

一种快速拖动系统的设计

刘霞¹, 张孝祜²

(1. 空军工程大学 电讯工程学院, 陕西 西安 710077; 2. 天达机电设备厂, 陕西 西安 710077)

摘要:运用电力拖动与自控理论,采用新型电机及变频技术,设计一种快速拖动系统借以模拟某动力系统发动机启动过程转速变化的规律,使该系统能够达到快速启动,瞬间制动,精确跟随事先设定的电机转速变化曲线的目的。

关键词:电力拖动;快速性;转动惯量

中图分类号:TM301.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2001)02-0061-03

快速拖动装置要求在规定的极短时间内,使被拖动部分的转动速度达到一个很大值,即在0.35s内,转速从零加速到1300r/min,并能迅速跟随任意设定的电机转速曲线运行,其功率在几十千瓦数量级,转动惯量在 $0.5\text{kg}\cdot\text{m}^2$ 。

为达到上述要求,该拖动系统必需具备下述特点:动态过程快,时间常数小;满足随动系统要求,调速范围宽;稳速精度较高;中等功率等级,非小功率伺服控制系统。

1 拖动装置类型的选择

目前,可供选择的拖动类型很多,例如:电力拖动、液压拖动、热机拖动等等。对各种拖动类型进行技术、经济等因素的综合分析后,可知,电力拖动更加适合本装置要求,它在控制操作的灵活简便、系统快速性方面有着突出的优点。

电力拖动有交流拖动和直流拖动两类。大约20年前,在宽范围的无级调速系统通常应用直流拖动。近年来,由于大功率电子器件技术的发展,市场开发了系列化的变频技术产品,使普通异步交流电动机的结构极为简单、极少维修的优点更加突出,因而在一般无极调速方面,现在都通常使用交流变频拖动装置。但是,用普通电动机转动惯量大,与变频器组成的闭环调速系统的时间常数大,不能满足快速性的要求。

为满足该装置要求,采用一种快速伺服进给拖动装置,其突出的特点是电机转动惯量小,高输出转矩。该装置电动机的结构是针对快速性而设计的:其转子细长、中空、体积功率密度大,因而转动惯量特低。

2 快速拖动系统的原理分析

该系统由驱动器和电动机两部分组成,其原理框图如图1所示。

其中:1、匹配主变压器;2、三相全桥整流器;3、滤波器;4、主逆变电路;5、相控电路;6、电流调节器;7、速度调节器;8、电源;9、电流互感器;10、电机定子及转子;11、位置信号发生器;12、测速电机。

该系统表面上看是一种三相交流变频调速装置,但本质上却是一种无磁双闭环负反馈直流拖动系统。该电机转子是永磁的,由高性能的稀土合金做成,有极高的磁场强度,因而允许有较高的输出转矩,从而为系统提供了瞬间产生极高加速度的条件。

系统的等效电路如图2所示,由三部分组成:

收稿日期:2000-08-28

基金项目:海军科研基金资助项目。

作者简介:刘霞(1959-),女,安徽太和人,讲师,主要从事电路与系统研究。

(1)主电路。包括逆变器的输出(电压为 U_1),电机定子电路和电流互感器。此电路有方程式为: $U_1 = IR + E$,其中: $E = C_e \varphi \cdot n$;且 $R, C_e \varphi$ 为常数。

此电路中电感量很小,通常时间常数约为 $0.001s$,故在暂态过程中,其影响可忽略不计。

(2)速度反馈环节(又名外环)。包括测速电机及速度调节器(ST)电路。速度调节器的输入是转速给定值 U_g 与速度反馈值 γ_n 之比较,即 $U_g - \gamma_n$,其输出信号(即 U_1)为电流调节器之输入给定值。

(3)电流反馈环节(又名内环)。包括电流调节器(LT)电路。其输入信号是 $U_1 - I\beta$,即速度调节器输出与电流互感器输出之比较。电流调节器输出信号控制功率电路产生输出电压 U_1 。通常 $U_1 = KU_c$;此处 K 为常数。

双闭环调速系统的特点是速度调节器的输出作为电流调节器的给定信号来控制电动机的电流和转矩。其优点在于可根据给定速度与实际速度的差值及时地控制电机的转矩,使速度差值比较大时电机转矩大,速度变化快,以尽快地使电机转速趋向给定值;而当转速接近给定值时又能使电机的加速度降下来,这样可以避免过大的超调和振荡,使转速很快达到给定值,以利于实现电机调速过程的“快速性”。

系统主要参数的计算

(1)系统启动及制动时间

根据电力拖动动力学方程式

$$M_{max} - M_z = J \frac{d\omega}{dt} = \frac{4gJ}{375} \frac{dn}{dt}$$

可以得出

$$\Delta t = J \int_{\omega_1}^{\omega_2} \frac{d\omega}{M_{max} - M_z} = \frac{4gJ}{375} \int_{n_1}^{n_2} \frac{dn}{M_{max} - M_z}$$

