

(19) 中华人民共和国国家知识产权局



(12) 发明专利说明书

(10) 申请公布号 CN 103427666 A

(43) 申请公布日 2013.12.04

(21) 申请号 CN201310309919.4

(22) 申请日 2013.07.23

(71) 申请人 南京航空航天大学

地址 210016 江苏省南京市御道街 29 号

(72) 发明人 黄海涛 周波 秦显慧 刘晓宇 雷家兴

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司

代理人 朱小兵

(51) Int. CI

H02M5/458

权利要求说明书 说明书 幅图

(54) 发明名称

一种双级矩阵变换器的载波调制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种双级矩阵变换器的载波调制方法，该方法应用控制系统对电网电压进行采样，根据整流级输入电流空间矢量在所在扇区内的相对位置角计算有效电流矢量及零矢量的占空比，根据有效电流矢量及零矢量的占空比计算整流级的调制信号；计算一个调制周期内直流母

线电压的等效平均值，并结合有效电流矢量的占空比及零矢量的占空比计算逆变级调制信号；根据整流级、逆变级的调制信号生成所述双级矩阵变换器的整流级功率开关、逆变级功率开关的控制信号。该方法以电流空间矢量为基础，进行载波调制，抑制了窄脉冲的产生，抑制输入电压不平衡，简化了双级式矩阵变换器的调制过程，具有良好的应用前景和实用价值。

法律状态

法律状态公告日

法律状态信息

法律状态

权利要求说明书

1.一种双级矩阵变换器的载波调制方法，所述双级矩阵变换器包括整流级、
逆变级；所述整流级包括六组双向功率开关组成的三相桥式整流电路，所述
逆变级包括六组功率开关组成的三相逆变桥；其特征在于：该方法
包括如下步骤：

步骤 1.计算整流级调制信号 d_I ，计算公式如下：

$$d_I = (d_m + d_0) / 2$$

其中， d_m 为有效电流矢量 I_m 的占空比； d_0 为
零矢量的占空比； d_m 、 d_0 的计
算公式如下：

$$\begin{aligned} d_m &= \frac{m_c \sin(\frac{m\pi}{3} - \theta_{sc})}{d_n \sin(\theta_{sc})} \\ d_0 &= \frac{d_n \sin(\theta_{sc}) - m_c \sin(\frac{m\pi}{3} - \theta_{sc})}{d_n \sin(\theta_{sc})} \end{aligned}$$

其中， d_n 为有效电流矢量 I_n 的占空比； m_c 为
整流级调制比； θ_{sc} 为输入电流
空间矢量在所在扇区
内的相对位置角； m 、 n 为有效电流矢量的标号， $m=1$ 、
2、……、6， $n=1$ 、2、……、6，且 m 不等于 n ；

步骤 2.计算逆变级调制信号，计算公式如下：

$$\begin{aligned}
 &U_{ref1} = \frac{U_{offset}}{U_{PN}} - \frac{d_n}{d_0} \\
 &U_{ref2} = \frac{d_m}{d_0} + \frac{U_{offset}}{U_{PN}} - \frac{d_n}{d_0} \\
 &U_{ref1} = \frac{d_m}{d_0} + \frac{U_{offset}}{U_{PN}} - \frac{d_n}{d_0} \\
 &U_{ref2} = \frac{d_m}{d_0} + \frac{U_{offset}}{U_{PN}} - \frac{d_n}{d_0}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &U_{ref2} = \frac{d_m}{d_0} + \frac{U_{offset}}{U_{PN}} - \frac{d_n}{d_0} \\
 &U_{ref1} = \frac{d_m}{d_0} + \frac{U_{offset}}{U_{PN}} - \frac{d_n}{d_0}
 \end{aligned}$$

步骤 3.运用整流级调制信号 d_{I} 与预先设定的整流级三角载波交截生成 PWM 信号，控制所述整流级的六组双向功率开关；并运用逆变级的调制信号 u_{Uref1} 、 u_{Vref1} 、 u_{Wref1} 、 u_{Uref2} 、 u_{Vref2} 、 u_{Wref2} 分别与预先设定的逆变级三角载波交截生成 PWM 信号，控制逆变级的六组功率开关。

