

基于单周控制的三电平 三相四线制有源电力滤波器

雷 鹏,周 林,周 莉,万蕴杰,张 海,夏 雪

(重庆大学 电气工程学院 高电压与电工新技术教育部重点实验室,重庆 400044)

摘要: 针对电力工业三相四线制系统的零线电流、谐波、无功功率和三相不平衡问题,以及高电压、大容量有源电力滤波器 APF(Active Power Filter)控制方案复杂的问题,提出一种单周控制的三电平三相四线制 APF,其产生的补偿电流与负载的有害电流分量大小相等、方向相反,从而使得经该 APF 补偿后,电源电流只含有负载电流的基波有功分量。主电路采用三相三桥臂结构的三电平二极管箝位变换器,既无需升、降压变压器,也无需动态均压电路;控制策略采用单周控制,其兼有调制和控制的双重性,控制器结构简单,具有控制精度高、补偿效果好,滤波器工作于恒定开关频率的特点,适合推广到工业应用。在建立数学模型的基础上进行了仿真研究,仿真结果证明其能有效地补偿系统谐波、零序和无功电流,从而提高输电线功率因数和传输效率。

关键词: 三电平; 三相四线制; 有源电力滤波器; 单周控制

中图分类号: TM 761; TN 713⁺.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-6047(2007)01-0026-05

0 引言

有源电力滤波器 APF(Active Power Filter)是用于抑制谐波、补偿无功的有效手段之一。在电力工业中,由于三相四线制系统在工厂供电、民用住宅和城市供电等电力系统中广泛应用,其中的零线电流、谐波、无功功率和三相不平衡问题越来越引起人们的重视,而三相四线制 APF 可以对以上情况进行有效的补偿。

近年来,在电力电子技术领域中,为了实现高电压大功率变换,在现有功率器件水平没有本质突破的情况下,一种通过变换器自身拓扑结构的改进,达到既无需升、降压变压器,又无需均压电路的“多电平变换器”应运而生。这种变换器每个功率器件仅仅承受 $1/(n-1)$ 的母线电压(n 为电平数),可以用低耐压器件实现高压大功率输出,且无需动态均压电路;由于增加了输出电平数,从而改善了输出电压波形,减小了输出电压波形畸变;开关频率低、开关损耗小、效率高。目前,国内外已有将多电平变换器成功地运用于功率因数校正器^[1]、静态无功补偿器^[2]等领域,但对于将多电平变换器运用于 APF 的研究相对而言还比较少^[3]。

单周控制法作为一种非线性控制法,其基本思想是:控制开关占空比,使在每个周期内开关变量的平均值与控制参考信号相等或成一定比例,从而消

除稳态和瞬态误差。在近年来的研究中,单周控制理论已成功运用到 DC-DC 变换^[4]、功率因数校正^[5]、单相 APF^[6]、三相 APF^[7-12]和三电平三相三线制 APF^[13]中。本文提出一种单周控制的三电平三相四线制 APF,理论分析和仿真结果证实,其能有效地补偿三相四线制系统中系统谐波、零序和无功电流,从而提高输电线功率因数和传输效率。

1 单周控制的三电平三相四线制 APF

根据三相四线制 APF 对零序电流补偿方式的不同,电路拓扑结构可分为三桥臂逆变器和四桥臂逆变器 2 种。四桥臂逆变器专门用一对桥臂对零线电流进行补偿,整个系统可以看作四相补偿装置。而采用三桥臂逆变器结构,逆变器直流侧中点直接与零线相连。本文讨论的主电路为三桥臂逆变器的三电平三相四线制 APF。

