



21世纪高等学校
机械设计制造及其自动化专业参考书

机电传动控制 学习辅导与题解

(修订版)

冯清秀 邓星钟 周祖德 邓 坚



与冯清秀、邓星钟等编著的《机电传动控制》(第五版)配套使用



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>



21 世纪高等学校机械设计
制造及其自动化专业参考书

机电传动控制学习辅导与题解

(修订版)

冯清秀 邓星钟 周祖德 邓 坚

(与冯清秀、邓星钟等编著的《机电传动控制》(第五版)配套使用)

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 简 介

本书是冯清秀、邓星钟等编著的教材《机电传动控制》(第五版)的教学辅导书,按照教材的章节,逐一简述应掌握的基本概念和知识、基本要求、重点和难点,同时还对教学方面提出了一些建议,供授课教师参考。本书通过诸多例题介绍了解题的思路和方法,并适当扩展了教材中部分理论联系实际的内容,亦提供了适量的自测练习题及参考答案,最后给出了4套模拟试题及参考答案。

本书既可帮助学生加深对教材内容的理解和掌握,又可帮助从事该课程教学的教师开展教学、研究,也可供准备报考研究生的读者和从事机电一体化工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机电传动控制学习辅导与题解/冯清秀,邓星钟,周祖德,邓坚.—2版(修订版).—武汉:华中科技大学出版社,2014.12

ISBN 978-7-5609-9761-2

I. ①机… II. ①冯… ②邓… ③周… ④邓… III. ①电力传动控制设备-高等学校-教学参考资料 IV. ①TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 290070 号

机电传动控制学习辅导与题解(修订版)

冯清秀 邓星钟 周祖德 邓 坚

责任编辑:徐正达

封面设计:李 嫒

责任校对:刘 竣

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:武汉鑫昶文化有限公司

开 本:787mm×960mm 1/16

印 张:10

字 数:223千字

版 次:2008年1月第1版 2015年2月第2版第1次印刷

定 价:20.00元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前 言

“机电传动控制”课程是普通高等学校机械设计制造及其自动化、机械电子工程(机电一体化)等机械类专业的一门主干技术基础课。《机电传动控制》一书出版后,诸多兄弟院校选用该书作为教材,现已出版了第五版。为了配合教学和帮助学生提高学习效率,深刻理解教材中各章节的要点和难点,掌握解决问题的思路和方法,我们根据多年来所积累的教学和实践经验、学生学习中反映出的问题,编写了《机电传动控制学习辅导与题解》。书中不但对各章的要点和难点进行了归纳,还对大量的有代表性的例题进行了剖析,并编入了自测练习题及参考答案。每章后专列一节——教学方面的建议,供授课教师参考。为与教材《机电传动控制》(第五版)同步,这次我们重新编写了《机电传动控制学习辅导与题解》。

本书可供机械设计制造及其自动化、机械电子工程等机械类专业的大学本科、专科学生以及职业教育的学生学习使用,也可作为讲授“机电传动控制”课程的教师和准备报考硕士研究生的读者作参考用书。

需要说明的是,在编写的过程中,考虑到篇幅的限制,本书仍然基本上只列举了教材中尚未出现的例题,而对教材中的例题,读者应该引起足够的重视。也就是说,本书的例题只是对教材内容某些方面的扩充,并不覆盖教材的全部。另外,本书在内容的安排、问题的描述上,尽量与教材保持一致,但并没有苛求完全相同,而对教材中的有些问题作适当的扩展,读者在使用本书时,可以根据自己的实际情况进行取舍。

书中参考或引用了书后所列资料的素材,也参考了一些高校的研究生入学考试试题,特此致谢。

由于我们缺乏编写这类书籍的经验,所以肯定问题不少,恳请读者多提意见并批评指正。

编 者

2014年12月

1.1 本书内容	(25)
1.2 本书特点	(25)
1.3 重点与难点	(25)
2 例题剖析	(26)
3 学习自测	(29)
3.1 自测练习	(29)
3.2 自测练习参考答案	(30)



