

# 交流变频调速电机 在铁大输油管道上的应用

张凤哲

(东北输油管理局)

在铁岭—大连的输油管道技术改造工程项目中, 我局从西德西门子公司引进了3套SIMOVERT A 交流变频调速电机, 分别安装在沈阳、大石桥和复县泵站。沈阳和复县泵站的两套设备已经投入运行。

异步电机结构简单, 易于维护管理, 经久耐用, 造价低, 应用广泛。国内、外都在探索这种电机调速和控制的新方法。

异步电机的转差率为:  $S = (n_0 - n) / n_0$ ,

则  $n = n_0 (1 - S)$ , 即  $n = (60f_1 / P) (1 - S)$  (1)

由式(1)可知, 异步电机转子的转速与电源频率 $f_1$ 、磁极对数 $P$ 和转差率 $S$ 有关。改变 $f_1$ 、 $P$ 、 $S$ 即可改变转子的速度。所以, 异步电机有下列调速方法: 变频调速; 变极调速; 变转差调速, 包括①调压调速、②调转子电阻调速(绕线转子)③转子串级调速(绕线转子)。

上述调速方法中, 变频调速在国内外愈来愈显示出极大的优越性。特别是到了70年代, 西门子公司采用了矢量变换控制理论之后, 变频调速技术更有了新的突破。从西门子公司引进的这种调速电机, 即是变频调速的一种。它通过SIMOVERT A 变频器来驱动和变频控制鼠笼式异步电机。

下面概要地介绍这种变频调速电机的拖动系统和技术性能。

## 1. 主电路

SIMOVERT A变频调速电机主电路见图1。

## 2. SIMOVERT A变频器

变频器按直流回路中滤波方法的不同而分为两种: 一种是电流型(电感滤波); 另一种是电压型(电容滤波)。该种变频系交—直—交电流型双重化变频器(包括主变频器和从变频器)。主或从变频器都是由整流器、滤波电抗器和逆变器所组成, 是两套对称系统。该系统将50Hz交流电经整流器变为直流电, 经滤波电抗器, 输出稳恒、平直的直流电, 再经逆变器将直流电变为频率可调的交流电, 驱动鼠笼式异步电机转子旋转。主或从变频器主电路见图2。

(1) 整流器(GR) 系三相桥式全控整流电路。有6个晶闸管, SCR<sub>1</sub>、3、

5为共阴极(组)接法, SCR 4、6、2为共阳极(组)接法。SCR 1、4串联在一个桥臂上,接 $U_1$ 相; SCR 3、6串联在一个桥臂上,接 $V_1$ 相; SCR 5、2串联在一个桥臂上接 $W_1$ 相。

晶闸管的触发导通规律(见表1)。

a. 导通顺序:  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 6$

b. 同时有两个晶闸管导通工作, 分别在两相桥臂上, 一个在共阴极组(阳极处于最高电位), 另一个在共阳极组(阴极处于最低电位)。这样, 整流器输出的电压(即加在滤波电抗器输入端 $1L+$ ,  $1L-$ 的电压)为线电压值( $u_{2L}$ )。

c. 每个晶闸管导通电角 $120^\circ$ , 每隔电角 $60^\circ$ 触发导通下一个晶闸管。

d. 按 $U_1$ 、 $V_1$ 、 $W_1$ 相序, 相邻两个桥臂的晶闸管换流导通。

整流器输出电压波形取决于控制角 $\alpha$ 的大小(设自然换相点即三相正弦电压波形交叉点为 $\alpha = 0$ )。变压器 $T$ 星形二次线圈接主变频器, 当 $\alpha = 0$ 时输出电压波形见图3。

输出电压脉动频率为 $6 \times 50 = 300\text{Hz}$ ;

