

单相三电平 APF 单周控制矢量模式研究

谭风雷, 陈梦涛, 高世宇, 刘学权, 朱超

(国网江苏省电力有限公司检修分公司, 江苏 南京 211102)

摘要:提出基于单周控制的单相三电平电力有源滤波器(APF)矢量模式,该模式能够使得单相 APF 一个桥臂工作于高频开关状态,另一个桥臂工作于工频开关状态,进而有效减少开关损耗。分析了单相 APF 的工作原理,在充分考虑直流侧电容电压均衡控制的基础上,提出了5种单相三电平 APF 单周控制矢量模式,并详细推导了各种矢量模式的控制目标方程。仿真结果表明5种矢量模式能够有效补偿无功和谐波,且效果较好,从而验证了5种矢量模式的有效性和可行性。

关键词:单周控制;单相;三电平;电力有源滤波器;矢量模式

中图分类号:TM761

文献标志码:A

文章编号:2096-3203(2019)01-0140-06

0 引言

随着电力电子技术的快速发展,电网中电力电子设备越来越多,产生了大量的无功和谐波,增加了线路损耗,严重污染了电网,影响了电能质量。电力有源滤波器(active power filter, APF)能够有效补偿谐波和无功,提高电能质量。目前,APF 相关理论已经十分成熟,但是实际应用中成本较高。如何在保证 APF 补偿效果的基础上,降低成本,实现产品化和普及化,仍然存在一定的研究价值。

目前,APF 控制方法很多,包括重复控制、PI 控制、无差拍控制、滞环控制和单周控制等。一般的控制方法都需要检测负载电流和电网电压,采用 dq 坐标变换计算指令电流,不仅增加了软件的时延,影响了控制的实时性,而且需要更多的电压和电流传感器,难以降低成本。而单周控制^[1-4]无需检测负载电流和电网电压,控制算法实现简单,其原理是开关变量输出的平均值在一个周期内动态跟随控制参考变化,能在一个周期内消除稳态和瞬态误差,响应速度较快,抗干扰能力强,鲁棒性好^[5-8]。

文献[9]总结了单相 APF 的控制策略,但主要针对的是单周控制的传统模式和两电平 APF 拓扑结构,开关损耗大。文献[10-11]研究了两种基于单周控制的三相三电平 APF 矢量模式,但只针对三相三电平 APF。文献[12]提出基于单周控制的矢量模式上、下电容能够自动实现电压平衡,并给出详细证明过程,但考虑到实际功率器件动、静态特性的不同以及电容值的偏差,仍将导致上、下电容电压不均衡。目前,少有学者研究基于单周控制的矢量模式在单相换流器中的应用,为解决这一问

题,文中提出单相三电平 APF 单周控制矢量模式。

文中以单相三电平换流器为研究对象,首先建立了数学模型并分析其工作原理;然后考虑到直流侧电容电压均衡问题,提出了基于直流母线电压的分区方法;基于单周控制策略的思路,提出了5种单相三电平 APF 单周控制矢量模式,并详细推导了各种矢量模式的控制目标方程;最后,在 Matlab/Simulink 中搭建仿真模型,验证了5种矢量模式的有效性和可行性。

1 单相三电平 APF 等效模型

单相三电平换流器的拓扑结构如图1所示,存在2个三电平桥臂,每个桥臂有3种开关状态,具体定义为:

当 S_{x1} 和 S_{x2} 导通, S_{x3} 和 S_{x4} 关断时,开关状态 $S_{xp} = 1, S_x = 0, S_{xn} = 0$;

当 S_{x2} 和 S_{x3} 导通, S_{x1} 和 S_{x4} 关断时,开关状态 $S_{xp} = 0, S_x = 1, S_{xn} = 0$;

当 S_{x3} 和 S_{x4} 导通, S_{x1} 和 S_{x2} 关断时,开关状态 $S_{xp} = 0, S_x = 0, S_{xn} = 1$;

其中, $x = a, b$ 。

考虑到换流器开关频率远大于工频(50 Hz),且工作于连续导电模式,则节点 a、b 相对于节点 N 的平均电压可以表示为:

$$\begin{cases} U_{aN} = S_{ap}(U_p + U_n) + S_a U_n \\ U_{bN} = S_{bp}(U_p + U_n) + S_b U_n \end{cases} \quad (1)$$

