

数控逆变器中的死区效应及补偿方法

李 娜

(黑龙江科技学院 电气与信息工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150027)

摘 要:详细分析数字 UPS 系统中死区对逆变输出波形影响,说明了死区对输出电压的影响与逆变器输出电流的方向相关,分析了单相全桥逆变器的工作原理,并从死区效应图及输出电压波形畸变中得出了死区对输出电压的几点影响,并给出了一种有效的补偿方法。

关键词:不间断电源; 数字控制; 死区

中图分类号: TN710

文献标识码: A

文章编号: 1008-8725(2007)05-0032-02

Dead-time Effect and a Compensating Method in Digitally Controlled UPS Inverter

LI Na

(College of Electric and Information Engineering, Heilongjiang Institute of Science and Technology, Harbin 150027, China)

Abstract: The influence of the dead-time on the output wave of inverter in a digital UPS is analyzed in detail. Meanwhile in order to illustrate vividly the influence of the dead-time on the output voltage of inverter has something with the way of the output current of inverter, and analyze the work principle of single phase full bridge inverter, also get some influences about the dead-time on the output voltage from the picture of the dead-time and distortion of output voltage wave. A effective compensating method is presented.

Key words: uninterruptible power supply; digital control; dead-time

0 引言

任何固态的电子开关器件都具有一定的开通和关断时间,对于确定的开关器件,其通断时间是不可能通过控制消除的,它必然会引起开关器件的状态与其控制信号状态的偏移。在桥式结构的 UPS 逆变器系统中,同一桥臂上的两个开关器件工作在互补状态。为防止器件在通断切换瞬时因关断管不能理想地关断而发生两开关“直通”短路故障,系统通常采用时间延迟的控制方法,切换时关断信号立即发出,而开通信号滞后关断信号一小段时间,保证“先关后开”。此时间段内,两开关均关断,形成一段控制死区。在模拟系统中,控制死区对输出的影响可由模拟调节器自动调节补偿,系统设计中一般可忽略它的影响。对现代数字系统设计来说,由于系统一般采用较高的开关频率(载波频率)和控制采样频率,死区效应的影响不可忽略。以下将分析它对输出的影响,并介绍一种补偿方法^[1]。

1 死区效应分析

在全桥结构逆变器中采用倍频单极性 SPWM 调

压方法,每一桥臂的上、下管互补导通。考虑到主开关器件有一个关断时间,为了防止同一桥臂的两只开关管同时导通造成短路,必须人为地设置控制死区,即在上、下管切换时关断信号立即给出,而开通信号滞后关断信号一段时间才给出。死区时间的长短一般根据主开关器件的开通、关断时间而变化。控制死区的设置有助于全桥逆变器安全可靠的运行,然而也给输出电压的波形质量带来了负面影响,有时需要采取措施,死区对输出电压的影响是与逆变器输出电流的方向直接相关的,为了说明它们之间的关系,画单相全桥逆变器如图 1 所示。

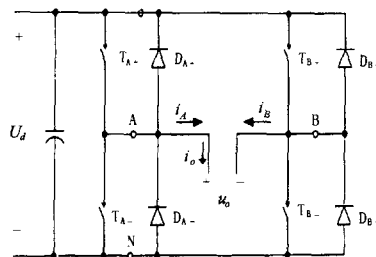


图 1 单相全桥逆变器

为了简单起见,先分析左边一个桥臂,在死区发生期间,若 $i_A > 0$,则电流流经二极管 D_{A-} , $u_{AN} = 0$;

收稿日期:2007-02-04;修订日期:2007-03-09

作者简介:李娜(1980-),女,吉林省吉林人,助教,硕士,2004年毕业于黑龙江科技学院自动化系,研究方向:开关电源, Tel: 0451-81909172。

若 $i_A < 0$, 则电流流经二极管 D_A+ , $u_{AN} = U_d$ 。右边的桥臂情况与此类似, 考虑到 $i_A = -i_B = i_0$, 当 $i_A > 0$ 时, 在一个开关周期内, u_{AN} 的高电平占用时间与理想条件下相比减少了一个死区时间, 理想条件下相比却增加了一个死区时间; 当 $i_A < 0$ 时, 而 u_{BN} 的高电平占用时间与电平占用时间与理想条件下相比增加了一个死区时间, 而 u_{BN} 的高电平占用时间与理想条件下相比却减少了一个死区时间^[2]。设开关周期为 T_s , 死区时间为 T_d , 那么由于死区效应给 u_{AN} 和 u_{BN} 造成的平均误差为:

$$\text{当 } i_A > 0 \text{ 时 } \Delta u_{AN} = T_d / T_s \times U_d$$

$$\Delta u_{BN} = -T_d / T_s \times U_d$$

或当 $i_A < 0$ 时

$$\Delta u_{AN} = -T_d / T_s \times U_d$$

$$\Delta u_{BN} = T_d / T_s \times U_d$$

而逆变桥的输出电压 $u_o = u_{AN} - u_{BN}$, 所以有:

当 $i_A > 0$ 时

$$\Delta u_o = \Delta u_{AN} - \Delta u_{BN}$$

或当 $i_A < 0$ 时

$$\Delta u_o = \Delta u_{AN} - \Delta u_{BN}$$

死区效应可以从图 2 直观地看出:

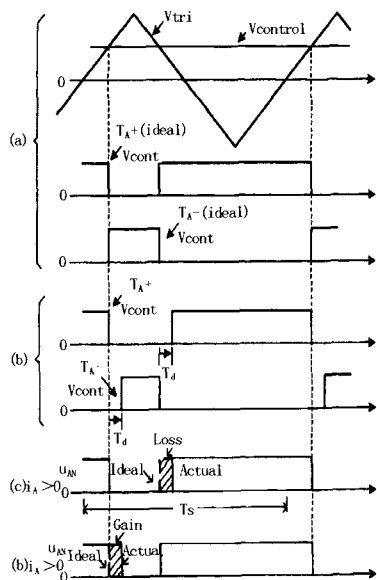


图 2 死区效应

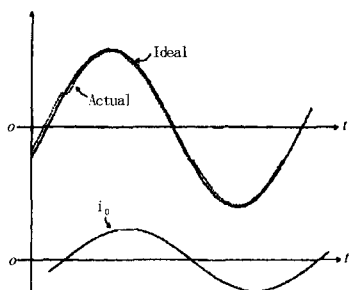


图 3 死区造成的输出电压波形畸变

综上所述死区对逆变器输出电压的影响可概括

如下:

- (1) 死区效应与开关频率、死区时间、系统调制度以及负载功率因数有关;
- (2) 开关频率越高、死区时间越大、系统调制度越低、负载功率因数越高, 则死区效应越明显;
- (3) 死区效应可导致逆变器输出电压基波相位发生偏移。

2 死区效应的补偿

因为死区效应由逆变桥的输出电流方向决定, 要对死区效应进行补偿, 就必须知道输出电流的方向。对于带 LC 输出滤波电路的逆变器, 电感电流就是桥臂输出电流, 死区效应的补偿可根据电感电流的方向进行。对于 SPWM 逆变器, 开关管的控制脉冲是由参考三角波和调制波比较获得的, 采用 DSP 实现数字 SPWM 的具体方法则越失真, 使其总的谐波畸变 THD 大大增加。死区效应的补偿可以根据电感电流方向调整 CMPRx 的值来实现^[4]。

具体方法如图 4 所示, 图中左半部分表明输出电流 $i_o > 0$ 时的补偿方法, 右半部分表示 $i_o < 0$ 时的补偿方法。(a) 为理想条件下的开关管 T_A+ 的控制脉冲。(b) 为未作补偿时的有效控制脉冲 (相当于 u_{AN} 波形), 由图可知: 当 $i_o > 0$ 时, 有效控制脉冲的上升沿滞后理想控制脉冲上升沿一个死区时间, 造成阴影部分的高电平丢失; 当 $i_o < 0$ 时, 有效控制脉冲的下降沿滞后理想控制脉冲下降沿一个死区时间, 额外多出阴影部分的高电平部分。(c) 为加了补偿的控制脉冲, 当输出电流 $i_o > 0$ 时, 在比较寄存器 CMPRx 值的原有基础上增加一个修正量, 使控制脉冲增加一个死区时间; 当输出电流 $i_o < 0$ 时, 在比较寄存器 CMPRx 值的原有基础减去一个修正量, 使控制脉冲减少一个死区时间。(d) 为经过补偿后的有效控制脉冲, 与理想控制脉冲相比, 它的占空比不变, 只是在相位上延迟了半个死区时间^[3]。