第 1 章 绪论	(1)
1.1 对本课程学习的基本要求	(1)
1.2 学好本课程的方法	(1)
1.3 对本课程教学方案的建议	(1)
1.4 作业与自测练习	(2)
1.5 实验	(3)
第 2 章 机电传动系统的动力学基础	(4)
2.1 知识要点	(4)
2.1.1 基本内容	(4)
2.1.2 基本要求	(7)
2.1.3 重点与难点	(7)
2.2 例题解析	(8)
2.3 学习自评.....	(16)
2.3.1 自测练习.....	(16)
2.3.2 自测练习参考答案.....	(18)
2.4 关于教学方面的建议.....	(19)
第 3 章 直流电机的工作原理及特性	(20)
3.1 知识要点.....	(20)
3.1.1 基本内容.....	(20)
3.1.2 基本要求.....	(25)
3.1.3 重点与难点.....	(25)
3.2 例题解析.....	(26)
3.3 学习自评.....	(29)
3.3.1 自测练习.....	(29)
3.3.2 自测练习参考答案.....	(30)

3.4 关于教学方面的建议	(31)
第4章 交流电动机的工作原理及特性	(32)
4.1 知识要点	(32)
4.1.1 基本内容	(32)
4.1.2 基本要求	(35)
4.1.3 重点与难点	(35)
4.2 例题解析	(35)
4.3 学习自评	(50)
(I) 4.3.1 自测练习	(50)
(I) 4.3.2 自测练习参考答案	(52)
(I) 4.4 关于教学方面的建议	(53)
第5章 控制电动机	(54)
(S) 5.1 知识要点	(54)
(E) 5.1.1 基本内容	(54)
(F) 5.1.2 基本要求	(56)
(F) 5.1.3 重点与难点	(56)
(F) 5.2 例题解析	(56)
(F) 5.3 学习自评	(60)
(F) 5.3.1 自测练习	(60)
(E) 5.3.2 自测练习参考答案	(60)
(E) 5.4 关于教学方面的建议	(60)
第6章 继电器-接触器控制	(61)
(8I) 6.1 知识要点	(61)
(9I) 6.1.1 基本内容	(61)
(0S) 6.1.2 基本要求	(62)
(0S) 6.1.3 重点与难点	(62)
(0S) 6.2 例题解析	(62)
(2S) 6.3 学习自评	(71)
(2S) 6.3.1 自测练习	(71)
(2S) 6.3.2 自测练习参考答案	(73)
(2S) 6.4 关于教学方面的建议	(73)
第7章 可编程控制器原理与应用	(74)
(0E) 7.1 知识要点	(74)

7.1.1	基本内容	(74)
7.1.2	基本要求	(75)
7.1.3	重点与难点	(75)
7.2	例题解析	(76)
7.3	学习自评	(84)
7.3.1	自测练习	(84)
7.3.2	自测练习参考答案(略)	(87)
7.4	关于教学方面的建议	(87)
第 8 章	电力电子学基础	(88)
8.1	知识要点	(88)
8.1.1	基本内容	(88)
8.1.2	基本要求	(92)
8.1.3	重点与难点	(92)
8.2	例题解析	(93)
8.3	学习自评	(101)
8.3.1	自测练习	(101)
8.3.2	自测练习参考答案	(102)
8.4	关于教学方面的建议	(103)
第 9 章	直流调速系统	(104)
9.1	知识要点	(104)
9.1.1	基本内容	(104)
9.1.2	基本要求	(106)
9.1.3	重点与难点	(107)
9.2	例题解析	(107)
9.3	学习自评	(113)
9.3.1	自测练习	(113)
9.3.2	自测练习参考答案	(115)
9.4	关于教学方面的建议	(115)
第 10 章	交流自动调速控制系统	(116)
10.1	知识要点	(116)
10.1.1	基本内容	(116)
10.1.2	基本要求	(117)
10.1.3	重点与难点	(117)