式中: U_p 为电容 C_p 两端的电压; U_n 为电容 C_n 两端的电压。

根据基尔霍夫电压定律可得:

$$\begin{cases} u_s = U_{aN} + U_{NO} \\ -u_s = U_{bN} + U_{NO} \end{cases} \quad (2)$$

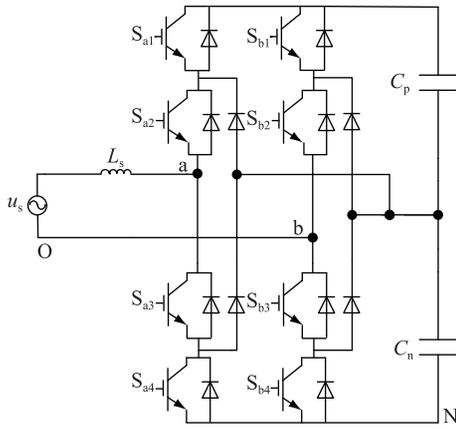


图1 单相三电平换流器的拓扑结构

Fig.1 Topology of single-phase three-level inverter

由表达式(2)中两式相加可得:

$$U_{NO} = -0.5(U_{aN} + U_{bN}) \quad (3)$$

将式(3)带入式(2),可得单相三电平换流器的控制方程:

$$\begin{bmatrix} 0.5 & -0.5 \\ -0.5 & 0.5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_{aN} \\ U_{bN} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_s \\ -u_s \end{bmatrix} \quad (4)$$

2 基于单周控制的矢量模式

基于单周控制的矢量模式的关键在于电源电压分区与合理选择开关状态,在三相三电平中,一般根据三相电压波形的交点将其分为6个区间,而在单相三电平中,只存在一相电源,不能合理分区,因而鲜有学者研究基于单周控制的矢量模式^[13-14]在单相换流器中的应用。基于以上分析,借助正弦脉宽调制技术(sinusoidal pulse width modulation, SPWM)的思想,提出了基于直流母线电压的分区方法,以直流母线电压 U_{dc} 的一半与电源电压的交点作为分区依据,将其划分为6个区间,如图2所示。

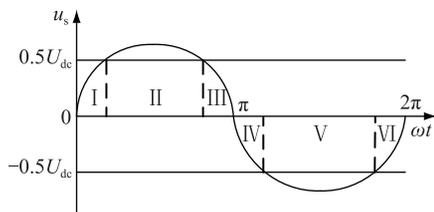


图2 电源电压区间划分

Fig.2 Voltage interval division

单相三电平换流器中,一个比较突出的问题是直流母线上、下电容均压。理论上讲,基于单周控制的矢量模式,直流母线可以自动实现电压的均衡,文献[12]给出了直流母线电压平衡的详细证明,但是考虑到实际功率器件动、静态特性的不同和电容值的偏差,长时间运行也可能使得电容电压

出现不均衡的现象,因此文中提出了考虑电容电压平衡的单周控制矢量模式。

针对矢量模式,文中充分利用单相三电平换流器的特点,根据电源电压区间划分范围,合理选择换流器桥臂的工作方式,一般包括5种:

方式1:桥臂工作于 $S_{xp} = 1$ 和 $S_x = 1$ 两种开关状态;

方式2:桥臂工作于 $S_{xn} = 1$ 和 $S_x = 1$ 两种开关状态;

方式3:桥臂工作于 $S_{xp} = 1$ 开关状态;

方式4:桥臂工作于 $S_x = 1$ 开关状态;

