

⑤

抽水蓄能水电站 变频调速 电力工程控制

第16卷第2期

水利水电科技进步

1996年4月

19-21.25

变频调速技术及其在电力生产过程控制中的应用

陈星莺

乐秀璠

(河海大学电力工程系 南京 210098)

TV 743.34

摘要 本文介绍交流变频调速器(VVVF)的主要功能及节能原理,以及目前在电力工业过程控制领域中的主要应用,包括给粉机和磨煤机的变频调速控制,小容量供热机组的变频调速控制,以及交流变频调速器在抽水蓄能电站中的应用。同时讨论了交流变频调速器的最新应用方式——计算机与变频器的通信控制方式及其应用前景。

关键词 变频调速 节能 电力工程 过程控制

电力拖动系统可分为直流与交流调速两大类。尽管电力本身和电机很早就实现了从直流到交流的转换,但调速系统或装置却经历了漫长的变革过程,直到70年代出现了性能可靠的交流变频调速器(VVVF),电力拖动技术才得到了新的发展。交流变频调速器的优越性能是以往的调速方法(如变极调速、滑差调速等)无法比拟的,因而在石化、纺织机械等行业得到了广泛应用。电力工业中采用变频调速不过几年的历史,而电力生产过程控制中采用变频调速改善控制品质是具有工程实用价值的应用性课题。本文着重介绍交流变频调速器(以下简称变频器)用于电力工业过程控制系统的基本原理、实用技术及应用前景^[1~3]。

1 变频调速及节能原理

1.1 变频调速

由电动机特性可知,异步电动机输出轴转速(简称电机转速) N 为

$$N = N_0(1 - S) = 60f(1 - S)/P$$

式中 S 为转差率($S = (N_0 - N)/N_0$); N_0 、 f 、 P 分别为旋转磁场转速(同步转速)、供电频率和极对数。显然,改变公式中的 f 、 P 、 S 可控制电机转速。因此,以往工程上常

采用变转差调速(如调压、调阻、串级、滑差调速等)和变极调速。由于变转差调速只能在额定转速以下进行,且低转速时,转差率大(转差损耗大),效率和功率因数低;变极调速目前只能做到四极可调,因而有被变频调速所取代的趋势。

变频器是一种通过均匀地改变定子供电频率 f , 达到平滑地改变电机转速的智能型调速装置。装置本身具有电压矢量控制、程序控制、转矩补偿及保护等功能。采用变频调速时,能保证从高速到低速都具有有限的转差率(转差损耗小)、恒转矩调速、高效率、宽范围和高精度的调速性能,以及足够硬度的机械特性。

1.2 采用变频器调速的节能原理

由电机学可知,电动机的输出功率 $P = MN$, 其中 M 为负载转矩,它是转速的函数。采用变频器调速能否节能与所带负载的转矩特性有关。工业生产过程中,负载转矩特性可归纳为以下三种典型类型:

a. 恒转矩负载特性。负载转矩是常数,与转速无关,例如研磨机、重力负载、传送带等均属恒转矩负载特性;火电厂中给煤机、给粉机亦属此类特性。由于 P 正比于 N , 因此对于这类负载采用变频调速替代常规的变转

差调速,虽能减小转差损失,节约电能,但效果不明显,而主要用于提高控制质量。

b. 低减转矩负载特性。负载转矩与转速的平方成正比,因而 P 正比于 N^3 。风机、水泵等属于这类负载特性。这类负载采用定速运行时,只能用节流阀调节负荷,因而损失很大。采用变频调速能维持恒转矩,并能平滑地改变电机转速,因而低负荷时转速减小,功耗变小,节能效果非常明显。例如,当 $N_1 = 0.8N_2$,则 $P_1 \approx 0.5P_2$ 。

c. 恒功率负载特性。在不同的转速下,负载转矩基本上与转速成反比,即 $M = K/N$ 因此,功率 P 为一常数。例如,切削机床主轴传动、中心轴驱动的卷绕机等均属恒功率负载特性。显然,对于这类负载,采用变频调速的目的不是为了节能,而是为了提高控制精度和生产力等。

2 变频调速技术在电力生产过程控制中的应用

变频器在过程控制系统中实际上用作执行机构的控制器。根据其所接收的控制信号不同,变频器的应用方式也不同:

a. 在变速控制系统中,用变频器替代现有的调速控制器(如滑差控制器)控制电机转速,可提高电机效率,节约电能,且能改善控制品质。

b. 在流量控制系统中,用变频器控制电机转速,构成变速控制系统,可取消调节阀,提高控制质量,取得很好的节能效果^[4]。

实际上,先进的变频器具有与计算机直接通信的功能。目前国内在这方面的工程应用才刚刚起步(尚未见到有关报道)。变频器的这一功能使它能够在先进的计算机过程控制系统(如分布式计算机控制系统)中处于重要的地位。随着计算机网络技术的发展,现场总线(FB—Field Bus)技术将得到广泛应用,变频器(与电动机等配合)将作为智能执行机构越来越显示其生命力。