图 1 所示为采用单周控制的三电平三桥臂三相四线制 APF,主电路是三相二极管箝位型三电平桥式逆变器,对三相四线制系统进行补偿。由图 1 可知,三电平三桥臂三相四线制 APF 对零线电流的补偿被分割于三相补偿电流之中,没有单独的零线电流补偿支路。以 A 相为例,A 相桥臂上的 4 个 IGBT 开关管从上至下分别为 $V_{IG,a1}$ 、 $V_{IG,a2}$ 、 $V_{IG,a3}$ 、 $V_{IG,a4}$,其中, Q_{a1} 、 Q_{a2} 、 Q_{a3} 、 Q_{a4} 分别为开关 $V_{IG,a1}$ 、 $V_{IG,a2}$ 、 $V_{IG,a3}$ 、 $V_{IG,a4}$ 的触发信号,B、C 两相同理。

忽略开关器件的损耗、吸收电路以及电路的换流过程,可得到如图 2 所示的等效开关模型。

现定义三相的开关函数分别为 S_A 、 S_B 、 S_C ,以 A 相为例,则有

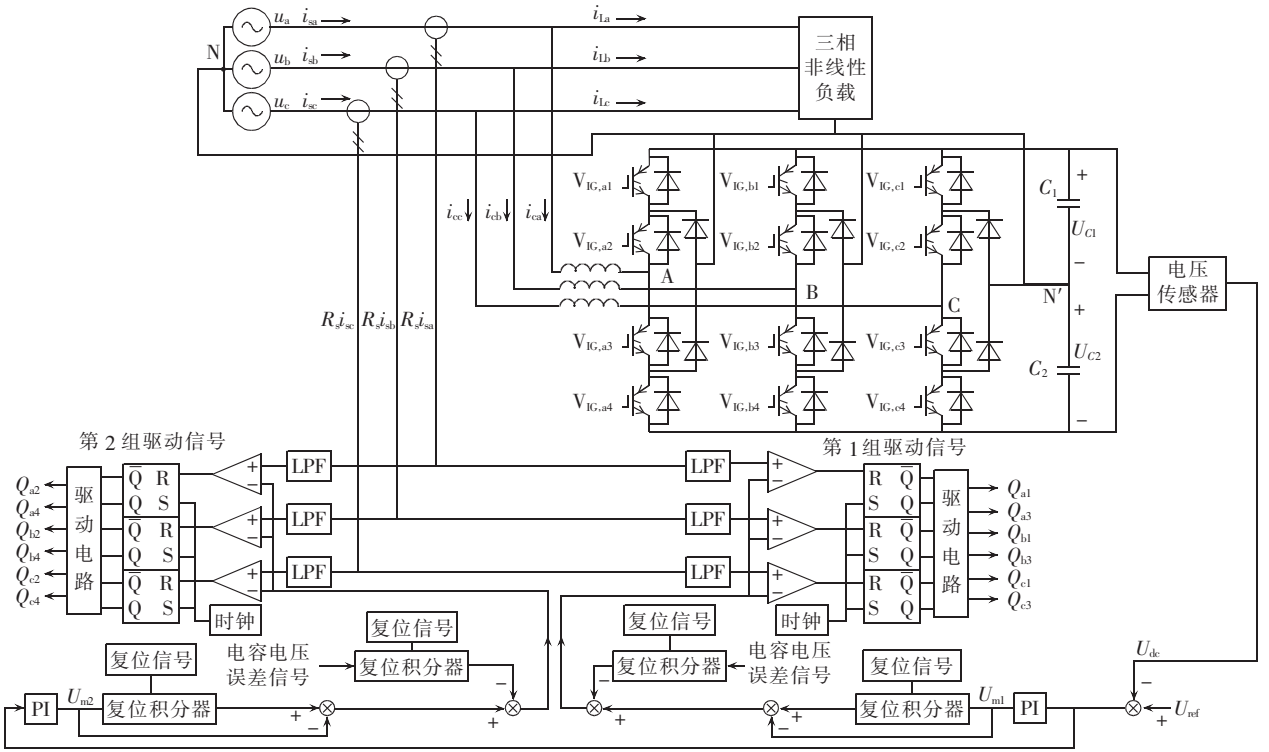


图 1 单周控制的三电平三桥臂三相四线制 APF 结构图

Fig.1 One-cycle controlled 3-level 3-phase 4-wire APF with three arms

$$S_A = \begin{cases} 1 & \text{当 } V_{IG,a1} \text{ 和 } V_{IG,a2} \text{ 导通时} \\ 0 & \text{当 } V_{IG,a2} \text{ 和 } V_{IG,a3} \text{ 导通时} \\ -1 & \text{当 } V_{IG,a3} \text{ 和 } V_{IG,a4} \text{ 导通时} \end{cases} \quad (1)$$

