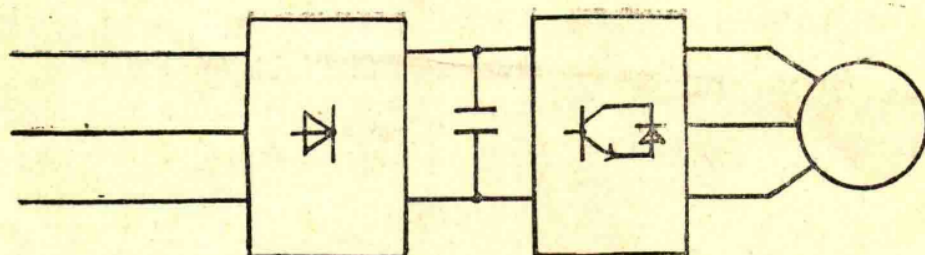


# 交流电动机变频调速器使用与维修

魏文林 曹 均 郭玉庆编



南京南普电力电子有限公司

# 前 言

现代交流电动机变频调速器集整流、斩波、锁相、逆变等技术于一身，又结合微电子技术、计算机技术，发展速度之快使使用维护人员适应较慢。虽然设计人员采取了便于使用维修的各种手段和措施，但由于它涉及的知识面太广，新技术、新材料、新器件的选用率又非常高，而这些新技术、新材料、新器件又必须满足某些条件才能使用，所以这对使用维护人员来说总是有这样或那样的问题使其烦恼。为此，本书愿为减轻这种烦恼而提供一定的帮助。

调速装置有机械调速、直流调速、交流调速三大类，每一类又有多种型式。如交流调速系统中有：变极调速、变频调速、变转差率调速等，每一种型式又依据调节电压、电流、变频、相位、电阻、电抗、接线等参数的不同又有相应的机型。在过去的几十年中，调速装置出尽风头的要属直流调速系统。但虽然直流调速从理论到技术以及性能指标等方面均已日臻成熟，然而，由于直流电动机本身存在的缺陷，如具有机械式换向器，有火花，体积、重量大，调速范围小，维护工作量大等因素的影响，使其进一步发展受到限制。交流调速在近廿年中也有较大的发展，但其中大部分都随转速的降低效率大大降低。唯变频调速系统具有效率高、调速范围大、精度高、自控性能好，又能借助鼠笼式电动机坚固、可靠、低价、维修量小，能在恶劣条件下运行等优势得以迅速发展，是人们所公认的理想调速方法。

本书以南京南普电力电子有限公司生产的NP—PI89系列变频器为例，介绍变频器的原理，使用、维修等方面的知识。这种变频器为调压调频型，简称VVVF型变频器。

本书共分7章，其中第1章～第4章和第7章由魏文林编写，第5章由郭玉庆编写，第6章由曹均编写。

由于编写时间仓促，书中难免有错误或不妥之处，敬请读者不吝指正。

编 者

一九九二年四月

7MUY  
1

# 目 录

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| 第 1 章 变速传动的负载特性              |        |
| 1.1 变速传动系统的组成                | ( 1 )  |
| 1.2 负载的机械特性                  | ( 1 )  |
| 1.2.1 恒功率特性                  | ( 3 )  |
| 1.2.2 恒转矩特性                  | ( 3 )  |
| 1.2.3 风机泵类特性                 | ( 4 )  |
| 第 2 章 三相感应电动机                |        |
| 2.1 引言                       | ( 5 )  |
| 2.2 三相感应电动机S.T.P             | ( 5 )  |
| 2.3 端电压和频率比值恒定特性             | ( 6 )  |
| 2.4 转差率与电势、电流、电抗、频率之间的关系     | ( 7 )  |
| 2.5 感应式异步电动机调速               | ( 7 )  |
| 第 3 章 感应电动机的变频调速             |        |
| 3.1 变频器分类                    | ( 8 )  |
| 3.2 交—交变频                    | ( 8 )  |
| 3.3 交—直—交变频                  | ( 9 )  |
| 3.3.1 脉冲幅度调制式PAM             | ( 9 )  |
| 3.3.2 脉冲宽度调制式PWM             | ( 10 ) |
| 3.3.3 $v/f$ 比恒定SPWM控制变频器基本结构 | ( 11 ) |
| 3.3.4 SPWM变频器优缺点             | ( 11 ) |
| 第 4 章 NP—PI89系列变频器技术指标及功能介绍  |        |
| 4.1 输入电源                     | ( 12 ) |
| 4.2 输出                       | ( 12 ) |
| 4.3 控制特性                     | ( 12 ) |
| 4.4 运转特性                     | ( 13 ) |
| 4.5 保护功能                     | ( 14 ) |
| 4.6 使用环境要求                   | ( 15 ) |
| 第 5 章 NP—PI89系列变频器的使用简介      |        |
| 5.1 概述                       | ( 16 ) |
| 5.2 如何选用PI89系列变频器和加减速时间设定    | ( 16 ) |
| 5.2.1 一台变频器驱动一台电动机           | ( 16 ) |