10.2	例题解析	(118)
10.3	学习自评	(119)
10.3.1	自测练习	(119)
10.3.2	自测练习参考答案(略)	(120)
10.4	关于教学方面的建议	(120)
第 11 章 步进电动机控制系统		(121)
11.1	知识要点	(121)
11.1.1	基本内容	(121)
11.1.2	基本要求	(122)
11.1.3	重点与难点	(122)
11.2	例题解析(略)	(122)
11.3	学习自评(略)	(122)
11.4	关于教学方面的建议(略)	(122)
附录 模拟试题及参考答案		(123)
模拟试题 I		(123)
模拟试题 II		(131)
模拟试题 III		(138)
模拟试题 IV		(145)

表 1.1.1

章	内容	讲课学时数	实验	
			个数	学时数
第 1 章	绪论	1		
第 2 章	机电传动系统的动力学基础	2		
第 3 章	直流电机的工作原理及特性	6		
第 4 章	交流电动机的工作原理及特性	7		
第 5 章	控制电动机	4		
第 6 章	继电器-接触器控制	6	1	2
第 7 章	可编程控制器原理与应用	8	3	6
第 8 章	电力电子学基础	6	1	2
第 9 章	直流调速系统	6	1	2
第 10 章	交流自动调速控制系统	6	1	2
第 11 章	步进电动机控制系统	4	1	2
总计		56	8	16

(2) 教学方案。本教学方案仅供教师使用该教材时参考,总的想法是:

① 坚持“教师为主导,学生为主体”的思想,教师的“精讲”与学生的“自学”相结合,教师主要起“启发”和“引导”的作用,贯彻“少而精”的原则,以点带面去激发学生获得更多知识的欲望,调动学生的学习自觉性;

② 要采用多媒体教学手段和现场教学的方法,理论联系实际,以增加课堂教学信息量,加强学生的感性认识,培养学生的创新能力;

③ 结合学生的作业可采用一些课堂讨论,以调动学生的学习兴趣和积极性,使课堂“活”起来,提供“相互学习”的机会,培养学生探索与追求知识的能力;

④ 本课程的课内学时与课外学时比为 1 : 1.5。

至于各章节内容的取舍和教学方法,将在各章后提出一些建议,但这些浅见仅供教师们所处的具体条件下教学时参考,也欢迎老师们多反馈宝贵经验,共同探讨最佳的教学方案。

1.4 作业与自测练习

在学懂书中基本内容的基础上再做一些习题,可以起到巩固概念、熟练运算、启发思维的作用,完成好作业是巩固和加深所学知识、培养分析问题和解决问题能力的有效途径。为此,各章配备了适当的习题,解题时要看懂题意,注意分析,对号入座,不要乱套。本书介绍的解题

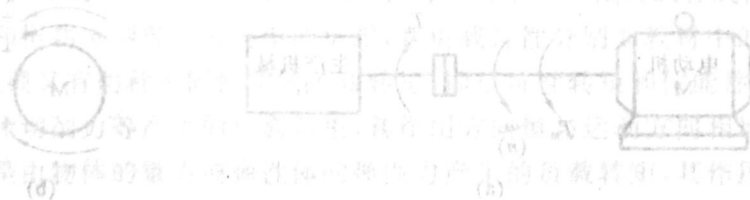
方法只供参考(有的题解也不是唯一的),绝对不要去拼凑答案。未指定要做的习题与思考题,也要逐个思考,找出解决问题的理论依据和思路。通过对自测练习的试做,可以较全面地检查对各章所学内容的掌握程度。

1.5 实 验

本课程拟开出的 8 个实验(每个实验 2 学时)是:

- (1) 交流电动机的继电器-接触器控制;
- (2) 可编程控制器(一);
- (3) 可编程控制器(二);
- (4) 可编程控制器(三);
- (5) 晶闸管特性及可控整流电路;
- (6) 直流电动机闭环调速系统;
- (7) 交流电动机变频调速系统;
- (8) 步进电动机控制系统。

实验是验证和巩固所学理论、训练实践技能、培养求实和严谨的科学作风的重要环节,这对于本课程尤为重要。实验前要仔细阅读说明书,认真准备;实验时要积极思考,多动手,学会正确使用电气设备和仪器,能正确连线和操作;实验后对实验现象和数据要认真分析,写出有收获和体会的实验报告。