定义图 2 中的所有开关满足:

$$S_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{导通} \\ 0 & \text{关断} \end{cases} \quad i=a,b,c \quad j=1,2,3 \quad (2)$$

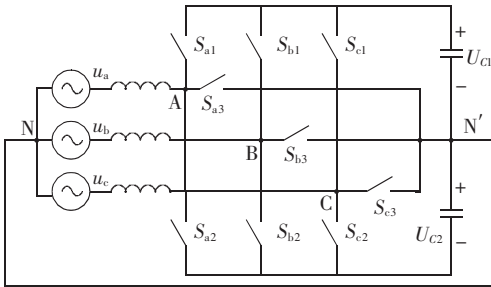


图 2 三电平三桥臂三相四线制 APF 等效开关模型

Fig.2 Equivalent switch mode of 3-level 3-phase 4-wire APF with three arms

这样,三电平桥式逆变器每个桥臂上的开关函数就有 3 种情况,即

$$\begin{cases} S_A=1, & S_{a1}=1, & S_{a2}=0, & S_{a3}=0 \\ S_A=0, & S_{a1}=0, & S_{a2}=0, & S_{a3}=1 \\ S_A=-1, & S_{a1}=0, & S_{a2}=1, & S_{a3}=0 \end{cases} \quad (3)$$

因而, S_A, S_B, S_C 只能为 1、0、-1。每个桥臂上开关函数的边界条件分别为

$$\begin{cases} S_{a1}+S_{a2}+S_{a3}=1 \\ S_{a1}=1 \text{ 或 } 0, & S_{a2}=1 \text{ 或 } 0, & S_{a3}=1 \text{ 或 } 0 \end{cases} \quad (4)$$

B、C 两相同理。

假设变换器工作于连续导电模式 CCM (Continuous Conduction Mode),三相系统对称且开关频率高于工频。在每个开关周期,运用以上开关函数,节点 A、B、C 相对于变换器 N' 的平均电压可表示为

$$\begin{aligned} u_{AN'} &= S_{a1}U_{C1} - S_{a2}U_{C2} \\ u_{BN'} &= S_{b1}U_{C1} - S_{b2}U_{C2} \\ u_{CN'} &= S_{c1}U_{C1} - S_{c2}U_{C2} \end{aligned} \quad (5)$$

因为能量在交流电源和 APF 直流侧电容器间双向流动,故三电平桥式逆变器工作在四象限状态,3 个桥臂上的每两对开关分别互补导通,例如 $V_{IG,a1}$ 、 $V_{IG,a3}$ 的占空比分别为 $1-d_{a3}$ 和 d_{a3} ,而 $V_{IG,a2}$ 、 $V_{IG,a4}$ 的占空比分别为 $1-d_{a4}$ 和 d_{a4} 。设 $V_{IG,a1}$ 、 $V_{IG,a2}$ 、 $V_{IG,a3}$ 、 $V_{IG,a4}$ 、……的占空比分别为 d_{a1} 、 d_{a2} 、 d_{a3} 、 d_{a4} 、……,则上式改写成开关占空比的形式为

$$\begin{aligned} u_{AN'} &= d_{a1}U_{C1} - d_{a4}U_{C2} \\ u_{BN'} &= d_{b1}U_{C1} - d_{b4}U_{C2} \\ u_{CN'} &= d_{c1}U_{C1} - d_{c4}U_{C2} \end{aligned} \quad (6)$$