方式5:桥臂工作于 $S_{xn} = 1$ 开关状态。

借助文献[10-11]关于三相三电平单周控制矢量模式的理论,得到了5种基于单周控制的单相三电平矢量模式,该5种矢量模式的桥臂工作方式如表1所示。

表1 5种矢量模式的桥臂工作方式

Table 1 Working way of legs for five vector modes

模式	I 或 III	II	IV 或 VI	V	
模式1	a 桥臂	方式2	方式1	方式1	方式2
	b 桥臂	方式5	方式5	方式3	方式3
模式2	a 桥臂	方式2	方式1	方式1	方式2
	b 桥臂	方式5	方式2	方式3	方式1
模式3	a 桥臂	方式1	方式1	方式2	方式2
	b 桥臂	方式2	方式5	方式1	方式3
模式4	a 桥臂	方式2	方式1	方式1	方式2
	b 桥臂	方式5	方式2	方式3	方式1
模式5	a 桥臂	方式1	方式1	方式2	方式2
	b 桥臂	方式2	方式5	方式1	方式3

2.1 矢量模式一

根据图2电源电压区间划分图,显然I区和III区,IV区和VI区是可以一起考虑的。假设 d_{xp} 表示 S_{xp} 的占空比, d_x 表示 S_x 的占空比, d_{xn} 表示 S_{xn} 的占空比 ($x = a, b$), 并设 $U_p = E, U_p - U_n = \Delta U$ 。

当电源电压处于I区和III区时,设定a桥臂交替工作于 $S_a = 1$ 和 $S_{an} = 1$ 两种状态,即 $U_{aN} = d_a U_n$, b桥臂 $d_{bn} = 1$,即 $U_{bN} = 0$,考虑电容电压的偏差,并结合表达式(4)可得:

$$d_a E - d_a \Delta U = u_s \quad (5)$$

APF的作用就是补偿电网中无功和谐波成分,使得电网电压和电流同相位^[15-19],因此可以将APF和非线性负载等价为一个纯电阻负载,即:

$$u_s = R_s i_s \quad (6)$$

式中: R_s 为等效的电阻负载。结合式(5)和式(6),可以得到I区和III区的控制目标方程:

$$d_a E - d_a \Delta U = R_s i_s \quad (7)$$

当电源电压处于 II 区时, 设定 a 桥臂交替工作于 $S_{ap}=1$ 和 $S_a=1$ 两种状态, $U_{aN}=(U_p+U_n)(1-d_a)+d_a U_n$, b 桥臂 $d_{bn}=1$, 即 $U_{bN}=0$, 结合式(4)可得:

$$2E - d_a E - \Delta U = u_s \quad (8)$$

结合式(6)和式(8), 可以得到 II 区的控制目标方程:

$$2E - d_a E - \Delta U = R_s i_s \quad (9)$$

同理得到 IV 区、V 区和 VI 区的控制方程。总结控制目标方程的共同点, 将其统一到如下控制目标方程中, 其中相关参数如表 2 所示。

$$\begin{cases} C_1 d_a + C_2 = C_3 i_s \\ d_c = 1 \end{cases} \quad (10)$$

表 2 矢量模式一控制目标方程相关参数

Table 2 Control the relevant parameters of the target equation for the first vector mode

区间	C_1	C_2	C_3	d_c
I	$E-\Delta U$	0	1	d_{bn}
II	$-E$	$2E-\Delta U$	1	d_{bn}
III	$E-\Delta U$	0	1	d_{bn}
IV	E	0	-1	d_{bp}
V	$\Delta U-E$	$2E-\Delta U$	-1	d_{bp}
VI	E	0	-1	d_{bp}

2.2 矢量模式二

当电源电压处于 I 区和 III 区时, 控制目标方程与矢量模式一的 I 区和 III 区相同。

当电源电压处于 II 区时, 设定 a 桥臂交替工作于 $S_{ap}=1$ 和 $S_a=1$ 两种状态, b 桥臂交替工作于 $S_b=1$ 和 $S_{bn}=1$ 两种状态, 并假设 $d_{ap}=d_{bn}$, 即当 a 桥臂工作于 $S_{ap}=1$ 状态时, b 桥臂工作于 $S_{bn}=1$ 的状态, 结合表达式(4)和(6)可得:

$$(2E - \Delta U)d_{ap} = R_s i_s \quad (11)$$

同理可以得到 IV 区、V 区和 VI 区的控制方程。整个区间的控制目标方程可以统一表示为式(12)和一个约束条件。

$$C_1 d = C_2 i_s \quad (12)$$

其中, 控制目标方程中的相关参数及约束条件如表 3 所示。

2.3 矢量模式三

矢量模式三是将模式一与模式二结合起来。即当电源电压处于 I 区和 III 区时, 控制目标方程与矢量模式二的 II 区相同; 当电源电压处于 IV 区和 VI 区时, 控制目标方程与矢量模式二的 V 区相同。当电源电压处于 II 区时, 控制目标方程与矢量模式一的 II 区相同; 当电源电压处于 V 区时, 控制目标方程与矢量模式一的 V 区相同。则整个区间的控制