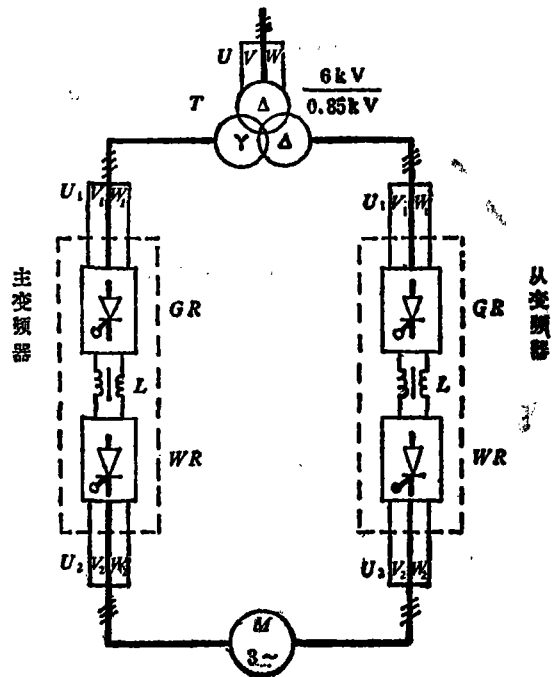


图1 变频调速电机主电路图

GR—整流器; WR—逆变器; L—电抗器;  
T—变压器; M—三相鼠笼式异步电机;  
U、V、W—相当我国50Hz电力网系统A、B、C三相

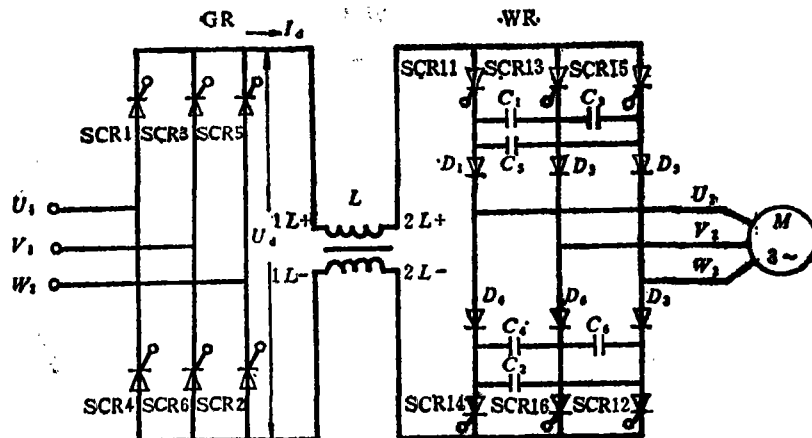


图2 主或从变频器主电路图

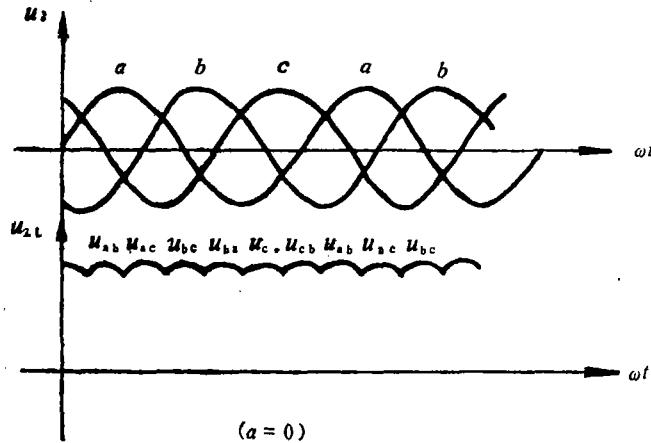


图3 三相桥式全控整流电路输出电压波形

$$\text{输出电压平均值 } u_d = 2.34u_2 \cos \alpha = \frac{2.34}{\sqrt{3}} u_{2L} \cos \alpha = 1.35 u_{2L} \cos \alpha$$