1.1.1 图

4. 机电传动系统稳定运行的条件

本章主要介绍在机电传动系统中,电动机和负载的机械特性,以及电动机和负载的机械特性的配合,从而说明机电传动系统稳定运行的条件。



机电传动系统的动力学基础

2.1 知识要点

2.1.1 基本内容

1. 机电传动系统的运动方程式

机电传动系统是一个由电动机拖动、并通过传动机构带动生产机械运转的机电运动的动力学整体(如图 2.1.1(a)所示)。尽管电动机种类繁多、特性各异,生产机械的负载性质各种各样,但从动力学的角度来分析时,它们都应服从动力学的统一规律,即在同一传动轴上电动机转矩 T_M 、负载转矩 T_L 、转轴角速度 ω 三者之间符合以下关系:

$$T_M - T_L = J \frac{d\omega}{dt} \quad (2.1.1)$$

或用转速 n 代替角速度 ω ,即

$$T_M - T_L = \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt} \quad (2.1.2)$$

以上两式称为机电传动系统的运动方程式。

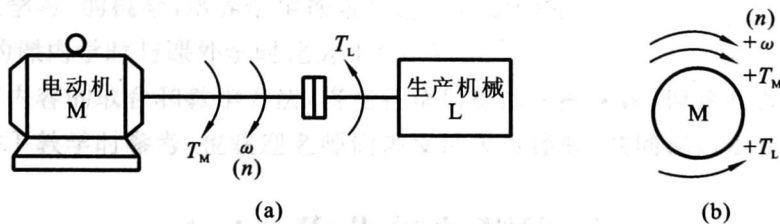


图 2.1.1

机电传动系统的运动方程式是描述机电系统机械运动规律最基本的方程式,它决定着系统的运行状态。当动态转矩 $T_d = T_M - T_L = 0$ 时,系统没有动态转矩,加速度 $a = \frac{dn}{dt} = 0$,系统

恒(匀)速运转,即系统处于稳态。当 $T_d \neq 0$ 时, $a = \frac{dn}{dt} \neq 0$, 系统处于动态。当 $T_d > 0$ 时, $a = \frac{dn}{dt}$ 为正, 系统加速运动。当 $T_d < 0$ 时, $a = \frac{dn}{dt}$ 为负, 系统减速运动。因式(2.1.1)和式(2.1.2)中的 T_M 、 T_L 既有大小也有方向(正或负), 故传动系统的运行状态不仅取决于 T_M 和 T_L 的大小, 还取决于 T_M 和 T_L 的方向(正或负)。因此, 建立机电传动系统的运动方程式和电路平衡方程时, 必须规定各电量的正方向, 同时必须规定各机械量的正方向。对机电传动系统中各机械量的正方向约定(见图 2.1.1(b))如下: 在确定了转速 n 的正方向后, 电动机转矩 T_M 取与 n 相同的方向为正, 负载转矩 T_L 取与 n 相反的方向为正。因此, 若 T_M 与 n 符号相同, 则表示 T_M 与 n 的方向一致; 若 T_L 与 n 符号相同, 则表示 T_L 与 n 方向相反。也可以由 T_M 、 T_L 的方向来确定 T_M 、 T_L 的正负。

根据上述约定, 可以从转矩与转速的符号上判断 T_M 和 T_L 的性质: 若 T_M 与 n 符号相同(同为正或同为负), 则表示 T_M 的作用方向与 n 相同, T_M 为拖动转矩; 若 T_M 与 n 符号相反, 则表示 T_M 的作用方向与 n 相反, T_M 为制动转矩。而若 T_L 与 n 符号相同, 则表示 T_L 的作用方向与 n 相反, T_L 为制动转矩; 若 T_L 与 n 符号相反, 则表示 T_L 的作用方向与 n 相同, T_L 为拖动转矩。

2. 多轴系统中转矩、转动惯量和飞轮转矩的折算原则

机电传动系统运动方程式中的转矩、转动惯量及飞轮转矩等, 均分别为同一转轴上的数值。若运动系统为多轴系统, 则必须将上述各量折算到同一转轴上才能列出整个系统的运动方程式。由于一般均以传动系统的电动机轴为研究对象, 因此, 一般都是将它们折算到电动机轴上。