表 3 矢量模式二控制目标方程相关参数及其约束条件

Table 3 Control the relevant parameters and restrictions of the target equation for the second vector mode

区间	C_1	C_2	d	约束条件
I	$E-\Delta U$	1	d_a	$d_{bn}=1$
II	$2E-\Delta U$	1	d_{ap}	$d_{bn}=d_{ap}$
III	$E-\Delta U$	1	d_a	$d_{bn}=1$
IV	E	-1	d_a	$d_{bp}=1$
V	$2E-\Delta U$	-1	d_{ap}	$d_{bp}=d_{an}$
VI	E	-1	d_a	$d_{bp}=1$

目标方程可以统一表示为式(13)和一个约束条件。其中, 控制目标方程中的相关参数及约束条件如表 4 所示。

$$C_1 d_a + C_2 = C_3 i_s \quad (13)$$

表 4 矢量模式三控制目标方程相关参数及其约束条件

Table 4 Control the relevant parameters and restrictions of the target equation for the third vector mode

区间	C_1	C_2	C_3	约束条件
I	$\Delta U-2E$	$2E-\Delta U$	1	$d_{bn}=d_{ap}$
II	$-E$	$2E-\Delta U$	1	$d_{bn}=1$
III	$\Delta U-2E$	$2E-\Delta U$	1	$d_{bn}=d_{ap}$
IV	$\Delta U-2E$	$2E-\Delta U$	-1	$d_{bp}=d_{an}$
V	$\Delta U-E$	$2E-\Delta U$	-1	$d_{bp}=1$
VI	$\Delta U-2E$	$2E-\Delta U$	-1	$d_{bp}=d_{an}$

2.4 矢量模式四

矢量模式四是对矢量模式二的改进和优化。当电源电压处于 I 区、III 区、IV 区和 VI 区时, 控制目标方程保持不变。在矢量模式二的 II 区中, 由于假设 $d_{ap}=d_{bn}$, 使得换流器出口侧输出两电平电压: U_{dc} 和 0, 不利于提高输出电压的质量, 因此矢量模式四在矢量模式二的基础上, 设定 $d_{ap}=nd_{bn}$ ($0 < n \leq 1$), 这样在 II 区可以输出三电平电压: U_{dc} , $0.5U_{dc}$ 和 0。则整个区间的控制目标方程也可以统一表示为式(12)和一个约束条件。控制目标方程中的相关参数及约束条件如表 5 所示。

表 5 矢量模式四控制目标方程相关参数及其约束条件

Table 5 Control the relevant parameters and restrictions of the target equation for the fourth vector mode

区间	C_1	C_2	d	约束条件
I	$E-\Delta U$	1	d_a	$d_{bn}=1$
II	$E(1+1/n)-\Delta U/n$	1	d_{ap}	$nd_{bn}=d_{ap}$
III	$E-\Delta U$	1	d_a	$d_{bn}=1$
IV	E	-1	d_a	$d_{bp}=1$
V	$E(1+1/n)-\Delta U$	-1	d_{ap}	$nd_{bp}=d_{an}$
VI	E	-1	d_a	$d_{bp}=1$

2.5 矢量模式五

矢量模式五是对矢量模式三改进和优化。

其改进思路与矢量模式四相同,当电源电压处于 I 区和 III 区,设定 $d_{ap} = nd_{bn}$;当电源电压处于 IV 区和 VI 区,设定 $d_{an} = nd_{bp}$ 。当电源电压处于 II 区和 V 区时,控制目标方程与矢量模式三的 II 区和 V 区相同。基于以上的分析,整个区间的控制目标方程也可以统一表示为式 (13) 和一个约束条件。控制目标方程中的相关参数及约束条件如表 6 所示。