式中  $u_2$  ——  $U_1(a)$ 、 $V_1(b)$ 、 $W_1(c)$  相电压有效值；

$u_{2L}$  ——  $U_1$ 、 $V_1$ 、 $W_1$  线电压有效值。

(2) 滤波电抗器 ( $L$ ) 由整流器 ( $GR$ ) 输出的带有纹波的直流电压，经滤波电抗器滤去纹波使电压更加稳恒、平直。

该滤波电抗器有两组电抗线圈，最大电流870A，最小电流290A，最大电感6mH，最小电感3mH。

(3) 逆变器 ( $WR$ ) 把直流电变为交流电的过程称为逆变。它也分为两种：一是有源逆变，即把直流电变为与电网同频率的交流电，再馈送到电网中去；另一是无源逆变，即把直流电变为某一频率或频率可调的交流电供给负载。SIMOVERT A 系统的逆变器属于无源逆变过程。

该逆变器由6个晶闸管组成了三相桥式全控逆变电路。通过晶闸管有规律地触发导通，将直流电变为频率可调的交流电。晶闸管SCR11、13、15为共阳极（组）接法；SCR14、16、12为共阴极（组）接法。SCR11、14串联在一个桥臂上，该桥臂做为输出三相交流电的 $U_2$ 相；SCR13、16串联在一个桥臂上，该桥臂做为输出三相交流电的 $V_2$ 相；SCR15、12串联在一个桥臂上，该桥臂做为输出三相交流电的 $W_1$ 相。

晶闸管具有的导通规律：

a. 导通顺序， $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 6$ ；

b. 同时有两个晶闸管导通工作，分别在两个桥臂上，一个在共阳极组，一个在共阴极组，使直流电通过电机定子的一相绕组构成回路；

c. 每个晶闸管导通电角为 $120^\circ$ ，每隔电角 $60^\circ$ 触发导通下一个晶闸管；

d. 按输出三相交流电 $U_2$ 、 $V_2$ 、 $W_2$ 相序，相邻两个桥臂的晶闸管换流导通。晶闸管导通规律见表2。

晶闸管导通规律 表1

导通顺序	晶 闸 管 序 号					
	1	2	3	4	5	6
组别						
共阴极组	1	1	3	3	5	5
共阳极组	6	2	2	4	4	6

晶闸管导通规律 表2

导通顺序	晶 闸 管 序 号					
	1	2	3	4	5	6
组别						
共阴极组	1	1	3	3	5	5
共阳极组	6	2	2	4	4	6
拍	I	II	III	IV	V	VI

每两个晶闸管导通一次称为一拍，每一拍经过电角 $60^\circ$ ，每一拍时间内逆变器都要输出直流电通过电机定子一相绕组，产生一定相位的磁势，每隔电角 $60^\circ$ 换流到下一拍，在定子另一相绕组内直流导通，磁势旋转电角 $60^\circ$ ，于是产生了旋转磁势，驱动鼠笼转子旋转。详见图4（该电机定子绕组为角形接线，极对数 $P = 1$ ）。