2.根据权利要求 1 所述的双级矩阵变换器的载波调制方法，其特征在于：

所述整流级三角载波幅值从 0 到 1 变化，载波周期与调制周期相同；所述逆变级三角载波幅值从-1到 1 变化，载波周期与调制周期相同。

3.根据权利要求 1 或 2 所述的双级矩阵变换器的载波调制方法，其特征在于：

$u_{offset} = -(u_{max} + u_{min})/2$ 其中，
 u_{max} 为 u_U 、 u_V 、 u_W 中的最大值，
 u_{min} 为 u_U 、 u_V 、 u_W 中的最小值。

说明书

<p>技术领域

本发明属于交流电能变换装置技术领域，具体涉及三相交流变频领域的双级式矩阵变换器的载波调制方法。

背景技术

双级式矩阵变换器的主功率电路拓扑如图 1 所示。它由 6 组双向功率开关构成的整流级和 6 组单向功率开关构成的逆变级级联而成。其中 SX 表示连接 X 相与直流母线正极 P 的功率开关， SX' 表示连接 X 相与直流母线负极 N 的功率开关， X 可以为输入端的 A 、 B 、 C 三相，也可为输出端的 U 、 V 、 W 三相。双级式矩阵变换器的输入端为 A 、 B 、 C ，一般连接至三相电网，输出端为 U 、 V 、 W ，一般连接至交流电机或感性负载设备。

双级式矩阵变换器的主流调制方法有双空间矢量调制和载波调制两种，其中双空间矢量调制方法的实施需要进行多次扇区划分以及复杂的矢量排序，计算过程复杂。

载波调制通过选取合适的载波与调制波交截产生 PWM 信号来控制功率开关的通断，其在实施过程中可自动产生所需要的矢量并维持相应的时间，更易于硬件实现，因此具有广泛的应用前景。

对双级式矩阵变换器而言，载波调制过程分为整流级调制和逆变级调制，传统的载波调制方法如图 2 所示。图中 d_{I} 为整流级调制信号，三角载波的幅值从 0 到 1 变化，周期与采样周期相同， d_{I} 与三角波交截可生成整流级两斩波相功率开关的开关信号；逆变级使用非对称

的三角波作为载波，该种载波使用不同的上升斜率和下降斜率以保证时序上与整流级的同步，载波周期为采样周期的一半，调制信号 u_{Uref} 、 u_{Vref} 、 u_{Wref} 与逆变级载波交截可生成对应输出桥臂的开关信号。在载波固定的情况下，调制信号的计算显得十分重要，传统的载波调制信号计算过程如下：

(1) 整流级调制信号计算：

设三相输入电压分别为 u_A 、 u_B 、 u_C ，记输入电压的最大值为 u_{imax} ，输入电压的最小值为 u_{imin} ，输入电压的中间值为 u_{imid} ，整流级调制将选取两种较大的线电压使之出现在直流侧，控制两种线电压的出现时间保证输入电流的正弦。取绝对值最大的相，若该相电压符号为正，则在调制周期内该相始终连接至直流母线的正极，另外两相交替连接至直流母线负极，交替导通的功率开关的占空比分别为

$$d_I = \frac{u_{imid} - u_{imin}}{u_{imax} - u_{imin}}$$

$$d_{II} = \frac{u_{imax} - u_{imid}}{u_{imax} - u_{imin}}$$

d_I 对应电压幅值最小相的功率开关的占空比， d_{II} 对应电压

幅值中间相的功率开关的占空比。

若绝对值最大相电压符号为负，则在调制周期内该相始终连接至直流母线的负极，另外两相交替连接至直流母线正极，交替导通的功率开关的占空比分别为

$$\begin{aligned}
 & d_{I} = \frac{u_{i\max}}{u_{i\min}} \\
 & d_{II} = \frac{u_{i\max}}{2.2}
 \end{aligned}$$

