

内馈电机斩波控制调速技术在水行业中的应用

The Application of Chop Control of the Inner Feedback Motor Speed Adjusting Technology in Water Trade

北京硕人海泰能源科技有限公司 聂海亮 秦 琦

北京市政工程设计研究总院 陈运珍

Nie Hailiang Qin Qi Chen Yunzhen

摘 要: 本文介绍了内馈电机斩波控制调速技术的原理及其在两家自来水厂的应用和节能分析。

关键词: 内馈电机 斩波控制 原理

Abstract: This article introduces the principle of the chop control of the inner feedback motor speed adjusting technology and its application in two water works and the energy saving analysis.

Key words: Inner feedback motor Chop control Principle

[中图分类号] TK730

[文献标识码] B

文章编号 1561-0330(2005)01-0132-04

1 引言

水泵拖动电机能耗一直是城市供水企业的生产成本中的主要部分。设计中一般均以高日高时为设计点,并且留有一定的设计裕量,表面上看已满足了供水需求,但实际上在大部分时间内系统均不能满足实际的供水量变化,尤其在后半夜或所需供水量极小时,所需配水扬程就变得很低,而泵的特性却是随着流量的减少,扬程增大。为了使管网压力不致过大,不得不采取阀门调节的方式。也有的水厂设计使用较多的水泵,变机组运行的方式,但并联运行台数过多同样也不是最经济的运行方法。采用大容量少台数相同型号机组组合,再因地制宜合理选用高效率的调速电机泵组,可以实现大容量机组软启动,可以有效地减少水泵开停次数,同时使供水的调度管理方便灵活,使服务压力变化平稳,完全能消除开停泵的压力波动,特别是可以消除水锤的严重危害,延长机泵等设备的使用寿命,提高服务质量,使泵站能耗有较大幅度的下降,对供水企业节能降耗,内部挖潜很有好处,是比较理想的运行方式。

2 内馈电机斩波控制调速的原理

根据电机学的理论,电机的转速与机械功率及电磁转

矩成如下关系:

$$n \propto \frac{P_M}{T} \quad (1)$$

式中: n 为电机转速;

P_M 为机械功率;

T 为电磁转矩。

式(1)表明,电机转速最终只能通过轴功率或电磁转矩控制获得调节。电磁转矩在调速稳态时,取决于负载转矩的大小,当负载转矩一经实际工况所确定之后,电磁转矩就随之被决定了,因此,电磁转矩不仅与调速控制无关,而且不能随意改变。电磁转矩对转速的作用只表现在调速的过渡过程中,转矩的变化是转速响应滞后的结果,在一定的功率控制作用下,电磁转矩随转速响应自动减小,直至与新的负载平衡时为止。因此,改变电机的转速便是改变电动机的轴功率,通过功率控制来实现电动机的调速。

通过功率控制来实现电动机的调速控制,当电动机的轴功率增大时,转速升高,反之,转速降低。内馈调速电机是通过将转子的部分功率(即电转差功率)移出来,以电能的形式反馈给电机定子上安装的调节绕组,来实现电机的功率控制。转子反馈给调节绕组的功率越多,电

动机的机械功率越少,转速越低;反之,转子反馈给调节绕组的功率越少,电动机的机械功率越多,转速就越高。

(1) 原理

由图1可以看出,由于转子的部分功率被移出,故转化为轴功率 P_m 的部分减少,因此电动机的转速下降;转子移出 P_{es} 的功率越大,调节绕组(利用绕组多重化技术嵌在定子铁芯上的辅助绕组)的功率 P_s 越大,轴功率 P_m 越小,转速就越低。反之则相反。调节绕组在接受转子输入的功率 P_s 时,又通过旋转磁场这一电磁通道,将能量返还转子,这部分功率 P_3 只是在转子与调节绕组之间循环,不需要经过电源供应,这是内馈区别于普通串级调速技术的最大特点。

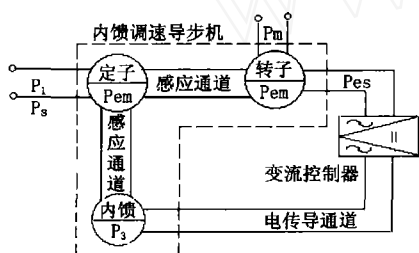


图1 内馈调速的能量原理图

在图1中, P_1 为定子的输入功率; P_s 为输入到调节绕组上的功率; P_m 为转子输出的机械功率,即轴功率; P_{es} 为转子输出功率; P_{em} 为转子内馈功率; P_3 为转子与内馈绕组之间的循环功率。

定子主绕组功率由于调节绕组供给了转子的一部分功率,因此仅供给转子所需功率不足的部分,当转速下降时,轴功率减少,定子功率亦相应减少,电机从电网中吸收的功率自然也小,这是内馈电机的节能原理。