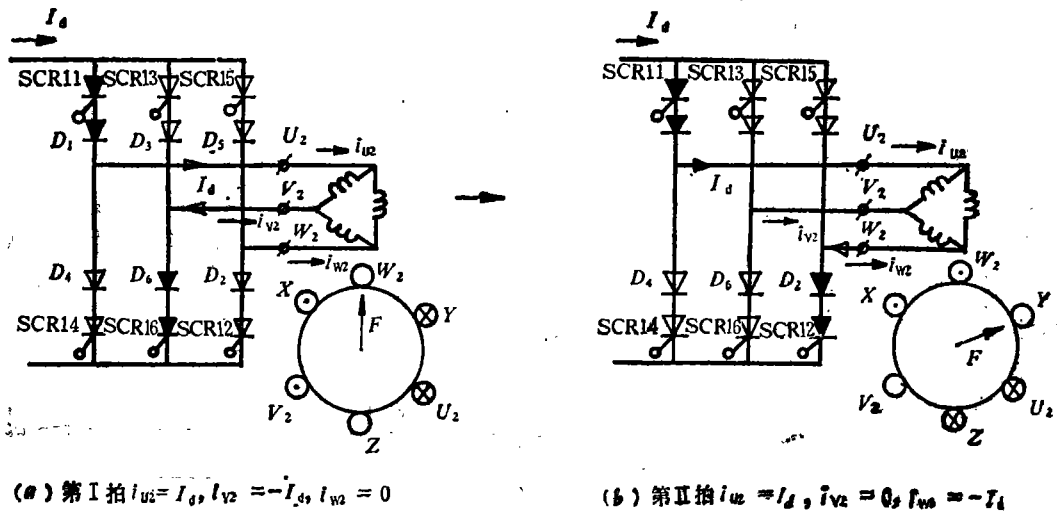


图4 各拍内电流通路、电流值及定子绕组磁势

以图4所示类推：

- 第III拍，SCR13与SCR12导通  $i_{u2} = 0, i_{v2} = I_d, i_{w2} = -I_d$ ，磁势 $F$ 步进 $60^\circ$ ；
- 第IV拍，SCR13与SCR14导通  $i_{u2} = -I_d, i_{v2} = I_d, i_{w2} = 0$ ，磁势 $F$ 步进 $60^\circ$ ；
- 第V拍，SCR15与SCR14导通  $i_{u2} = -I_d, i_{v2} = 0, i_{w2} = I_d$ ，磁势 $F$ 步进 $60^\circ$ ；
- 第VI拍，SCR15与SCR16导通  $i_{u2} = 0, i_{v2} = -I_d, i_{w2} = I_d$ ，磁势 $F$ 步进 $60^\circ$ ，即完成一个周期。

逆变器输出直流电流通过电机定子每相绕组的波形见图5。由此可见，流经每相绕组的电流波形是周期交变的 $120^\circ$ 方波，基波分量是正弦函数，在定子绕组内形成了对称的三相电流系统。

晶闸管靠触发脉冲去触发门极来实现导通，每隔电角 $60^\circ$ 触发一次，旋转磁势步进

一拍，6拍完成基波电流的一个周期。那么，改变了一拍的时间，即可改变输出电流的周期（或频率），实现变频调速。

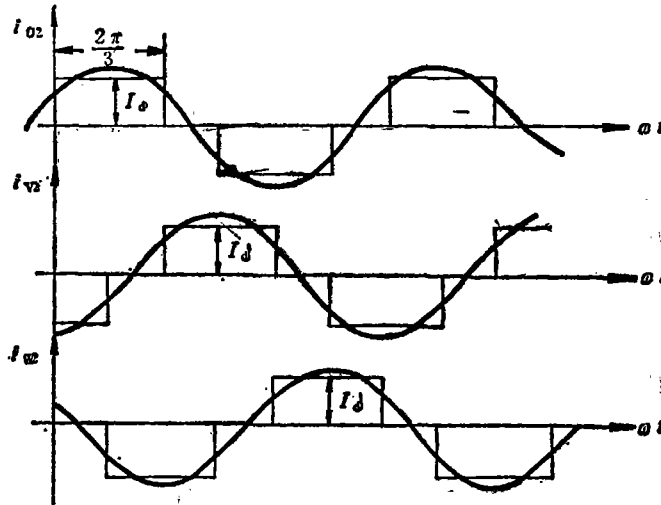


图5 逆变器输出电流波形

(4) 逆变器的双重化 对于主或从变频器来说，其中逆变器只有一套，可称为单元化逆变器，每隔电角 $60^\circ$ 触发导通一次，经6次触发导通，输出电流完成一个周期。因此，把这种逆变器称为6脉冲电流型逆变器。这种单元化逆变器产生脉动转矩，谐波损耗大，无功功率大，影响了逆变器有功功率的输出。SIMOVERT A变频器，由主、从变频器与两套定子绕组并联送行，组成了双重化逆变器。变压器次级线圈，一组为星形接线，另一组为角形接线，输出线电压相位差 $30^\circ$ ，逆变器输出电流相位差也是 $30^\circ$ 。这种双重化逆变器输出的方波电流进行迭加，12脉冲为一周期（相当于12脉冲单元化逆变器），克服了6脉冲逆变器的缺点，使电机运行平稳，避免了机械谐振，提高了效率，收到了节能的效果（见图6）。