其中， d_{I} 对应电压幅值最大相的功率开关的占空比， d_{II} 对应电压幅值中间相的功率开关的占空比。

整流级调制信号 d_{I} 与三角载波交截可以得到一对互补的 PWM 信号，这对互补信号可作为占空比与之对应的功率开关的开关信号。

(2) 逆变级调制:

首先计算出整流级两种开关状态对应的两种直流侧电压 u_{I} 、 u_{II} 结合式 (2.1) (2.2) 计算一个调制周期内直流母线电压的

平均值

$$U_{PN} = u_I d_I + u_{II} d_{II} \quad (2.3)$$

设三相期望输出电压分别为 u_U 、 u_V 、 u_W ，计算得到逆变级三相调制信号：

$$u_{Uref} = \frac{2}{3} \left(u_U + u_{offset} \right) - \frac{2}{3} \left(u_V + u_{offset} \right) - \frac{2}{3} \left(u_W + u_{offset} \right)$$

其中 u_{offset} 为各相调制信号中注入的偏置电压，通过选取合适的偏置电压，可

以提高电压利用率。当选取 $u_{offset} = -$

$(u_{max} + u_{min})/2$ 时，可起到与标准空间矢量调制等效的作用效果。 u_{max} 为 u_U 、 u_V 、 u_W 中的最大值， u_{min} 为 u_U 、 u_V 、 u_W 中的最小值。

最后三相调制信号与变斜率载波交截可以得到对应输出桥臂的开关信号。

运用上述调制方法，存在以下缺点：

- (1) 整流级产生窄脉冲，开关脉冲过窄会使功率开关在未完全开通时关断，从而使开关失效。通常采用的对调制信号进行限幅的方法会影响输出电压及输入电流的波形质量。
- (2) 输入级不平衡工况，扇区判断出现混乱，输入电压的波形畸变会影响输出电压。
- (3) 现有方法变斜率载波不容易通过 DSP 实现，增加了实施难度。

现有技术中的调制方法会出现的具体问题，可参考以下文献：

- [1] Poh Chiang Loh, Runjie Rong, F. Blaabjerg and Peng Wang, "Digital Carrier Modulation and Sampling Issues of Matrix Converters," IEEE Trans. On Power Electro., vol. 24, no. 7, pp. 1690-1700, July 2009.
- [2] X. Liu, P. Wang, P. C. Loh and Blaabjerg, "Compact Three-Phase Single Input/Dual Outputs Matrix Converter" IEEE Trans. on Industrial Electronics, vol. 59, no. 1, pp. 6-16, Jan. 2012.

发明内容

本发明所要解决的技术问题是：提供一种双级矩阵变换器的载波调制方法，解决了现有技术中的调制方法产生整流级窄脉冲及输入不平衡工况下输出波形产生畸变的问题。

本发明为解决上述技术问题，采用如下技术方案：

一种双级矩阵变换器的载波调制方法，所述双级矩阵变换器包括整流级、逆变级；所述整流级包括六组双向功率开关组成的三相桥式整流电路，所述逆变级包括六组功率开关组成的三相逆变桥；该方法包括如下步骤：

步骤 1. 计算整流级调制信号 d_I ，计算公式如下：

$$d_I = d_m + d_0 / 2$$

其中， d_m 为有效电流矢量 I_m 的占空比； d_0 为零矢量的占空比； d_m 、 d_0 的计算公式如下：

$$\begin{aligned} d_m &= \frac{m_c \sin(\pi/3 - \theta_{sc})}{m_c \sin(\pi/3)} \\ d_0 &= \frac{d_n}{1 - \frac{m_c \sin(\pi/3 - \theta_{sc})}{m_c \sin(\pi/3)}} \end{aligned}$$

其中， d_n 为有效电流矢量 I_n 的占空比； m_c 为整流级调制比； θ_{sc} 为输入电流空间矢量在所在扇区内的相对位置角； m 、 n 为有效电流矢量的标号， $m=1、2、\dots、6$ ， $n=1、2、\dots、6$ ，且 m 不等于 n ；

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/898043060053007006>