|                 |                              |      |
|-----------------|------------------------------|------|
| 5.2.2           | 一台变频器驱动二台电动机                 | (16) |
| 5.2.3           | 加速时间的设定                      | (17) |
| 5.2.4           | 减速时间的设定                      | (17) |
| 5.2.5           | 超额定转速应用时                     | (17) |
| 5.3             | 如何调整PI89系列变频器                | (18) |
| 5.3.1           | PI89系列变频器出厂时各开关或旋钮数值或位置的标准设定 | (18) |
| 5.3.2           | 试车注意事项                       | (18) |
| 5.4             | 综合布线                         | (18) |
| 第6章 变频器的一般故障及维修 |                              |      |
| 6.1             | 用户设计系统时应注意的事项                | (20) |
| 6.2             | 开机前的常规检查                     | (20) |
| 6.3             | 如何判别输入整流桥及功率晶体管模块的好坏         | (20) |
| 6.4             | 故障判断及对策                      | (22) |
| 第7章 异步电动机调速节能   |                              |      |
| 7.1             | 异步电动机调速节能概述                  | (24) |
| 7.2             | 异步电动机调速节能比较                  | (29) |

# 第一章 变速传动的负载特性

## 1.1 变速传动系统的组成

图1.1框图表示电气传动系统中易于区分的几个主要组成部分。对应用工程师来说,选择变速传动之初,负载是已知的,选择何种电动机、变速环节、控制器是根据负载特性确定的,然而所用电源也是选择传动系统的重要因素。为此在选择变速系统之前,首先应了解各种机械负载的特性,然后研究电动机的调速特性与负载特性的吻合程度。

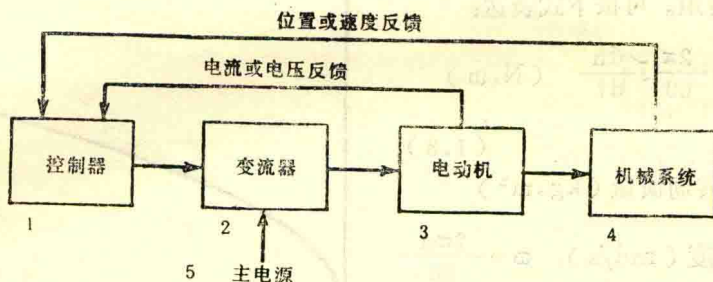


图 1.1 传动系统组成框图

## 1.2 负载的机械特性

负载的机械特性定义为:负载通过联轴器加到电动机轴上的转矩与电动机转速之间的函数关系。这一关系可用图1.2所示的四象限转速—转矩图来表示。图中 $n$ 是电动机或传动轴的转速, $T_P$ 是电动机产生的转矩或机械负载转轴所需转矩。

图1.2中,第1象限用于一般正向传动;第2象限是给机械负载反向转矩,以供制动;第3象限与第1象限类同,只是电动机反向传动。第4象限存在两种可能的工作状态;如果负载原来工作于第1象限,换入第4象限运行时,负载拖着电动机逆转,相当于反接制动。如果负载原来工作于第3象限,采取摩擦制动、涡流制动、能耗制动、再生制动、都相当于第4象限运行,堵转是第4象限运行的特殊情况。