在实际电路中,2 个电容电压要产生波动,若 U_{C1} 与 U_{C2} 不相等,设 $U_{C1}=E_1$ 、 $U_{C2}=E_2$,上式可以改写为

$$\begin{aligned} u_{AN'} &= E_1(1-d_{a3}) - E_2d_{a4} \\ u_{BN'} &= E_1(1-d_{b3}) - E_2d_{b4} \\ u_{CN'} &= E_1(1-d_{c3}) - E_2d_{c4} \end{aligned} \quad (7)$$

根据替代定理,开关相对应的桥臂用电压源替代,三电平三相四线制 APF 主电路等效平均模型如图 3 所示。

节点 A、B、C 相对于中性点 N 的平均电压矢量分别等于三相电压矢量减去 APF 接入电感上的电压降,即有

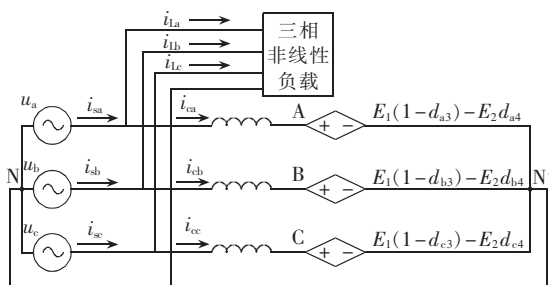


图 3 三电平三桥臂三相四线制 APF 开关
周期平均等效模型

Fig.3 Equivalent average mode of 3-level
3-phase 4-wire APF with three arms

$$\begin{aligned} u_{AN} &= u_a - j\omega L i_{ca} \\ u_{BN} &= u_b - j\omega L i_{cb} \\ u_{CN} &= u_c - j\omega L i_{cc} \end{aligned} \quad (8)$$

式中 L 为接入电感的电感值(假设 3 个电感值相等); ω 为电网线性角频率; i_{ca}, i_{cb}, i_{cc} 分别为三相电感电流矢量。

因电感工作在高频开关的电路中,接入的电感值相对于工频非常小,所以在 50 Hz 工频系统中,接入的电感压降远小于相电压,因此可以忽略不计。式(8)近似简化为

$$\begin{cases} u_{AN} \approx u_a \\ u_{BN} \approx u_b \\ u_{CN} \approx u_c \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} u_{AN} \approx u_a = \sqrt{2} U_a \sin \omega t \\ u_{BN} \approx u_b = \sqrt{2} U_b \sin(\omega t - 120^\circ) \\ u_{CN} \approx u_c = \sqrt{2} U_c \sin(\omega t + 120^\circ) \end{cases} \quad (9)$$

其中 U_a, U_b, U_c 分别为 A、B、C 三相的每相电压有效值,将等式(7)和(9)合并,可得:

$$\begin{aligned} u_{AN} &= u_{AN'} = E_1(1-d_{a3}) - E_2d_{a4} \approx u_a \\ u_{BN} &= u_{BN'} = E_1(1-d_{b3}) - E_2d_{b4} \approx u_b \\ u_{CN} &= u_{CN'} = E_1(1-d_{c3}) - E_2d_{c4} \approx u_c \end{aligned} \quad (10)$$

APF 在补偿系统的谐波电流和无功电流后,从电网交流侧电源端看,三相负载可以等效为三相平衡纯电阻负载。故 APF 的控制目标为

$$u_a = R_e i_{sa}, \quad u_b = R_e i_{sb}, \quad u_c = R_e i_{sc} \quad (11)$$

式中 R_e 是系统补偿后,从电源侧看负载的等效电阻; i_{sa}, i_{sb}, i_{sc} 分别为 A、B、C 三相电源电流。

综合式(10)(11),可得:

$$\begin{aligned} R_e i_{sa} &= E_1(1-d_{a3}) - E_2d_{a4} \\ R_e i_{sb} &= E_1(1-d_{b3}) - E_2d_{b4} \\ R_e i_{sc} &= E_1(1-d_{c3}) - E_2d_{c4} \end{aligned} \quad (12)$$