转矩折算应依据系统传递功率不变的原则, 转动惯量和飞轮转矩折算应依据系统储存的动能不变的原则。

3. 生产机械负载的类型

根据生产机械在运动中所受阻力的性质不同, 可以将生产机械负载分成恒转矩型、离心式通风机型、直线型和恒功率型等几种类型的负载, 其负载特性分别如教材中的图 2.4~图 2.7 所示。恒转矩型负载又有两种不同性质的负载转矩, 即反抗性转矩和位能性转矩。反抗性转矩是由摩擦力、机床切削力等产生的负载转矩, 其作用方向恒与运动方向相反, 总是阻碍系统运动; 位能性转矩是由物体的重力或弹性体的弹性力产生的负载转矩, 其作用方向固定不变, 与运动的方向无关。

4. 机电传动系统稳定运行的条件

在机电传动系统中, 电动机与生产机械连成一体, 为了使系统运行合理, 就要使电动机的机械特性与生产机械的机械特性尽量相配合。特性配合良好的系统, 对其基本要求是稳定运行。

机电传动系统的稳定运行有两层含义:一是系统应能以一定速度匀速运转,即电动机轴上的拖动转矩 T_M 和折算到电动机轴上的负载转矩 T_L 大小相等、方向相反,相互平衡,这是必要条件;二是系统受某种外部干扰作用(如电压波动、负载转矩波动等)而使运行速度稍有变化时,应保证在干扰消除后系统能恢复到原来的运行速度,这是充分条件。

在图 2.1.2 中,曲线 1 为异步电动机的机械特性曲线 $n=f(T_M)$,曲线 2 为由电动机拖动的恒转矩型生产机械的机械特性曲线 $n=f(T_L)$ 。由图可知,机电传动系统稳定运行的充分必要条件是:

① 电动机的机械特性曲线 $n=f(T_M)$ 与生产机械的机械特性曲线 $n=f(T_L)$ 有交点,如 a 、 b 两点,交点就是机电传动系统的平衡点。

② 当转速大于平衡点对应的转速(即 $n' > n$)时,必须有 $T'_M < T_L$,即若干扰使转速上升,当干扰消除后应有 $T'_M - T_L < 0$,才能使系统减速而回到平衡点;而当转速小于平衡点对应的转速($n'' < n$)时,必须有 $T''_M > T_L$,即若干扰使转速下降,当干扰消除后应有 $T''_M - T_L > 0$,才能使系统加速而回到平衡点。

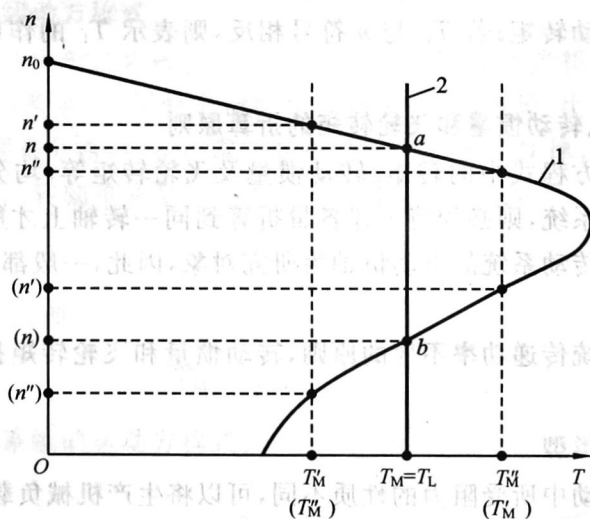


图 2.1.2

只有满足上述两个条件的平衡点,才是拖动系统的稳定平衡点,即只有具备这样的特性配合,系统在受到外界干扰后,才具有恢复到原平衡状态的能力而进入稳定运行。显然,图2.1.2中只有点 a 是稳定平衡点,而点 b 不是稳定平衡点。可见,不是随意选一台电动机就可以带动生产机械稳定运行的。

