

第 7 章 PWM 控制技术 复习题

第 1 部分：填空题

1. PWM 控制的理论基础是 面积等效 原理，即 冲量 相等而形状不同的窄脉冲加在具有惯性的环节上时，其效果基本相同。
2. 根据“面积等效原理”，SPWM 控制用一组 等幅不等宽 的脉冲（宽度按 正弦 规律变化）来等效一个正弦波。
3. PWM 控制就是对脉冲的 宽度 进行调制的技术；直流斩波电路得到的 PWM 波是等效 直流 波形，SPWM 控制得到的是等效 正弦 波形。
4. PWM 波形只在单个极性范围内变化的控制方式称 单极性 控制方式，PWM 波形在正负极性间变化的控制方式称 双极性 控制方式，三相桥式 PWM 型逆变电路采用 双极性 控制方式。
5. SPWM 波形的控制方法：改变调制信号 u_r 的 幅值 可改变基波幅值；改变调制信号 u_r 的 频率 可改变基波频率；
6. 得到 PWM 波形的方法一般有两种，即 调制法 和 计算法，实际中主要采用 调制法。
7. 根据载波和信号波是否同步及载波比的变化情况，PWM 调制方式可分为 同步调制 和 异步调制。一般为综合两种方法的优点，在低频输出时采用 异步调制 方法，在高频输出时采用 同步调制 方法。
8. 在正弦波和三角波的自然交点时刻控制开关器件的通断，这种生成 SPWM 波形的方称 自然采样法，实际应用中，采用 规则采样法 来代替上述方法，在计算量大大减小的情况下得到的效果接近真值。
9. 正弦波调制的三相 PWM 逆变电路，在调制度 α 为最大值 1 时，直流电压利用率为 0.866，采用 梯形 波作为调制信号，可以有效地提高直流电压利用率，但是会为电路引入 低次谐波。
10. PWM 逆变电路多重化联结方式有 变压器方式 和 电抗器方式，二重化后，谐波地最低频率在 2 ω_c 附近。
11. 从电路输出的合成方式来看，多重逆变电路有串联多重和并联多重两种方式。电压型逆变电路多用 串联 多重方式；电流型逆变电路多采用 并联 多重方式。
12. PWM 跟踪控制法有 滞环比较 方式、三角波比较 方式和 定时比较 方式三种方式；三种方式中，高次谐波含量较多的是 滞环比较 方式，用于对谐波和噪声要求严格的场合的是 三角波比较 方式。

第 2 部分：简答题

1. 试说明 PWM 控制的基本原理。

答：PWM 控制就是对脉冲的宽度进行调制的技术。即通过对一系列脉冲的宽度进行调制，来等效地获得所需要波形（含形状和幅值）。

在采样控制理论中有一条重要的结论：冲量相等而形状不同的窄脉冲加在具有惯性的环节上时，其效果基本相同，冲量即窄脉冲的面积。效果基本相同是指环节的输出响应波形基本相同。上述原理称为面积等效原理

以正弦 PWM 控制为例。把正弦半波分成 N 等份，就可把其看成是 N 个彼此相连的脉冲列所组成的波形。这些脉冲宽度相等，都等于 π/N ，但幅值不等且脉冲顶部不是水平直线而是曲线，各脉冲幅值按正弦规律变化。如果把上述脉冲列利用相同数量的等幅而不等宽的矩形脉冲代替，使矩形脉冲的中点和相应正弦波部分的中点重合，且使矩形脉冲和相应的正弦波部分面积（冲量）相等，就得到 PWM 波形。各 PWM 脉冲的幅值相等而宽度是按正弦规律变化的。根据面积等效原理，PWM 波形和正弦半波是等效的。对于正弦波的负半周，也可以用同样的方法得到 PWM 波形。可见，所得到的 PWM 波形和期望得到的正弦波等效。

2. 单极性和双极性 PWM 调制有什么区别？三相桥式 PWM 型逆变电路中，输出相

电压(输出端相对于直流电源中点的电压)和线电压 SPWM 波形各有几种电平?

答: 三角波载波在信号波正半周期或负半周期里只有单一的极性, 所得的 PWM 波形在半个周期中也只在单极性范围内变化, 称为单极性 PWM 控制方式。

三角波载波始终是有正有负为双极性的, 所得的 PWM 波形在半个周期中有正、有负, 则称之为双极性 PWM 控制方式。

三相桥式 PWM 型逆变电路中, 输出相电压有两种电平: $0.5U_d$ 和 $-0.5 U_d$ 。输出线电压有三种电平 U_d 、 0 、 $-U_d$ 。

3.试简单比较 PWM 控制中的算法和调制法的特点。

答: 算法根据正弦波频率、幅值和半周期脉冲数, 准确计算 PWM 波各脉冲宽度和间隔, 据此控制逆变电路开关器件的通断, 就可得到所需 PWM 波形。它无需硬件电路而只需软件计算实现, 便于实现数字化控制, 但是计算编程复杂且在线计算难度大。

调制法把希望输出的波形作为调制信号, 把接受调制的信号作为载波, 通过信号波的调制得到所期望的 PWM 波形。它通过硬件电路自动实现 PWM 控制, 无需编程计算, 简单方便且实用, 但它不便于实现数字化控制, 且电路较为复杂因而可靠性较低。

4.什么是 SPWM 的规则采样法? 和自然采样法相比它有什么优点?

答: 规则采样法是一种在采用微机实现时实用的 PWM 波形生成方法。规则采样法是在自然采样法的基础上得出的。规则采样法的基本思路是: 取三角波载波两个正峰值之间为一个采样周期。使每个 PWM 脉冲的中点和三角波一周期的中点(即负峰点)重合, 在三角波的负峰时刻对正弦信号波采样而得到正弦波的值, 用幅值与该正弦波值相等的一条水平直线近似代替正弦信号波, 用该直线与三角波载波的交点代替正弦波与载波的交点, 即可得出控制功率开关器件通断的时刻。

比起自然采样法, 规则采样法的计算非常简单, 计算量大大减少, 而效果接近自然采样法, 得到的 SPWM 波形仍然很接近正弦波, 克服了自然采样法难以在实时控制中在线计算, 在工程中实际应用不多的缺点。