研究负载的机械特性离不开研究负载转矩,而负载转矩由哪些因素组成呢,大致有以下几项:

1、负载机械本身因摩擦力而产生的转矩,它与转速成一次方关系,即:

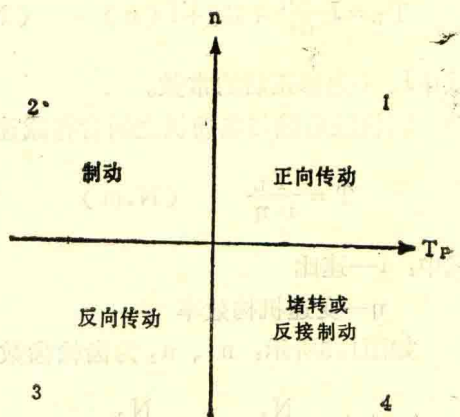


图 1.2 四象限转速—转矩图

$$T_F = Bn + K \quad (\text{N}\cdot\text{m}) \quad (1.1)$$

式中: B—常数

K—常数

n—转速 (r/min)

其关系曲线如图1.3所示。

2、风阻对机械负载产生的转矩。对于旋转机械来说,近似与转速的平方成正比。即:

$$T_L = Kn^2 \quad (\text{N}\cdot\text{m}) \quad (1.2)$$

式中: K—常数

其关系曲线如图1.4所示。有时可近似用(1.1)去常数项来代替。

3、机械负载在加减速过程中用于克服机械惯性而产生转矩。可按下式表达:

$$T_J = J \frac{d\omega}{dt} = \frac{2\pi}{60} J \frac{dn}{dt} \quad (\text{N}\cdot\text{m}) \quad (1.3)$$

式中: J—系统的转动惯量 (kg·m<sup>2</sup>)

$$\omega \text{—角速度 (rad/s)} \quad \omega = \frac{2\pi n}{60}$$

式(1.3)说明加减速引起负载机械的转矩正比于速度变化率 它只是一个暂态过程。

4、机械负载作机械功产生的转矩,它在一定的负载下是转速n的某种函数,即:

$$T_w = f(n) \quad (\text{N}\cdot\text{m}) \quad (1.4)$$

由上分析可知机械负载转矩可综合为下式表达:

$$T_L = J \frac{d\eta}{dt} + Bn + f(n) \quad (\text{N}\cdot\text{m}) \quad (1.5)$$

式中J、B为修正后的常数。

若机械负载与电动机之间含有减速或增速机构,折算到电机转轴上的转矩应为:

$$T = \frac{T_L}{i \cdot \eta} \quad (\text{N}\cdot\text{m}) \quad (1.6)$$

式中: i—速比

η—变速机构效率

如图1.5所示: n<sub>1</sub>、n<sub>2</sub> 为齿轮齿数。则:

$$i = \frac{N_2}{N_1} \rightarrow T = \frac{N_1}{N_2} \eta T_L \quad (1.7)$$

通常机械负载转矩最主要的是机械功所产生的部分,机械负载虽然有多种多样,但从机

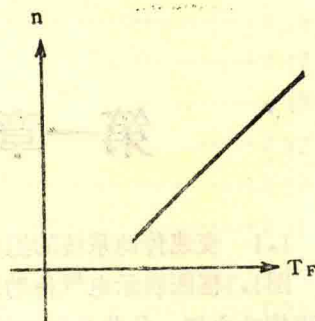


图 1.3 摩擦转矩—转速图

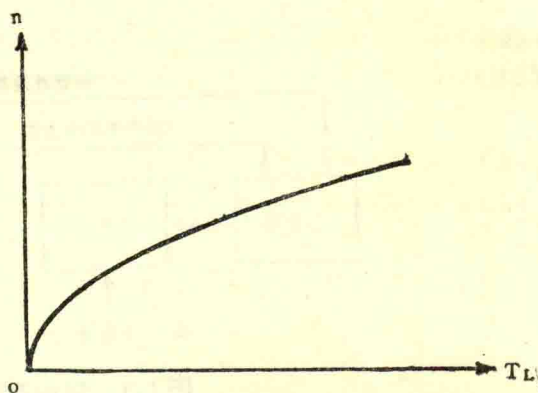


图 1.4 风机、水泵负载特性

原  
书  
缺  
页

原  
书  
缺  
页

原  
书  
缺  
页

原  
书  
缺  
页

# 原 书 缺 页

原  
书  
缺  
页

原  
书  
缺  
页

原  
书  
缺  
页

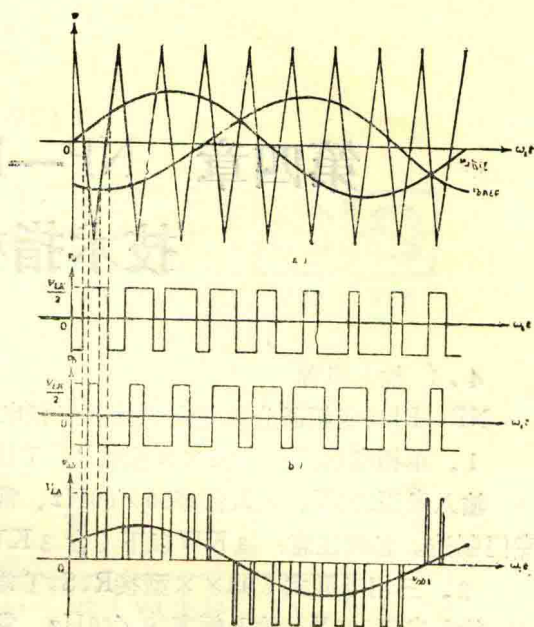
(3.7)所示,中间脉冲宽,两边脉冲窄,这样的输出电压波形接近正弦波,则线电压的谐波分量就可以显著地减少,电动机旋转磁场的“步进”现向也可消除。

这种波形是正弦波(基准波)的调制参考电压与高频三角波(载波)调制而成的。也就是说正弦基准波之一与高频三角波每一个交点确定了某一个晶闸管的导通或关断如图(3.8)所示,这就是SPWM原理。逆变器输出电压和频率的大小均由基准波来控制,当改变基准波频率时逆变器输出频率也能随之改变,当改变基准波电压幅值时,逆变器输出电压的脉冲宽度也改变,使输出电压的有效值发生改变。由此可见,只要基准波参考信号 $u_1/f$ 按恒定比例关系变化,变频器就使拖动感应电动机按恒转矩特性运行。

3.3.3  $u_1/f$ 比恒定SPWM控制变频器基本结构见附图三。

#### 3.3.4 SPWM变频器优缺点

- 1、结构简单,价格适宜。
- 2、和运行可靠的笼型电动机配套,适用范围广、可靠性高、维修量小。
- 3、由于它的输出频率可以高于输入频率几倍,所以调速范围宽。
- 4、一台变频器可以带数台感应电动机,便于实现同步、比例运行见附图一。但当几台电动机负载不同时,其同步精度不高,需另加速度闭环系统。
- 5、只要计算机储量够用频率分解度可以很小,对高精度自动控制系统亦能满足。
- 6、只要控制方法选择得当,可以得到准确的转速控制。如加装电流控制,可以在任意转速下产生最大允许电动机转矩。
- 7、有软起动功能,可降低电网的容量。
- 8、各种保护功能容易实现。
- 9、有制动功能,加装车刹模组效果更佳。但计算复杂。
- 10、能接收通用的各种标准信号,便于自动控制。



图(3.8)合成波原理、

## 第四章 NP—PI89系列变频器 技术指标及功能

### 4.1 输入电源

NP—PI89变频器分单相电源式和三相电源式。

#### 1. 单相电源式：(92××型接R、T端子)

输入电压220V、输入频率50/60Hz、常规规格0.4~2.2KW。3.7KW~22KW亦能专门制造。必须注意：3KW以下(含3KW)Y型电动机改接线为△形接法。

