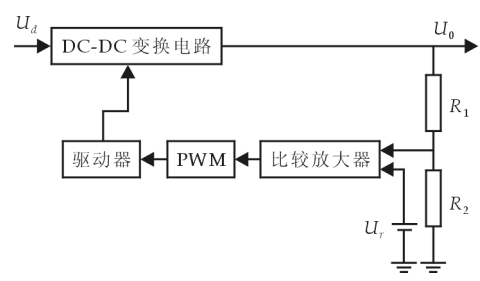


图 1 开关电源的基本构成

2 Buck 电路仿真

降压式(Buck)DC-DC 变换器是构成包括开关电源等电力电子装置的重要电路,本文研究的 Buck 等效电路如图 2 所示,以占空比 D 工作的脉冲信号和转换开关代替场效应管与二极管 D、电感 L、电容 C、电

1 Saber 软件介绍

Saber 仿真软件是美国 Analogy 公司开发的功能强大的电力电子系统仿真软件之一,可用于电子、电力电子、机电一体化、机械、水力、控制等领域的系统设计和仿真.

Saber 的分析功能是比较强的,主要有 5 种:(1)DC analysis(直流分析),用于计算设计的工作点;(2)Transient(瞬态分析),分析确定系统的时域响应;(3)AC(频响分析),分析系统随频率变化的响应特性;(4)Fourier 和 FFT(傅里叶和快速傅里叶变换

分析),将时域波形变换成频谱;(5)IFFT(反快速傅里叶变换分析),将频域波形变换成时域波形.

* 收稿日期:2011-04-14
作者简介:冯德虎(1962—),男,陕西省扶风县人,副教授,硕士,研究方向:机电一体化理论与应用

阻 R 组成 Buck 变换电路. 当开关管导通时, 有电流 $i_s = i_L$ 流过电感线圈 L , 在电感线圈未饱和前, 电流线性增加, 在负载 R 上流过电流 i_0 , 两端输出电压 V_0 , 极性为上正下负. 当 $i_s > i_0$ 时, 电容在充电状态, 这时二极管 D_1 承受反向电压. 经时间 DT_s 后 ($D = t_{on}/T_s$, t_{on} 为开关导通时间, T_s 为周期), 当开关管截止时, 线圈 L 中的磁场将改变线圈 L 两端的电压极性, 以保持其电流不变. 负载 R 两端的电压仍是上正下负. 在 $i_L < i_0$ 时电容处在放电状态, 有利于维持 i_0 、 V_0 不变, 此时续流二极管 D 承受正向偏压为电流 i_0 构成通路. 变换器输出电压 V_0 小于电源电压 U_s , 故为降压式变换器.

输入直流电源 U_i 设为 10 V, 脉冲信号源幅度 $U_s = 5$ V, 上升时间 $T_\mu = 0.1$ ns, 下降时间 $T_F = 0.1$ ns, 脉冲宽度 $P_w = 1$ ns, 周期 $P_{ER} = 2$ μ s.