式中: Δt 即为系统从角速度为 ω_1 变到 ω_2 所需之时间,或从转速为 n_1 变到 n_2 所需之时间

J 为系统的转动惯量

M_{max} 为电机可能产生的最大转矩

M_z 为负载阻力矩,通常 M_z 是时间的函数

(2)系统最大转矩 M_{max}

根据负载的性质,可以确定 M_{max} ,通常取

$$M_{max} = 2M_{ed} \quad \text{即:电机的过载能力强,通常在 } 1s \text{ 内可连续产生两倍于额定值的转矩。}$$

此处 M_{ed} 为电机的额定转矩。

(3)系统总转动惯矩 J

$$J = J_D + J_c + J_z$$

其中: J_D ——电动机的惯性矩

J_c ——传动机构折算到电机轴上之惯性矩

J_z ——负载机构折算到电机轴上之惯性矩

(4)系统的额定运行转速

根据负载要求,选定电动机的规格以符合此要求。

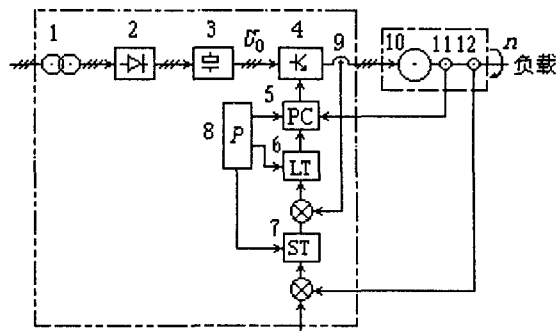


图1 系统原理框图

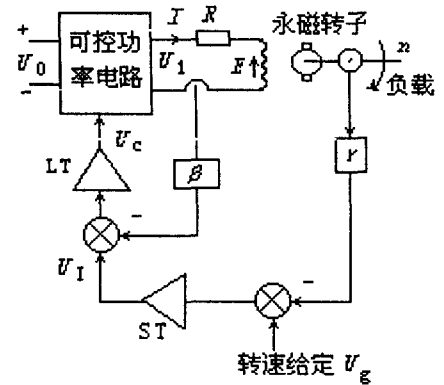


图2 等效电路图

3 系统特性分析

3.1 快速性

系统最佳过渡过程的条件是:保持主回路的电流为最大值不变。即要求电动机发出最大转矩,以便使电动机在最短的时间内达到所需转速。对于无刷永磁双闭环负反馈直流拖动系统,双环负反馈中的内环(即电流环)是一种快速反应环节,它在系统过渡过程中,始终保持着输出电流为最大值,如图3中所示。即在转速变化过程中(即有 dn/dt 时),电机中电流将被拉到最大值(I_{max} 是一常量),正加速度时有 I_{max} ,负加速度时有 $-I_{max}$,而永磁电机的转矩 M 是与电流成正比的。于是过渡过程中,有最大的转矩出现,正负 M_{max} 将使系统快速地结束过渡过程,从而实现“快速性”。

3.2 高恒速性

本系统转速的稳定性很高,因为它不受电网波和负载变动的影响或干扰。电网电压和频率的波动由于通过隔离、整流和滤波等环节使其输出的电压 ΔU_0 已大大地衰减了,所以 U_0 是比较稳定的,两个负反馈闭环使得转速值不会受到电网波动的影响。

事实上,负载的波动对转速是有影响的,但这只在极短的过渡过程内有作用,在稳态时仍将保持恒定。例如,当负载突然加重时,将立即出现一个负的 dn/dt ,立即在两个闭环内发生相应的大幅度的反变化。首先,在主电路内, $E \downarrow, I \uparrow$,在转速闭环上, U_i 将立即拉到限幅值,使电流迅速升高, M 迅速增加直到与增加的负载相平衡为止。总之,负反馈环节保证了转速的实际值稳定在其给定值上。

3.3 可靠性

本系统电机无整流子,转子永磁,主电路和控制电路无任何机械上的关连,因而电路接触可靠。

参考文献:

- [1] 冯国楠. 现代伺服系统的分析与设计[M]. 北京:机械工业出版社,1990.
- [2] 李发海,王岩. 电机与拖动基础[M]. 北京:清华大学出版社,1994.
- [3] 邱阿瑞,孙旭东. 实用电动机控制[M]. 北京:人民邮电出版社,1998.

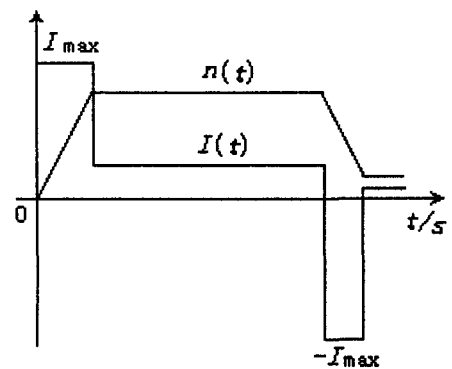


图3 转速 $n(t)$ 及电流 $I(t)$ 的波形示意图

The Design of A Fast Drag System

LIU-Xia¹, ZHANG Xiao-hu²

(1. The Telecommunication Engineering Institute of the Air Force Engineering University (AFEU.), Xi'an 710077, China; 2. Tianda Electromechanical Equipment Factory, Xi'an 710077, China)

Abstract. A fast drag system is designed to simulate the law of speed variations of a certain power system engine in the process of its start by means of electric power drag and the theory of automatic control and through adopting a new type of electric machine and frequency-change techniques, thus enabling the system to achieve quick start, instantaneous breakdown and accurate following of the electric machines speed variations curve set in advance at will.

Key words. electric power drag; rapidity; rotating inertia