等式(12)可改写为

$$\begin{aligned} \frac{R_e}{E_1 R_s} R_s i_{sa} &= (1-d_{a3}) - \frac{E_2 d_{a4}}{E_1} \\ \frac{R_e}{E_1 R_s} R_s i_{sb} &= (1-d_{b3}) - \frac{E_2 d_{b4}}{E_1} \\ \frac{R_e}{E_1 R_s} R_s i_{sc} &= (1-d_{c3}) - \frac{E_2 d_{c4}}{E_1} \end{aligned} \quad (13)$$

其中, R_s 是交流侧电源输入电流测量阻抗。定义式中 $U_{m1} = E_1 R_s / R_e$ 为电压调节器输出,令 $\Delta u =$

$E_2 - E_1$, 等式(13)可改写为

$$\begin{aligned} R_s i_{sa} &= U_{m1} \left[1 - d_{a3} - \frac{(\Delta u + E_1) d_{a4}}{E_1} \right] \\ R_s i_{sb} &= U_{m1} \left[1 - d_{b3} - \frac{(\Delta u + E_1) d_{b4}}{E_1} \right] \\ R_s i_{sc} &= U_{m1} \left[1 - d_{c3} - \frac{(\Delta u + E_1) d_{c4}}{E_1} \right] \end{aligned} \quad (14)$$

简化等式(14)得 $V_{IG,a1}, V_{IG,a3}, V_{IG,b1}, V_{IG,b3}, V_{IG,c1}, V_{IG,c3}$ 的控制方程。

$$\begin{aligned} R_s i_{sa} &= U_{m1} (1 - d_{a3} - d_{a4}) - \frac{R_s d_{a4}}{R_e} \Delta u \\ R_s i_{sb} &= U_{m1} (1 - d_{b3} - d_{b4}) - \frac{R_s d_{b4}}{R_e} \Delta u \\ R_s i_{sc} &= U_{m1} (1 - d_{c3} - d_{c4}) - \frac{R_s d_{c4}}{R_e} \Delta u \end{aligned} \quad (15)$$

等式(12)还可以改写为

$$\begin{aligned} \frac{R_e}{E_2 R_s} R_s i_{sa} &= \frac{E_1(1-d_{a3})}{E_2} - d_{a4} \\ \frac{R_e}{E_2 R_s} R_s i_{sb} &= \frac{E_1(1-d_{b3})}{E_2} - d_{b4} \\ \frac{R_e}{E_2 R_s} R_s i_{sc} &= \frac{E_1(1-d_{c3})}{E_2} - d_{c4} \end{aligned} \quad (16)$$

同理,定义式中 $U_{m2} = E_2 R_s / R_e$ 为电压调节器输出,令 $\Delta u = E_2 - E_1$, 等式(16)可改写为

$$\begin{aligned} R_s i_{sa} &= U_{m2} \left[\frac{(E_2 - \Delta u)(1-d_{a3})}{E_2} - d_{a4} \right] \\ R_s i_{sb} &= U_{m2} \left[\frac{(E_2 - \Delta u)(1-d_{b3})}{E_2} - d_{b4} \right] \\ R_s i_{sc} &= U_{m2} \left[\frac{(E_2 - \Delta u)(1-d_{c3})}{E_2} - d_{c4} \right] \end{aligned} \quad (17)$$

简化等式(17)得 $V_{IG,a2}, V_{IG,a4}, V_{IG,b2}, V_{IG,b4}, V_{IG,c2}, V_{IG,c4}$ 的控制方程:

$$\begin{aligned} R_s i_{sa} &= U_{m2} (1 - d_{a3} - d_{a4}) - \frac{R_s (1 - d_{a3})}{R_e} \Delta u \\ R_s i_{sb} &= U_{m2} (1 - d_{b3} - d_{b4}) - \frac{R_s (1 - d_{b3})}{R_e} \Delta u \\ R_s i_{sc} &= U_{m2} (1 - d_{c3} - d_{c4}) - \frac{R_s (1 - d_{c3})}{R_e} \Delta u \end{aligned} \quad (18)$$