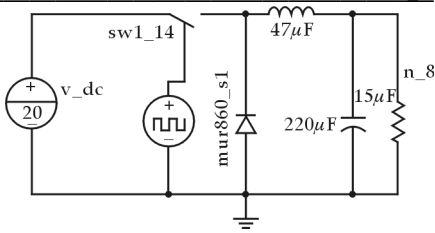


图 2 Buck 电路图

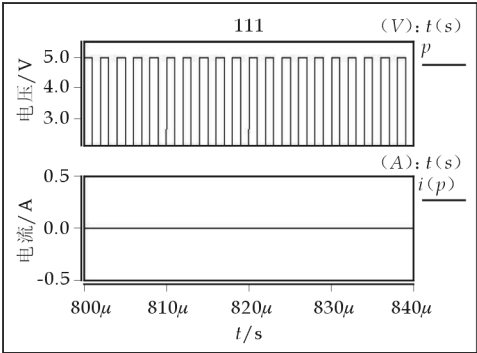


图 3 脉冲信号上的电压电流

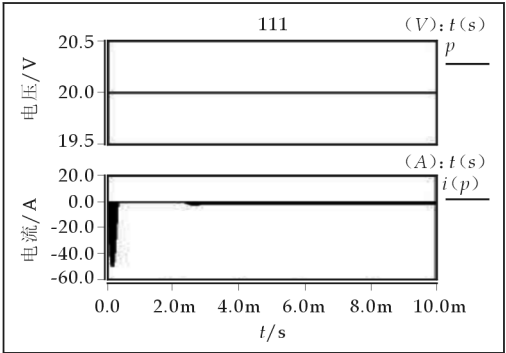


图 4 直流电源上的电压电流

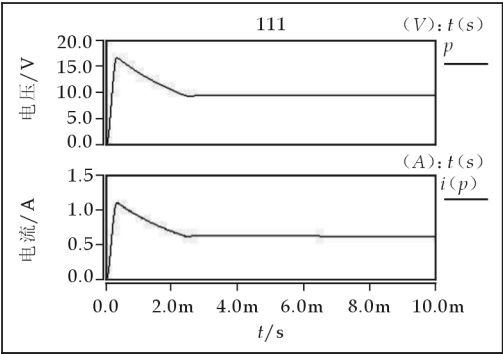


图 5(a) 电阻上的电流电压

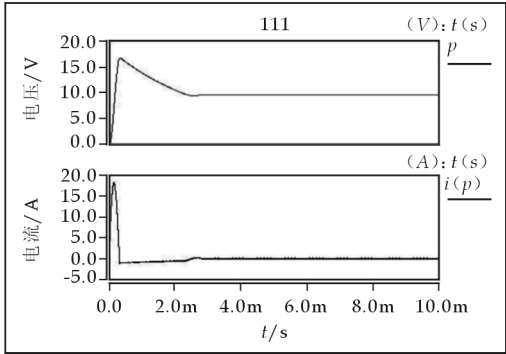


图 5(b) 电容上的电流电压

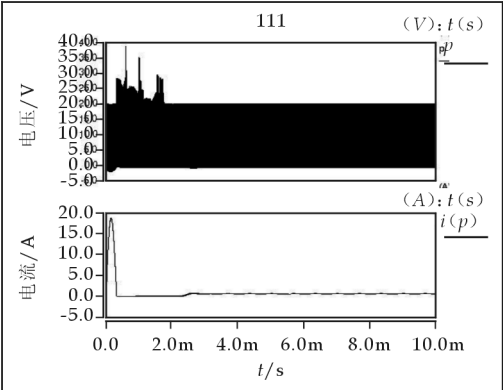


图 5(c) 电感上的电流电压

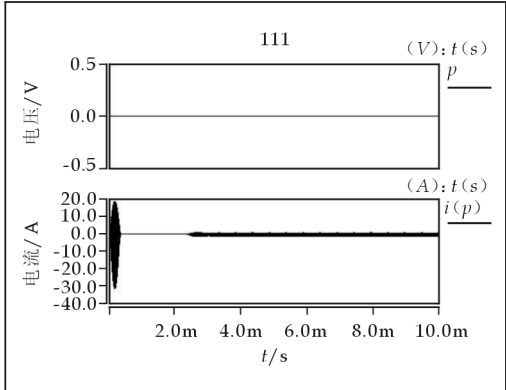


图 5(d) 二极管两端的电流电压

3 结果与分析

分析以上各支路的电流频谱可以得到以下结果(如图 3~图 5 所示):

(1)在降压式(Buck)DC-DC 变换电路导通瞬间,流经电感、电容、二极管的电流明显比流经电阻的电流大很多,在分析此电路的电流辐射场时,可以把电感、电容、二极管支路电流作为主要辐射源.

(2)电感、电容、二极管支路电流在时间 $t=153.06\ \mu\text{s}$ 时出现较大峰值.在相同的频率下,它们的电流幅值近似相等,可以认为它们在 $t=153.06\ \mu\text{s}$ 时刻组成了一个高频电流环路.

(3)电感、电容、二极管支路电流从时间 $t=326.81\ \mu\text{s}$ 开始在零值上下波动,电阻支路电流从时间 $t=2.397\ 3\ \text{ms}$ 在 $0.628\ 45\ \text{A}$ 左右波动,可以认为在时间 $t=326.81\ \mu\text{s}$ 后电路的主要骚扰源来自于电阻,而电阻中的电流仅有 $0.628\ 45\ \text{A}$,它带来的电磁骚扰可以忽略不计,因此我们在进行此电路的电磁兼容设计时主要考虑时间 $0\sim 326.81\ \mu\text{s}$ 的电磁干扰.

4 结束语

电子电路的 EMI 分析是一门边缘性的学科,涉及到的学科很广泛,值得深入研究的问题也很多.本文通过在 Saber 中建立 DC-DC 变换电路 Buck 电路的仿真模型,进行了支路电流信号的时域分析,发现了电路的主要骚扰源和骚扰途径,可在产品设计前将电磁骚扰程度降低到最低,降低产品的研发成本.

参 考 文 献

- [1] 龚尧尧,王子强,陈建明,等. 电子电路中的电磁兼容设计[J]. 电子科学,2010,(2):17-18.
- [2] 方清城,李先祥. 高频开关电源的 EMC 设计[J]. 现代电子技术,2009,(8):170-172.
- [3] 宋 烨. 开关电源电磁兼容技术的现状与解决方法[J]. 中国科技信息,2005,(14):42-44.
- [4] 张 聪,何 劲,张 慧. 浅论高频开关电源的电磁兼容控制技术[J]. 船电技术,2005,(3):18-20.
- [5] 周建春,李新民,徐国林,等. 高电磁兼容性新型母线排的设计[J]. 电子工程师,2008,(8):38-43.
- [6] 刘 捷,漆兰芬. 高频干扰对 PCB 电磁兼容性影响的仿真分析与 PCB 优化设计[J]. 电子质量,2006,(4):59-63.
- [7] 钱照明,袁义生. 开关电源 EMC 设计研究现状及发展[J]. 电子产品世界,2003,(7):51-54.
- [8] E. Q. A. Larsson, M. H. J. Bollen. Some consequences for the power grid of high densities of electronic equipment[R]. EMC on Site, Sweden.
- [9] Michael K. W. Wu, C. K. Tse, O. B. Peter Chan. Development of an integrated CAD tool for switching power supply design with EMC performance evaluation[J]. IEEE Transaction on Industry Applications,1998(2):364-373.

ANALYSIS THE ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF A BUCK CIRCUIT

FENG De-hu¹, SHI Yong-sheng², ZHAO Hui-rong²

(1. Institute of Mechanical Engineering, Shaanxi Polytechnic Institute, Xianyang 712000, China; 2. School of Electrical and Information Engineering, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: Switching power works between dozens of kHz and 1 MHz. The electromagnetic interference (EMI) can generate coupling with the system through the transmission channel, which may harm the sensitive equipments and decrease the electromagnetic compatibility of system. In this paper, a simulation model of switching power supply DC-DC buck converter circuit is established in Saber, and the current in every branch is analysed in time domain and frequency domain. From the study, the sources and ways of harassment can be found. This method can be utilized to find out the sources of electromagnetic interference in the prophase of product development, which can reduce the level of electromagnetic interference and the cost of research.

Key words: switch mode power supply; electromagnetic compatibility; Saber; DC-DC converter