2.1 变频器在 200 MW 机组调速控制中的应用

目前,变频器在 200 MW 火电机组调速控制中得到了较为广泛的应用,主要有给粉机和磨煤机的变频调速控制。

采用变频器控制给粉机的转速以控制煤粉量,已受到了普遍的关注。图 1 是给粉机采用变频调速的接线图。

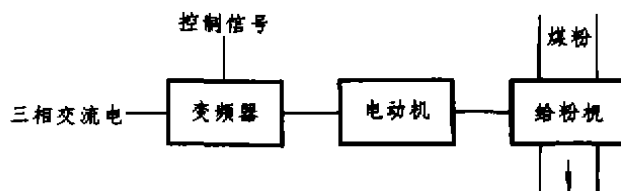


图 1 给粉机变频调速示意图

变频器的输入电源为三相 380 V AC, 频率为 50 Hz, 而变频器的输出频率可在零点几赫兹到几百赫兹范围内变化,相应地,电机转速可在较大范围内均匀改变。由于电动机和给粉机为刚性连接(不用离合器),因此,当给粉机转速在 300~900 r/min 范围内,电动机转速(变频器输出频率)与给粉机的给粉量呈很好的线性关系,也不会发生失速现象,大大提高了给粉机的可控性。

200 MW 机组的中速磨煤机目前普遍采用齿轮减速器调速,不仅耗电,而且不能无级调速。单台磨煤机的功率为 700~800 kW,电机输入电源为三相 6 kV AC, 频率为 50 Hz (接线和图 1 类似)。采用变频调速控制后,去掉了齿轮减速器,调速效果大为改善。由于变频器输入电源为高电压等级,对变频器及系统的可靠性要求比较高,加之价格昂贵,因此目前应用不广,但使用效果很好,例如江苏淮阴华能电厂,几年的投运实践表明这种系统性能可靠,节能效果明显。

2.2 变频器在小容量供热机组调速控制中的应用

目前,变频器在 12 MW 以下供热机组调速控制中的应用主要有两个方面:循环泵和排粉机的变频调速控制。

一般,小容量供热机组均采用两台功率

不同的循环泵切换(一般是人工切换),加上节流调节来控制循环水量。显然,循环水量在两泵额定负荷之间或低负荷时,节流调节会造成很大的功率损失。采用变频调速不仅能节能,而且提高了循环水控制的自动化水平。图2是循环泵变频调速的系统方案。

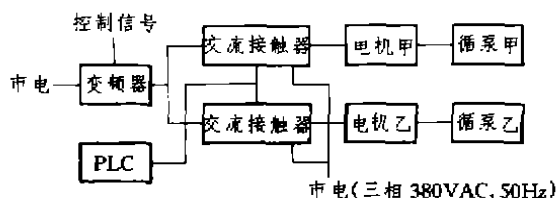


图2 循环泵变频调速系统方案

假如循环泵甲的额定功率大于循环泵乙的额定功率,启动时先由变频器控制电机乙的转速,以控制循环泵乙的流量,当达到额定负荷后,由交流接触器切为市电运行;若负荷继续增加,则由变频器控制电机甲的转速,使循环泵甲的负荷增加,达到额定负荷后,再由交流接触器切到市电运行。减负荷过程与之相反。交流接触器的切换动作由可编程逻辑控制器(PLC)控制。

在直吹式制粉系统中,采用变频调速控制排粉机的排粉量,可满足变负荷运行的需要,而且节能效果明显,接线方式同图1。

2.3 变频器在抽水蓄能电站中的应用

采用变频器可使抽水蓄能电站实现以下两个功能(见图3)^[5]。

a. 在水泵工况时,SN工作在整流状态,SM工作在逆变状态。此时同步电机作为电动机工作,这样可根据扬程使水泵变速运行

在最优转速。

b. 在发电工况时,SM工作在整流状态,SN工作在逆变状态。在给定的输出功率下,如果水头变化,为使机组运行在最优工况,发电机转速应随之变化,因而发电机频率也跟着变化。变频器的作用是将两个不同频率的电源用电的方法连接起来,使发电机可在任意频率下将功率送往系统。

此外,变频器在抽水蓄能电站的启动、优化水泵-水轮机的工作水头等方面有广阔的应用前景。

3 变频调速的新型控制方式——计算机通信控制

目前,过程计算机控制系统的发展日新月异,分布式控制系统已广泛应用于工业过程控制的各个领域,作为新一代的分布式控制系统——采用现场总线技术的分布式控制系统在国外已得到了工程应用,国内也开始了这方面的工程应用研究。现场总线是针对仪表和其它自动化设备所建立的数字化、双向和多支的通信系统。这些仪表和设备包括智能变送器、智能阀门、智能执行机构、PLC、PC和单回路调节器等。带通信功能的变频器可作为智能执行机构的控制器用于基于现场总线的分布式控制系统,因而具有广阔的应用前景。

4 结束语

变频调速是近十年来开始工程应用的一种有效的调速手段,其节能、高效、精确等优

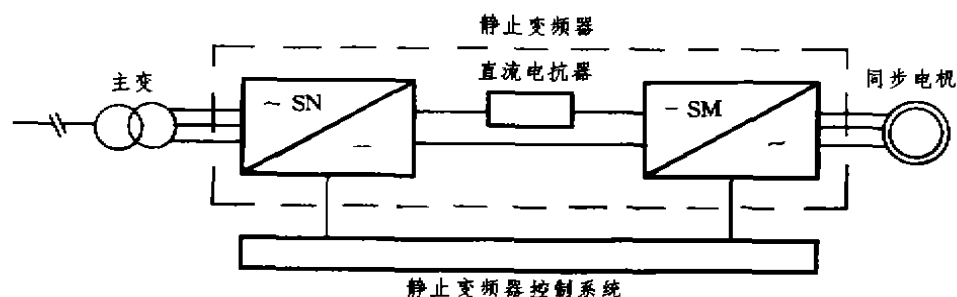


图3 变频器接线原理图

(下转第25页)