#### 2. 三相电源式(93××型接R、S、T端子)

输入电压380V、输入频率50/60Hz、常规产品0.75~110KW、132~280KW亦能专门制造。无论单相或三相允许输入电压变化±10%、

### 4.2 输出

#### 1. 无论采用单相或三相输入，输出都为三相(U、V、W端子)。

#### 2. 2.5Hz~50/60Hz输出电压/频率比≈常数，输出电压随输出频率可变。

3. 50/60Hz~123Hz输出电压等于输入电压。图4.1为输出电压、频率特性。

4. 曲线1为50Hz时输出最高电压(VR1选择51~58)、曲线2为60Hz时输出最高电压(VR1选择61~68)

### 4.3 控制特性

1. 八位机，正弦波脉冲宽度调制方式(SPWM)

2. 调制频率：1480Hz

3. 频率精度：±0.5% 最高输出频率。

4. 频率解析度：低速方式时(即最高频率选62.5Hz时)为0.5Hz(DSW 3为OFF)，高速方式时(即最高频率选125Hz时)为1Hz(DSW 3为ON)。

5. 转矩能提升：为克服摩擦性负载效大的起动转矩，提高低频率时的输出电压，从而达到提高起动转矩的目的。最大值30%(VR1、51~58、61~68调整方法见说明书)。

6. 有过载能力：110%以上反限时特性。

7. 有制动能力：20%额定转矩(超过时须另加装再生放电刹车系统、或采用刹车电机)。

图4.2调整位置图。调整方法详见产品说明书。

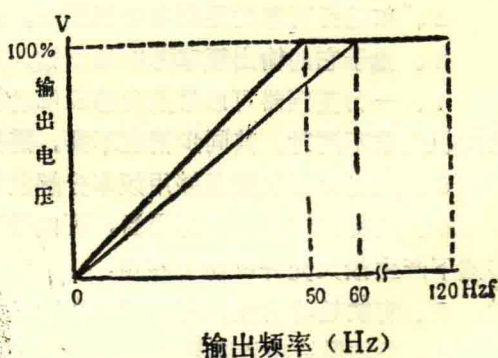


图4.1 输出电压、频率特性

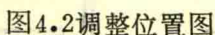


Figure 1: External control circuit diagram of the frequency converter. The diagram shows a terminal block with 13 terminals labeled JOG, 2X, free run, Rev, FOR, CM, Reset, V1, V2, V3, I2, Ta, Tb, and Tc. Above the terminals are labels for their functions: 寸动 (JOG), 速度 2 (2X), 自然停止 (free run), 马达反转 (Rev), 马达正转 (FOR), 共同点 (CM), 重置 (Reset), 5V (V1), 输入 (V2), 0V (V3), 4~20mA (I2), 报警输入 (Ta), and 报警输出 (Tb). The circuit includes a 5V supply, a 1kΩ/2W resistor, a 1mA current source, and a terminal for a 0V connection. A note indicates that the FOR and CM terminals are shorted at the factory and can be removed for external control.

图4.3控制用接线端子图

#### 4.4 运转特性

1、频率控制：①面板电位器  $0 \sim 5\text{V}$  控制。②信号用  $\text{DC } 0 \sim 5\text{V}$  输入、 $\text{DC } 0 \sim 10\text{V}$  输入、 $\text{DC } 4 \sim 20\text{mA}$  输入都可。

2、DC输出: +5 V可供面板频率控制及多台比例运行。

### 3、最高频率限定可调整:

低速方式: 调整VRO 30~62.5Hz

高速方式: 调整VRO 62.5~125Hz

4、加减速时间可以控制，具有软起动功能；

低速方式: 0.2~150秒可选。(VR 2)

高速方式: 0.6~150秒可选。(VR3)

必须注意：由式(1.3)机械负载在加减速过程中用于克服机械惯性而产生转矩  $T_J = J \frac{dn}{dt}$ ，所以加减速时间愈短  $\frac{dn}{dt}$  愈大，从而转矩  $T_J$  增加 → 磁通增加 → 电动机输入电流  $I_1$  增加 → 超过一定值时 VVVF 保护。所以加减速时间不宜过短。

5、有寸动功能: CM与JOG短接变频器输出5 Hz定值, CM与JOG断开输出频率立即为0。

6、有二级变速和多级变速功能;