式(15)和(18)分别描述了电源电流、开关占空比和逆变器直流侧电压调节器 3 个量之间的关系,也是实现单周控制的依据。只要控制变换器的开关管,使得系统满足式(15)和(18),就能实现单周控制的三电平三桥臂 APF 对三相四线制系统的有效补偿。

从图 1 可知,单周控制的过程为:时钟脉冲到,积分器开始对逆变器直流侧电容电压信号进行积分,当积分到满足式(15)和(18)时,产生复位信号,积分器复位,输出分别保持 U_{m1} 和 U_{m2} ,等下一周期时钟脉冲到时,又重复上一周期的动作。可以看出,单周控制通过控制开关占空比,在每个周期内使逆变器开关变量的平均值与控制参考信号相等或成一定比例,从而消除稳态和瞬态误差。单周控制器平

衡直流侧两电容电压的电路如图 4 所示。如果电容电压波动太大将影响 APF 的正常工作,这就需要加入负反馈环,消除 Δu ,使电容电压平衡。文献[14]提出一种基于电流滞环控制的解决方法,对 Δu 滤波限幅后采用简单的 PI 调节,取得较好效果。本文将两电容电压的误差 Δu 与参考电压相比较,经 PI 调节,再送入单周控制器,通过控制器控制使 Δu 与参考电压无静差,最终使两电容电压保持平衡,从而可以有效地抑制直流侧两电容电压不平衡。

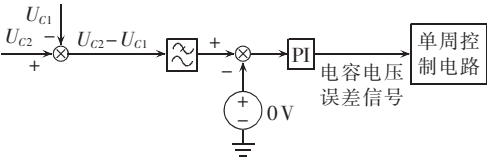


图 4 平衡电容电压电路
Fig.4 Capacitor voltage balancing circuit

2 仿真结果

负载为三相不平衡整流桥:A、B、C 三相接三相晶闸管整流桥(电感滤波, $R=23\ \Omega$, $L=15\ \text{mH}$),同时 B 相还接有一个单相整流桥($R=20\ \Omega$)。仿真电路的参数为:三相 APF 的接入电感为 $1.25\ \text{mH}$,三相输入线电压为 $380\ \text{V}$,直流侧电容电压通过积分补偿器调节到 $950\ \text{V}$,开关频率 $f_s=10\ \text{kHz}$ 。

电路仿真波形如图 5、图 6 所示。从图中可以看出,补偿前三相负载电流为典型的方波,三相电流不平衡,波形畸变严重,中线电流 i_{s0} 很大。经 APF 补偿

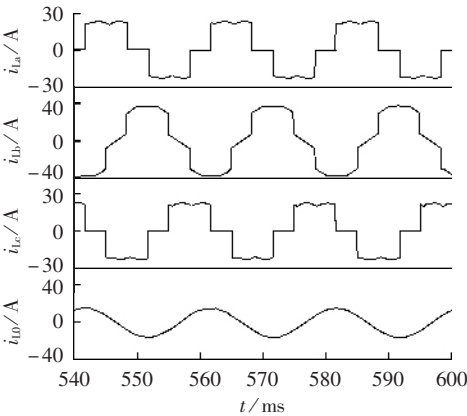


图 5 补偿前三相电源电流和中线电流
Fig.5 3-phase AC currents and neutral current before compensation

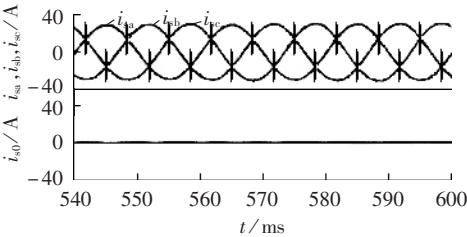


图 6 补偿后三相电源电流和中线电流
Fig.6 3-phase AC currents and neutral current after compensation

后三相电源电流有很大改善,电流波形对称,近似为正弦波,畸变很小,且中线电流近似为零。补偿前 A、C 相电流 THD 为 30.79%,B 相电流 THD 为 19.11%,补偿后三相电流 THD 降为 5.72%。单周控制的三电平三桥臂三相四线制 APF 能有效地补偿非线性负载所带来的系统谐波、无功和零线电流,具有较好的补偿效果,无需谐波电流检测模块,电路结构简单可靠。