### 3. 交流变频调速电机应用前途

SIMOVERT A 变频调速电机在使用中显示了优良的性能：

(1) 变频控制简单、易行、准确、可靠，变频范围宽，调速范围大，可以从5 Hz调至50 Hz。频率可以就地给定，亦可以远方给定，可以通过外部闭环来自动调节频率。

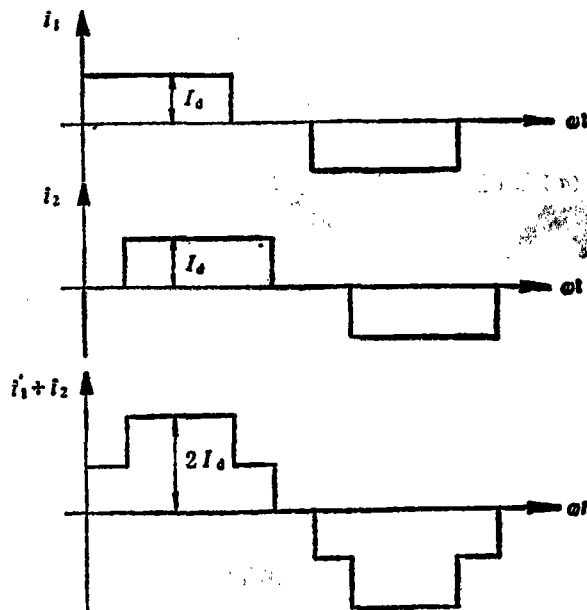


图6 主、从变频器并联时输出电流波形

(2) 变压器、电机和变频器具有可靠的保护和故障显示系统。

(3) 节能效果显著。输油管道使用泵做原油(或成品油)输送的动力,过去用阀门节流,浪费了大量的能量。而调速电机用控制转速来达到节流。由于电机消耗的功率与转速立方成正比,故可以大幅度的节能。尤其是鼠笼式异步电机运用变频调速(例如比绕线式异步电机),就是更能取得良好的经济效益。

目前,国内的大连、北京、天津、上海、西安等地都在研究交流变频调速的技术和设备;不仅研究大功率交流变频拖动系统,而且也在研制和生产50kVA以下的中小容量交流变频拖动系统。

(收稿日期:1990年2月6日)

## 管道局已评为国家计量二级企业

中国石油天然气总公司管道局计量定级评审考核工作,于1990年11月16日至19日在廊坊市管道局基地进行。

评审工作由河北省标准计量局与石油天然气总公司联合组成的计量定级评审组,依据国家技术监督局颁发的《大型石油企业局级单位计量定级升级考核评分办法》中的规定进行。评审组分别对管道局的计量管理、计量工作规划、计量法律法规的执行、计量技术素质等四个方面进行了现场考评。

评审组在听取了管道局对计量工作及计量定级准备情况的汇报后;分组认真查询了管道局自1984年以来计量管理工作的文件、统计报表、原始档案等文字资料及工作实绩;检查了廊坊基地管理处计量站、电力通信工程公司计量站、通信处计量站等代管道局开展计量检定技术机构的工作情况,并抽查了管道局廊坊机械制造厂计量工作的实际管理水平;为了突出管道运输行业的特点,于11月18日对北京输油公司石楼末站的计量工作进行了抽查、指导。

评审工作于11月19日胜利结束。经计量定级评审组的集体评议,管道局计量定级最终评审,总评达到国家计量二级企业水平,顺利通过考核评审,为全局企业升级打下了基础。

程 晔

## “七五”国家计划目标基本实现

据国家统计局初步估算,“七五”期间国民生产总值平均增长率可达7.6%,国民收入每年增长7.2%,均高出国家计划指标,是世界上发展最快的国家之一。

“七五”期间,我国固定资产投资平均每年以15.2%的速度增长,新增发电装机容量4 500多万千瓦,新增煤炭开采能力1.3亿吨,石油开采能力6 300多万吨,新建铁路里程3 400多公里。

摘自1990年11月19日人民日报海外版