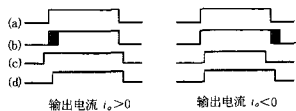


图 4 死区效应的补偿

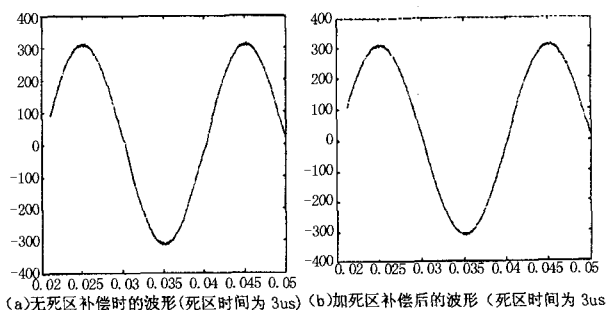


图 5 逆变器输出电压波形比较

基于 DSP 的 TSC 动态无功补偿装置的研究

徐浩东¹, 张 伟²

(1. 上海大屯能源股份有限公司 拓特厂, 江苏 徐州 221611; 2. 江苏徐州大屯工程咨询有限公司, 江苏 徐州 221611)

摘 要:介绍了一种新型 TSC 动态无功补偿装置,该装置以 TMS320LF2407A 作为控制器的核心,以电流互感器、电压互感器为采样装置,运用快速傅里叶变换准确检测电网中的各项参数。投切电容以电力系统所需的无功功率为控制量,以固态继电器为投切开关,三相共补与分补相结合,实现对三相不对称冲击负荷的快速响应,可以有效地防止无功过补偿和电容投切时造成电网震荡。

关键词:无功补偿; 交流采样; 快速傅里叶变换; DSP

中图分类号: TM5

文献标识码: A

文章编号: 1008 - 8725(2007)05 - 0034 - 03

Research and Application of TSC Type Dynamic Reactive Power Compensation Device Based on DSP

XÜ Hao - dong¹, ZHANG Wei²

(1. Shanghai Datun Eneogy Co. Ltd, Xuzhou 221611, China; 2. Jiangsu Xuzhou Datun Engineering Advisory Co. Ltd, Xuzhou 221611, China)

Abstract: TSC type dynamic reactive power compensation device based on DSP is introduced in this paper. The device adopts fix - point DSP TMS320LF2407A as the core of the controller. The factors of power system are measured accurately by fast fourier transform. Capacitor switching by SSR depends on the var needed for each phase. Three - phase compensation and phase - splitting compensation is combined. The device responds rapidly to percussive load of three unbalanced phases. It can prevent over - compensation effectively and withhold switching oscillation.

Key words: reactive power compensation; AC sampling; FFT; DSP

0 引言

近年来,随着大量电力电子装置和非线性设备在工业领域的广泛应用,使得电网和电流的波形发生畸变,电能质量日益恶化。而处于最末端的配电网功率因数往往很低,造成很大的有功功率的损失,所以补偿低压无功负荷,不但可以减轻上一级电网的压力,而且可以提高电力变压器的利用率,改善用户功率因数和电压质量,并可有效降低线损。

本文所介绍的 TSC 动态无功补偿装置采用 TI 公司的 TMS320LF2407A 作为控制器的核心,采用锁

相倍频硬件同步和快速傅里叶变换,对三相电压、电流、有功功率、无功功率、功率因数、谐波电压和谐波电流进行实时监测。实际电网中三相负荷是不平衡的,电容补偿以各相所需的无功功率作为投切控制量,三相共补和分补相结合,并配以多种保护,以实现电网无功功率的动态补偿。

1 硬件电路设计

该装置的硬件电路主要由检测、控制、执行和电源 4 个部分组成。检测部分对电网参数进行实时检测,并将检测信号转换成 DSP 可以处理的信号;控制

3 结论

利用上面的补偿方法,用 MATLAB 进行仿真,得到带载条件下死区效应补偿前后的逆变器输出电压波形如图 5 所示。通过比较可以看出:对死区效应进行补偿后,逆变器输出电压波形有了较明显的改善^[5]。

参考文献:

[1] 周志敏. UPS 实用技术—应用与维护[M]. 北京:人民邮电出版社, 2003.

版社, 2003.

[2] 张劲松,等. 基于 DSP 的全数字化单相在线式 UPS 的设计[J]. 电力电子技术, 2001, 35(3): 56 - 58.

[3] 林渭勋. 现代电力电子电路[M]. 杭州:浙江大学出版社, 2002.

[4] 刘亚东,等. 采用死区补偿和输出电流补偿的数控 UPS 逆变器[J]. 清华大学学报, 2006, 46(1): 17 - 20.

[5] 林新春,等. UPS 逆变电源波形补偿技术研究[J]. 电气传动, 2002, 6.

收稿日期: 2007 - 02 - 10; 修订日期: 2007 - 03 - 20

作者简介: 徐浩东(1968 -), 男, 江苏沛县人, 工程师, 现在上海大屯能源股份有限公司拓特厂技术科从事煤矿机电设备的设计及维修工作, Tel: 0516 - 89014433.