直流侧电容电压波形如图 7 所示。从图中可以看出,经调节后,电容电压 U_{C1} 和 U_{C2} 在 $475\ \text{V}$ 左右波动,其波动幅度被控制在一定范围内,没有出现严重不平衡的情况。直流侧总的电压 U_{dc} 稳定在预定值(这里取 $950\ \text{V}$),逆变器正常工作。

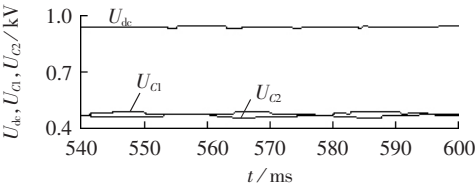


图 7 直流侧电容电压波形
Fig.7 Voltage waveforms of capacitors at DC side

图 8 所示为单周控制三电平三桥臂三相四线制 APF 的线电压仿真波形,可以看出三电平 APF 线电压中含有 5 级电平: $+U_{dc}$ 、 $+U_{dc}/2$ 、 0 、 $-U_{dc}$ 、 $-U_{dc}/2$, 因而输出电压波形更接近正弦波。

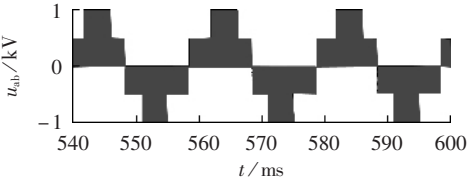


图 8 单周控制三电平三桥臂三相四线制 APF 线电压波形
Fig.8 Line voltage waveform of one-cycle controlled 3-level 3-phase 4-wire APF with three arms

3 结论

本文将一种新型非线性控制方法——单周控制法应用于三电平三桥臂三相四线制有源电力滤波器中,电路具有结构简单、开关频率低等优点。在分析其开关周期平均模型的基础上,建立数学模型,推导出控制的关键方程,据此建立电路模型,进行仿真验证,仿真结果证明本文所提出的单周控制三电平三桥臂三相四线制有源电力滤波器能够有效地补偿三相四线制系统中的谐波、无功和零线电流,具有较好的补偿效果。

参考文献:

[1] LIN Bor-ren,LU Hsin-hung. A new control scheme for single-phase PWM multilevel rectifier with power-factor correction[J]. IEEE Trans on Industrial Electronics,1999,46(4):820-829.
[2] CHENG Ying,CROW M L. A diode-clamped multi-level inver-