表 6 矢量模式五控制目标方程相关参数及其约束条件
Table 6 Control the relevant parameters and restrictions of the target equation for the fifth vector mode

区间	C_1	C_2	C_3	约束条件
I	$\Delta U/n - E(1+1/n)$	$E(1+1/n) - \Delta U/n$	1	$nd_{bn} = d_{ap}$
II	$-E$	$2E - \Delta U$	1	$d_{bn} = 1$
III	$\Delta U/n - E(1+1/n)$	$E(1+1/n) - \Delta U/n$	1	$nd_{bn} = d_{ap}$
IV	$\Delta U - E(1+1/n)$	$E(1+1/n) - \Delta U$	-1	$nd_{bp} = d_{an}$
V	$\Delta U - E$	$2E - \Delta U$	-1	$d_{bp} = 1$
VI	$\Delta U - E(1+1/n)$	$E(1+1/n) - \Delta U$	-1	$nd_{bp} = d_{an}$

3 仿真分析

为了验证所提出的 5 种基于单周控制的单相三电平矢量模式及其均压策略的正确性和有效性,在 Matlab/Simulink 中搭建仿真模型,对其进行仿真验证,仿真图见图 3—图 8。

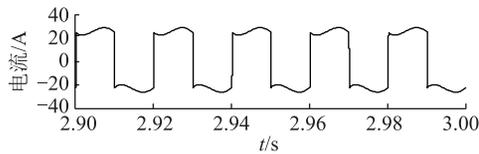
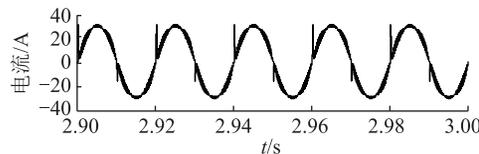
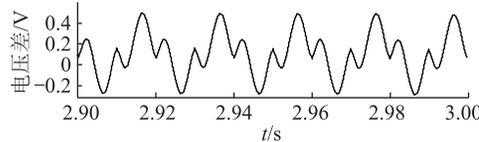


图 3 补偿前电流波形

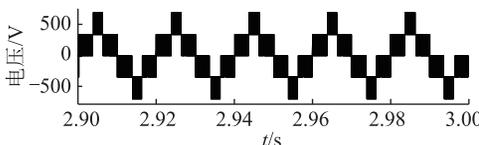
Fig.3 Simulation results before compensation



(a) 补偿后电流波形



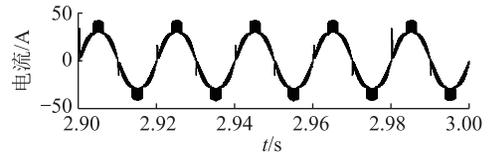
(b) 上、下电容电压差



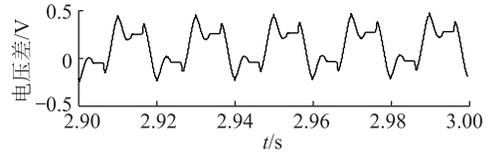
(c) 变换器出口侧电压

图 4 矢量模式一仿真

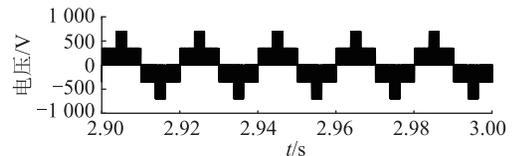
Fig.4 Simulation results of the first vector mode



(a) 补偿后电流波形



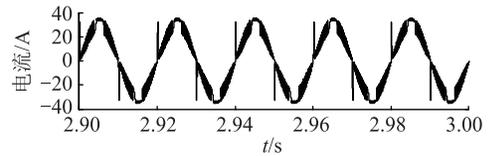
(b) 上、下电容电压差



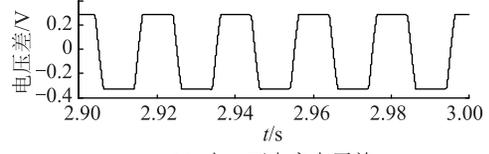
(c) 变换器出口侧电压

图 5 矢量模式二仿真

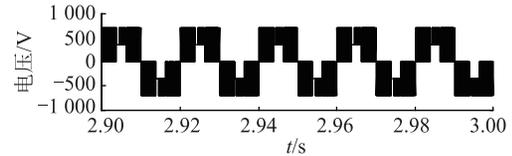
Fig.5 Simulation results of the second vector mode