斩波控制调速,是在内馈电机的基础上,在电机控制部分引入了斩波技术。内馈调速或串级调速的控制方式,常见的一般采用常规的变流控制装置。其作用一是实现频率交换,以使电机转子与调节绕组两个不同频率的电源进行有关功率的交换。二是控制转子与调节绕组交换的量值,以使电机转速无极调节。常规的变流控制系统,先是通过整流器对转子电流进行整流,然后经平波电抗,再经有源逆变器进行逆变,最终将转子移出的转差功率馈入工频的调节绕组(对于串级调速,则是逆变变压器)。这种控制系统的问题在于它反馈有功功率的同时,产生无功功率,并因逆变器的滞后移相触发,造成无功电流增大,功率因数降低。在串级调速系统中,电机与逆变变压器是相互独立的电磁系统,这一危害经逆变变压器转嫁给了电网,电机本身没有影响;但对于内馈调速,调节绕组与定子绕组同为一个电磁系统,感性无功的产生,将引起

定子无功激励电流增大,影响电机的运行。引入斩波技术是在有源逆变器两端并联一个电流型斩波器,使得逆变器只负责电转差功率的频率转换,而功率调节由斩波器的关断完成,从而改善系统的功率因数,使反馈到调节绕组的无功分量很少,同时谐波电流的有效值也大为降低。

综上所述,内馈电机斩波控制调速的主要优势在于在电机的转子侧进行调速控制,回避了定子调压的高压与大容量问题,从而使调速的控制及其装置简化。

(2) 优点

● 调速效率高

因为内馈电机斩波控制装置没有变压器等耗能设备,其调速效率高于高压变频等其他高效调速方式;

● 可靠性得到提高

回避了高压与大容量的问题,内馈电机斩波控制装置的工作电压低于1000V,其可靠性得到提高,另外系统本身带有自动和手动的旁路,不需另作旁路系统,增加了运行可靠性;

● 经济性尤其明显

由于避开了高压问题,内馈电机斩波控制装置的经济性比较明显的;

● 安装简便,附加设施少

斩波内馈调速装置不需要高压保护,无需单独的控制室,无需配备特殊的通风或冷却系统,对环境的要求很低;

● 谐波分量小于国家标准

● 电机

内馈电机已在我国大型电机厂可系列化生产,须按设计参数制造,价格较异步电机略高。

3 内馈电机斩波控制装置在水行业的应用

3.1 在沈阳某水厂

沈阳某水厂2机组调速节能改造工程,自2001年2月19日投入运行以来,取得了令人满意的结果,日节约电约3000余kWh,改造运行有关试验数据如下:

(1) 水源改造前供水状况:

该水源始建于1974年,自1987年泵房机组改造后,一直采用3机组24SA-10A水泵连续运行方式工作,高低峰供水和控制水位都依靠出水阀门的开度控制。由于系统供水能力逐年降低,每日缩减出水阀门开度时间达10小时以上,出水阀门最大缩减开度达40%,造成大量的电能浪费。

● 原3机组性能参数如下:

水泵	24SA-10A
流量	2700m ³ /h
扬程	39m
转速	730r/min
轴功率	319kW
效率	90%
配套电机功率	380kW
电机	Js158-8
功率	380kW
电压	6kV
电流	45.7A
运行电流	40A

轴功率	314kW
效率	88%
电机	YQT450-6
功率	400kW
电压	10kV
额定电流	30.1A
转子电流	390A
转子电压	643V
效率	93.17%

● 空载运行参数

2001年2月17日对2机组进行空载试运行, 参数如下:
空载电流 A相:11.2A; B相:11.2A C相:11.5A
运行一次电压:10.1kV

电机运行平稳, 无异声, 无振动, 电流无摆动。

● 全速运行参数

2月19日, 2机组调速运行一次成功, 各项运行参数如下:

转速 970r/min

运行电流 A相:22.8A; B相:22.9A; C相:23.0A

水量: 一干 860m³/h (瞬时量)

二干 2810 m³/h (瞬时量)

出口压力:0.23Mpa

管网压力:0.16 Mpa

● 原3机组2001年1月5日~1月22日, 18天各项运行参数如表1。

由1月5日~1月22日连续18天生产记录可以看出, 开3机组时, 机组耗电量日均8310kWh, 平均单耗为0.429kWh/m³。

(2) 改造后, 2机组性能参数如下:

水泵	600S-32
流量	3168m ³ /h
扬程	32m
转速	970r/min

表1 原3机组运行参数记录

日期	送水量(m ³)	生产耗电量(kWh)	生产单耗(kWh/m ³)	机组耗电量(kWh/台)	一次电压(V)	一次电流(A)	机组电流(A)
5日	73590	32720	0.445	8280	10.2	22	41
6日	74050	31920	0.431	8460	10.1	22	40
7日	73820	31440	0.426	8280	10.2	21	41
8日	73950	31880	0.431	8280	10.1	21	41
9日	73940	32000	0.433	8460	10.2	21	42
10日	72810	30320	0.416	8100	10.1	21	41
11日	74010	32440	0.438	8460	10.1	22	42
12日	76120	32960	0.433	8280	10	21	41
13日	76710	31440	0.41	8460	10.2	22	42
14日	76830	32680	0.425	8460	10.2	22	42
15日	76370	31600	0.414	8460	10.2	22	42
16日	74290	32600	0.439	8100	10.2	22	41
17日	73870	31200	0.422	8100	10.1	21	40
18日	73490	30480	0.414	8100	10.1	21	40
19日	73250	32040	0.437	8280	10.1	21	41
20日	73080	32240	0.441	8460	10.1	21	41
21日	73000	31880	0.437	8100	10.1	21	40
22日	73840	31880	0.431	8280	10.1	21	40
18天合计	1337080	573720		149580			
平均	74282	31873.3	0.429	8310	10.1	21.4	41

表2 调速运行时的各项参数

日期 (1月)	送水量 m ³	生产耗电量 kWh	生产单耗 kWh/m ³	机组耗电量 kWh	一次电压 kV	机组电流 A	转速 r/min		出口压力 Mpa
							最高	最低	
20日	75170	25840	0.344	4500	10.2	21	840	660	0.18
21日	75270	25280	0.336	4800	10.1	21.5	850	680	0.18
23日	73680	27240	0.39	4500	10.2	21	900	635	0.17
24日	75050	26800	0.357	4900	10	22	850	700	0.19
25日	75300	26080	0.346	4400	10.1	20	850	750	0.17
26日	75340	27240	0.361	4900	10	22	870	650	0.17
27日	75320	26880	0.357	4900	10.2	19	850	690	0.16
合计	525130	185360		32900					
平均	75019	26480	0.353	4700					

表3 调速前后水泵耗电比较

电价:0.5元/KWh

年份	水量(kT)	电量(kWh)	配水单位电耗(kWh/kT)	节电率	节电费(万元)
96年(未安装)	18146.79	2959645	432.51		
97年(运行)	19803.76	2786389	380.34	13.7%	22.18
98年(半年改造停用)	21376.91	3250657	428.53	6.7%	11.8
99年(运行)	22825.47	3222054	394.89	13.4%	25.04

柜内各项参数运行基本正常。

2月20日~2月27日调速运行各项运行参数如下:(2月22日由于大雾造成停电,临时开3机组,22日数据未作统计)如表2所示。

(3) 对比分析

由2月20日~27日生产记录可以看出,整个机组日平均水量由改造前的74282m³/d到改造后的75019m³/d,变化不大。

生产耗电量由31873kWh/d降到26480kWh/d,日节电5393kWh,排除天气情况,非生产用电减少等因素,日均耗电下降较大。

由2机组与3机组耗电对比可以看出,改造前3机组日均耗电量为8310kWh,改造后2机组日均耗电降为4700kWh,平均日节电3610kWh,单耗由改造前的0.429kWh/m³降为改造后的0.353kWh/m³。

节电率在某水厂整个供水系统中占到20%左右。

3.2 浙江某自来水厂

浙江某水厂是该市区独立的供水单位,出厂水压一般都在0.3MPa以上,另外白天的水量较大,调速设备运行后,有时白天处在全速运行,或周期换泵,调速泵停用,节能效果受到一定制约,即使这样,节约效果还比较明显。现根据四年年终报表安装调速前与安装调速后在运行工况基本相同情况下的数据比较,如表3所示。

由表3可见,由于采取了高效率的内馈电机斩波控制

调速技术,在年总流量从1996年的18146.79km³增加到1999年时的22825.47km³后,供水量增加了26%,而配水单位电耗仍有较明显降低,运行中实际节电率三年仍达到13.4%。

4 结束语

我国节能法第三十九条第二款规定:逐步实现电动机、风机、泵类设备和系统的经济运行,发展电机调速节电和电力电子节电技术,开发、生产、推广质优、价廉的节能器材,提高电能利用效率。生产机械的自动化和现代化,是水工业可持续发展的关键一环,技术设备落后,是我们很多水厂无法低成本、高质量生产的根源。内馈电机斩波控制调速装置在高压电机节能调速领域具有经济性好,可靠性高,调速效率高等优点,将在市政水行业得到广泛应用。

参考文献

(略)

作者简介

聂海亮(1971-)男 工程师 现任北京硕人海泰能源科技有限公司总经理,主要从事工业企业节能领域的技术应用开发与研究;高压电机的调速节能装置的研究开发与应用;重点用能企业能源信息管理系统开发;合同能源管理服务及节能咨询服务等。