- ter for the StatCom/BESS[C]//IEEE Power Engineering Society Winter Meeting. New York:IEEE,2002:470-475.
- [3] 徐永海,肖湘宁,韩民晓.采用级联多电平逆变器的混合型有源电力滤波器[J].电力自动化设备,2003,23(7):47-50.
XU Yong-hai,XIAO Xiang-ning,HAN Min-xiao. Hybrid active power filter using cascade multilevel inverters[J]. Electric Power Automation Equipment,2003,23(7):47-50.
- [4] SMEDLEY K M,CUK S. Dynamics of one-cycle controlled Cuk converters[J]. IEEE Trans on Power Electronics,1995,10(6):634-639.
- [5] LAI Zhe-ren,SMEDLEY K M. A family of continuous-conduction-mode power-factor-correction controllers based on the general pulse-width modulator[J]. IEEE Trans on Power Electronics,1998,13(3):501-510.
- [6] ZHOU L,SMEDLEY K M. Unified constant-frequency integration control of active power filters[C]//IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition. Piscataway,NJ,USA:IEEE,2000:406-412.
- [7] QIAO C,SMEDLEY K M. Three-phase active power filters with unified constant-frequency integration control[C]//IEEE Power Electronics and Motion Control Conference. Beijing:International Academic Publishers & World Publishing Corporation,2000:698-705.
- [8] 周林,蒋建文,周维维,等.基于单周控制的三相四线制有源电力滤波器[J].中国电机工程学报,2003,23(3):85-89.
ZHOU Lin,JIANG Jian-wen,ZHOU Luo-wei,et al. Three-phase four-wire active power filter with one-cycle control[J]. Proceedings of the CSEE,2003,23(3):85-89.
- [9] 周林,沈小莉,周维维,等.单周控制技术在有源电力滤波器中的应用[J].电力电子技术,2004,38(4):11-13.
ZHOU Lin,SHEN Xiao-li,ZHOU Luo-wei,et al. Application of one-cycle control method to active power filter[J]. Power Electronics,2004,38(4):11-13.
- [10] 周林,周莉.基于单周控制的三电平三相三线制APF[J].高压技术,2005,31(11):35-38.
ZHOU Lin,ZHOU Li. Three-level three-phase three-wire active power filter with one-cycle control[J]. High Voltage Engineering,2005,31(11):35-38.
- [11] 周小军,周林,沈小莉.单周控制四桥臂三相四线制有源电力滤波器[J].重庆大学学报,2004,27(3):78-80.
ZHOU Xiao-jun,ZHOU Lin,SHEN Xiao-li. One-cycle control three-phase four-wire active power filter with four-arm[J]. Journal of Chongqing University,2004,27(3):78-80.
- [12] 余凤兵,梁冠安,钟龙翔.新型单周控制三相四线制有源电力滤波器[J].电气应用,2006,25(1):90-94.
YU Feng-bing,LIANG Guan-an,ZHONG Long-xiang. A novel three-phase four-wire active power filter with one-cycle control[J]. Electrotechnical Application,2006,25(1):90-94.
- [13] AN Tao-tao,WEN Jun,SMEDLEY K M. Control and topologies for three-phase three-level active power filters[C]//IEEE Power Electronics and Motion Control Conference. Xi'an:Xi'an Jiaotong University Press,2004:450-455.
- [14] AREDES M,HAFNER J. Three-phase four-wire shunt active filter control strategies[J]. IEEE Trans on Power Electronics,1997,12(2):311-318.

(责任编辑:康鲁豫)

作者简介:

雷 鹏(1978-),男,云南昆明人,硕士研究生,研究方向为电力电子技术在电力系统中的应用研究(E-mail:Leipeng@cqu@yahoo.com.cn);

周 林(1961-),男,四川隆昌人,教授,博士研究生导师,主要从事FACTS及电网谐波治理方面的研究(E-mail:zhoulin@cqu.edu.cn)。

Three-level three-phase four-wire active power filter based on one-cycle control

LEI Peng,ZHOU Lin,ZHOU Li,WAN Yun-jie,ZHANG Hai,XIA Xue

(High Voltage Engineering and Electrical New Technology Key Laboratory of the Education Ministry, College of Electrical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: Aiming at the neutral line current, power harmonic suppression, reactive power elimination, 3-phase load balance in 3-phase 4-wire power system and the control complexity of high voltage and high power APF(Active Power Filter), 3-level 3-phase 4-wire APF based on one-cycle control is presented. The compensating current generated by APF is equal to the harmful component of load current in amplitude and converse in polarity. After compensation, the power source current contains only fundamental active power component of load current. 3-level diode-clamped converter with 3-phase 3-arm structure is employed as main circuit in the APF, so that neither coupling transformers nor dynamic voltage sharing circuits are needed. One-cycle control method is applied with simplified circuit, high precision and effectual compensation, which has both modulation and control characteristics. It employs constant switching frequency modulation that is desirable for industrial applications. On the basis of mathematic model development, simulation is carried out. The simulation results verify that the APF can effectively compensate power harmonics, reactive power and zero-sequence currents. Power factor and transmission efficiency of power lines are thus improved.

This project is supported by ChunHui Project of State Education Ministry of China(2003589-13) and Planning Project Sponsored for Skeleton Teachers of Chongqing University(2003A22).

Key words: three-level; 3-phase 4-wire; active power filter; one-cycle control