(a) 补偿后电流波形



(b) 上、下电容电压差



(c) 变换器出口侧电压

图 6 矢量模式三仿真

Fig.6 Simulation results of the third vector mode

其中,矢量模式四、五根据 n 值的不同可以有多种情况,仿真中假设 n 为 0.5。仿真中非线性负载为单相不控整流桥接 RL 负载,其中 R 为 $10\ \Omega$, L 为 $80\ \text{mH}$ 。电源电压的幅值 U_s 为 $380\ \text{V}$,输入电感 L_s 为 $0.8\ \text{mH}$,开关频率为 $20\ \text{kHz}$,APF 直流侧电压为 $700\ \text{V}$ 。

补偿前电流波形如图 3 所示,显然电流波形差,畸变严重,畸变率高达 45.2% ,功率因数较低;5 种矢量模式补偿后电流波形分别如图 4(a)、5(a)、6(a)、7(a)和 8(a)所示,电流波形明显得到了改善,高度正弦化,畸变率显著降低,功率因数得以提高,其中矢量模式一补偿效果最好,畸变率降为 8.5% ,功率因数几乎为 1。

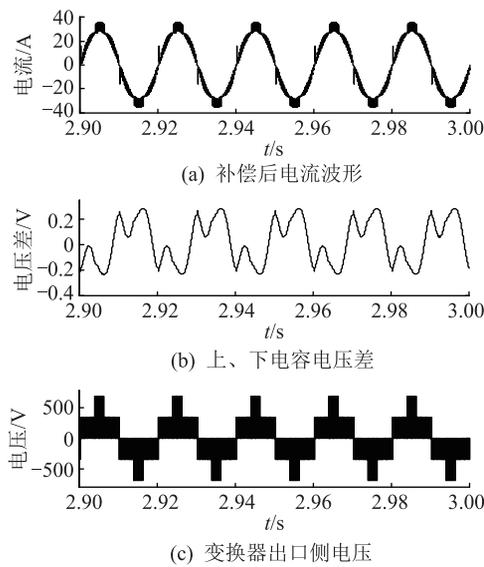


图7 矢量模式四仿真

Fig.7 Simulation results of the fourth vector mode

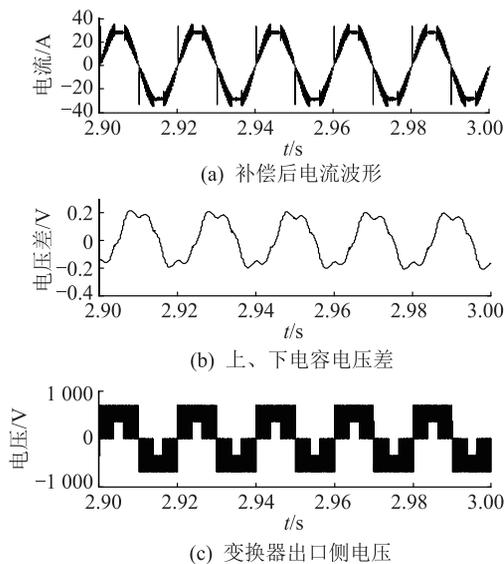


图8 矢量模式五仿真

Fig.8 Simulation results of the fifth vector mode

图4(b)、5(b)、6(b)、7(b)和8(b)分别是5种矢量模式上、下电容电压差,可知上、下电容电压差小,控制效果好,从而验证了考虑电容电压平衡的单周控制矢量模式的正确性和可行性。仿真中,电容电压是可以实现自动平衡的,但是存在较大的波动和需要较长仿真时间,加入电容电压平衡算法后,可以减少电容电压平衡时间和减少电压波动。

图4(c)、5(c)、6(c)、7(c)和8(c)分别是5种矢量模式换流器出口侧电压,可知换流器出口侧电压都是五电平: $\pm U_{dc}$ 、 $\pm 0.5U_{dc}$ 和0,只是矢量模式不同,使得输出电压在每个区间的电平种类不同,最终导致输出电压的形状不同。

