# 绪论

## 矩阵变换器的发展和研究现状

### 传统交流变换器

随着电力电子技术的发展，学者研究出了各种交流变换器，在经济生产中取得了重大的效益。然而传统的交流变换器存在一定的缺陷，比如间接式的交流变换器采用交-直-交的方式进行变频，直流侧采用大电容滤波，既增大了变换器的体积，同时降低了电路的可靠性，而且输入侧的电流不可控，产生大量的谐波，污染了电网环境；而采用反并联的三相晶闸管可控整流桥组成的直接式交-交变换器，输出频率的范围仅限制在小于输入的三分之一，输入功率因数低，且采用的晶闸管数量庞大【电力电子书】。因此，需要研制一种新型的交流变换器来解决传统变换器的缺点，其应涵盖一下优点：

1. 电路结构简单；
2. 输出频率和幅值可调节范围广；
3. 相对可等效为电阻，减小功率污染；
4. 电压和电流可逆；

### 传统矩阵变换器

矩阵变换器是一种新型的交流变换器，能够将多相输入变换成任意的多相输出，且不需要能量存储装置【control of matrix converter】。矩阵变换器具有如下的特征：

1. 电路结构紧凑；
2. 高质量的电压电流传递，无频率限制；
3. 能够产生正弦输入电流和单位功率因数；
4. 可以实现能量的双向流动；

这些特征很符合理想交流变换器的特性，因此矩阵变换器广泛地被学者所研究。

传统矩阵变换器(Conventional Matrix Converter)，简称CMC，最早在1979年由Venturini提出【1.20】。传统矩阵变化的功率电路由多个双向开关构成，在输入侧连接有低通滤波器，用于防止过电压的产生，抑制短路电流并消除输入电流中的高次谐波。然而传统矩阵变换器也存在一些缺点。双向开关通常由两个带有反并联二极管的开关管组成，在换流时考虑电流续流问题不能同时关断，又不能和下个导通开关重叠使电源短路，经研究后目前常用的方法为四步换流法【1.39】，但是使得控制的策略复杂且系统稳定性降低，不利于实现。

### 双级矩阵变换器

双级矩阵变换器（Two Stage Matrix Converter），简称TSMC，是矩阵变换器一种新型的拓扑结构，由Lixiang, Thomas. A Lipo于2001年首先提出【a novel matrix converter topology with simple commutation】。TSMC的结构和传统的交-直-交变换器结构相似，区别在于直流侧无储能元件。双级矩阵变换器输入侧为电流源整流器，输出侧为电压源逆变器，整体的功能和传统矩阵变换器相同，且较传统矩阵变换器有如下优点：

1. 输入侧的开关可以在零电流时导通和关断，所以可以避免换流问题；
2. 传统逆变器的脉宽调制算法可以直接采用，大大简化了控制电路；
3. 在一定条件下可以减少开关数量，降低成本；
4. 整流级可以带多个逆变级，减少成本；

因此，双级矩阵变换器比传统矩阵变换器更有研究意义。

## 直接转矩控制发展和研究现状

### 直接转矩控制发展

异步电机具有结构简单，可靠性高等特点，应用十分广泛，但是其动态模型复杂，导致其应用受限制。目前异步电机的控制策略有很多，如图1.1所示。

图1.1

对异步电机动态过程控制最广泛的控制方法是由Hasse【2.28】和Blaschke【2.5】提出的磁场定向控制，通过将异步电机方程转换至和转子磁场同步旋转的坐标系后，通过控制直轴和交轴的电流即可对磁链和转矩进行控制。在80年代中期，当学术界想要以磁场定向为异步电机控制标准时，Depenbrock【2.2】以及Takahashi和Noguchi【2.71】分别提除了以bang-bang控制代替磁链解耦的新型控制策略，即所谓的直接转矩控制。由于直接转矩控制的结构简单，适合功率变换器的开关工作模式，只使用定子参数从而对电机参数的依赖性小，此后获得了快速的发展。

### 直接转矩控制研究现状

目前直接转矩控制的形式有很多种，应用最多的几种方法如下【2】：

1. 查表法DTC: 预先确定在不同位置下各电压矢量对磁链的影响，并列出表格；控制时使用磁链和转矩滞环结果作为检索指数，查找到对应的开关信息输出，从而将磁链和转矩控制在给定的范围内；
2. 直接自控制：通过对三相定子磁链以及转矩的滞环控制，直接选择三个桥臂的开关状态，从而对磁链和转矩进行控制。直接自控制的开关频率低，转矩响应快，多用于大功率的牵引系统中；
3. 恒开关频率DTC: 采用滞环控制的DTC的开关频率不固定，而且采用数字控制器实现时磁链和转矩不能严格控制在环宽内，因此出现了固定开关频率的直接转矩控制。其实现方式可以采用闭环PI控制，预测控制或神经模糊控制，将转矩和磁链的误差转化为电压给定信号，从而可以应用脉宽调制技术。

## 位置观测器概述

异步电机的动态控制需要转速信息，通常的做法是安装速度传感器对转速直接采集，但是速度传感器的安装使得异步电机的体积和费用增大，同时在恶劣环境下的可靠性也下降，所以采用无位置传感器的转速观测器可以进一步改善电机的性能。