总体而言,从图4—图8的仿真结果可以验证5

种矢量模式的正确性和有效性。对比5种矢量模式的仿真结果,矢量模式一控制效果最好,可以得到较好的应用。

4 结语

基于直流母线电压分区方法,文中所提出的5种单相三电平APF单周控制矢量模式可以自动实现直流母线电压的均衡控制。5种单相三电平APF单周控制矢量模式可以实现三电平输出,能够有效补偿无功和谐波,补偿效果较好,具有一定的研究价值。相对其他4种控制方式而言,文中所提出的矢量模式一补偿后,电流波形高度正弦化,畸变率最低,功率因数几乎为1,补偿效果最好,具有广阔的应用前景与推广价值。

参考文献:

- [1] QIAO C M, JIN T T, SMEDLEY K M. One cycle control of three phase active power filter with vector operation[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2004, 51(2): 455-463.
- [2] QIAO C M, SMEDLEY K M. Three-phase bipolar mode active power filters[J]. IEEE Transactions on Industry Applications, 2002, 38(1): 149-158.
- [3] 万蕴杰, 周林, 汪立文. 单周控制三电平三相四桥臂APF研究[J]. 高电压技术, 2007, 33(10): 197-202.
WAN Yunjie, ZHOU Lin, WANG Liwen. Study on one-cycle control three-level three-phase four-leg active power filter[J]. High Voltage Engineering, 2007, 33(10): 197-202.
- [4] 周林, 周莉. 基于单周控制的三电平三相三线制APF[J]. 高电压技术, 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.
- [5] 谭风雷. 三电平两桥臂有源电力滤波器单周控制策略[J]. 电器与能效管理技术, 2014(12): 53-57.
TAN Fenglei. One-cycle control strategy of three-level two-leg active power filter [J]. Electrical & Energy Management Technology, 2014(12): 53-57.
- [6] 钱长远, 汪良坤, 赵燕, 等. 有源滤波器在6脉中频炉谐波治理中的应用[J]. 江苏电机工程, 2013, 32(5): 19-22.
QIAN Changyuan, WANG Liangkun, ZHAO Yan, et al. The application of APF in harmonic control of the 6-pulse IF furnace [J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2013, 32(5): 19-22.
- [7] 孙蓉, 袁晓东, 周宇浩, 等. 有源滤波器电流预测滞环控制[J]. 江苏电机工程, 2015, 34(5): 54-58.
SUN Rong, YUAN Xiaodong, ZHOU Yuhao, et al. Based on current predict of active power filter hysteresis control [J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2015, 34(5): 54-58.
- [8] 谭风雷, 苗振林. 基于重复控制优化的单周控制电流反馈模式[J]. 电器与能效管理技术, 2014(13): 54-58.
TAN Fenglei, MIAO Zhenlin. Current feedback mode of one-cycle control based on repetitive control [J]. Electrical & Energy

- Management Technology, 2014(13): 54-58.
- [9] 徐明, 周林, 王伟, 等. 单相有源电力滤波器的单周控制策略综述[J]. 电网技术, 2006, 30(22): 80-86.
XU Ming, ZHOU Lin, WANG Wei, et al. A survey on one-cycle control strategy for single-phase active power filter [J]. Power System Technology, 2006, 30(22): 80-86.
- [10] 陈兵, 谢运祥, 宋静娴. 矢量模式单周控制三相三线制三电平有源电力滤波器[J]. 电力自动化设备, 2008, 28(6): 6-10.
CHEN Bing, XIE Yunxiang, SONG Jingxian. Three-phase three-wire three-level APF based on vector mode one-cycle control[J]. Electric Power Automation Equipment, 2008, 28(6): 6-10.
- [11] 陈兵, 谢运祥, 宋静娴. $30^\circ \sim 390^\circ$ 矢量模式单周控制三相三线制三电平 APF[J]. 电力系统自动化, 2007, 31(21): 76-80.
CHEN Bing, XIE Yunxiang, SONG Jingxian. Three-phase three-wire three-level APF based on vector mode one-cycle control during $30^\circ \sim 390^\circ$ [J]. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31(21): 76-80.
- [12] QIAO C M, SMEDLEY K M. General three phase PFC controller for rectifiers with a series-connected dual-boost topology [J]. IEEE Transactions on Industry Applications, 2002, 38(1): 137-148.
- [13] 谭风雷, 苗振林. 弃用中矢量三电平 SVPWM 矢量控制系统研究[J]. 微特电机, 2014, 42(12): 74-77.
TAN Fenglei, MIAO Zhenlin. Vector control system based on three-level SVPWM with medium vectors being eliminated [J]. Small & Special Electrical Machines, 2014, 42(12): 74-77.
- [14] 胡志坤, 胡成, 刘守明, 等. 电流反馈有源电力滤波器单周控制策略[J]. 电机与控制学报, 2011, 15(2): 20-25.
HU Zhikun, HU Cheng, LIU Shouming, et al. One-cycle control scheme for APF based on current feedback [J]. Electric Machines and Control, 2011, 15(2): 20-25.
- [15] 庄华, 周林, 果秋华, 等. 基于 ip-iq 法和单周控制的三相有源电力滤波器[J]. 电气应用, 2006, 25(11): 47-51.
ZHUANG Hua, ZHOU Lin, GUO Qiuhua, et al. Three-phase APF based on ip-iq method and one-cycle control [J]. Electro-technical Application, 2006, 25(11): 47-51.
- [16] 侯世英, 庾元科, 房勇, 等. 矢量模式单周控制的三相双降压式并网逆变器[J]. 电网技术, 2010, 34(5): 128-132.
HUO Shiyong, TUO Yuanke, FANG Yong, et al. Three-phase dual-buck-type grid-connected inverter based on space-vector algorithm and one-cycle control [J]. Power System Technology, 2010, 34(5): 128-132.
- [17] 王树民, 李祥生, 齐凌成, 等. 并联型有源电力滤波器的研究[J]. 智慧电力, 2018, 46(9): 79-82, 102.
WANG Shumin, LI Xiangsheng, QI Lingcheng, et al. Study on shunt active power filter [J]. Smart Power, 2018, 46(9): 79-82, 102.
- [18] 赵龙龙, 常国祥, 李百宇. 三电平 SVPWM 逆变器闭环控制研究及仿真[J]. 智慧电力, 2017, 45(10): 8-12, 18.
ZHAO Longlong, CHANG Guoxiang, LI Baiyu. Research and simulation of three-level inverter based on SVPWM closed-loop control method [J]. Smart Power, 2017, 45(10): 8-12, 18.
- [19] 韩学栋, 王海华. 基于遗传算法的有源电力滤波器直流母线电压控制[J]. 江苏电机工程, 2014, 33(1): 14-17.
HAN Xuedong, WANG Haihua. DC bus voltage control for active power filter based on genetic algorithm [J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2014, 33(1): 14-17.

作者简介:



谭风雷

谭风雷(1989),男,硕士,工程师,从事特高压电网变电运维相关工作(E-mail: 220122094@seu.edu.cn);

陈梦涛(1989),男,硕士,工程师,从事特高压电网变电运维相关工作;

高世宇(1990),男,硕士,工程师,从事特高压电网变电运维相关工作。

Single-phase three-level APF vector mode for one-cycle control

TAN Fenglei, CHEN Mengtao, GAO Shiyu, LIU Xuequan, ZHU Chao

(Jiangsu Electric Power Co., Ltd. Maintenance Branch Company, Nanjing 211102, China)

Abstract: A vector mode of one-cycle control for single-phase three-level APF is proposed, which can effectively reduce the switching losses by making one leg of single-phase APF work in a high-frequency switching state and the other work in frequency switching state. The working principle of single-phase APF is analyzed. Based on the fully considering of equalization control for the DC side capacitor voltage, five vector modes of one-cycle control for single-phase three-level APF are proposed and their control objectives equations are derived. Simulative results show that the five vector modes of one-cycle control are able to compensate the reactive and harmonic current effectively, which verifies its validity and feasibility.

Keywords: one-cycle control; single-phase; three-level; active power filter; vector mode

(编辑 方晶)