5. 机电传动控制系统的过渡过程

1) 机电传动系统产生过渡过程的原因

机电传动系统的工作过程是由一个稳态向另一个稳态过渡的过程,也称为机电传动系统

的过渡过程。产生过渡过程的外因是系统的转矩平衡关系被破坏,内因是系统中存有储能的惯性元件。一般机电传动系统中存在有三种惯性:机械惯性、电磁惯性和热惯性。由于热惯性比机械惯性、电磁惯性小得多,因此,在系统的过渡过程时间内,温度变化甚微,可以不予考虑。在有些情况下,电磁惯性影响也不大,可只考虑机械惯性。

2) 机电传动系统过渡过程的主要描述方法

在研究机电传动系统的过渡过程时,若只考虑机械惯性,则在这种过渡过程中,仅转速 n 不能突变,而电枢电流 I_a 和转矩 T_M 是可以突变的。系统运动规律可通过一阶线性常系数微分方程来描述,其变化规律可以用下列三个式子来表示:

$$n = n_s + (n_i - n_s)e^{-t/\tau_m}$$

$$T_M = T_L + (T_i - T_L)e^{-t/\tau_m}$$

$$I_a = I_L + (I_i - I_L)e^{-t/\tau_m}$$

可见, n 、 T_M 、 I_a 都是按指数规律变化的。

3) 加快机电传动系统过渡过程的主要措施

机电传动系统过渡过程的时间与机电时间常数 τ_m ($\tau_m = \frac{GD^2}{375} \cdot \frac{R}{K_e K_t \Phi^2}$) 有关,为加快系统的过渡过程,应设法减小 τ_m 。而且,由过渡过程的时间 $t = \frac{GD^2}{375 T_d} (n_2 - n_1)$ 可知,加快系统过渡过程的主要措施有二:①减小系统的飞轮转矩 GD^2 ;②增大动态转矩 T_d 。

从电动机方面考虑,应采用大惯量直流电动机;从控制系统方面考虑,应使系统在过渡过程中获得最佳的转矩波形(或电流波形)。注意,最大电流应保持为电动机过载能力所允许的值 $\lambda_i I_N$ 。

2.1.2 基本要求

- (1) 掌握机电传动系统的运动方程式,并学会用它来分析、判断机电传动系统的运行状态。
- (2) 对于多轴机电传动系统,为了列出系统的运动方程式,必须将转矩等进行折算,需掌握折算的基本原则和方法。
- (3) 了解几种典型生产机械的机械特性曲线 $n = f(T_L)$ 。
- (4) 掌握机电传动系统稳定运行的条件,并学会用它来分析、判断系统的稳定平衡点。
- (5) 了解过渡过程产生的原因、研究过渡过程的实际意义,掌握机电时间常数的物理意义以及加快过渡过程的方法。

2.1.3 重点与难点

1. 重点

- (1) 运用运动方程式分别判断机电传动系统的运行状态。

(2) 运用稳定运行的条件来判断机电传动系统的稳定运行点。

(3) 最优过渡过程的意义, 实现加快机电传动控制系统过渡过程的方法。

2. 难点

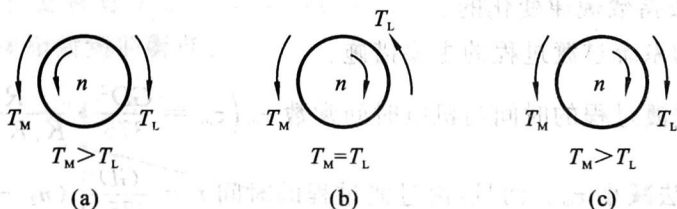
(1) 根据机电传动系统中 T_M 、 T_L 、 n 的方向确定 T_M 、 T_L 是拖动转矩还是制动转矩, 从而判断系统的运行是处于加速、减速还是匀速状态。

(2) 在机械特性曲线上判断系统稳定工作点时, 如何找出 T_M 、 T_L 。

(3) 用数学分析法分析机电传动系统的过渡过程。

2.2 例题解析

例 2.1 在图(例 2.1)的各图中, T_M 、 T_L 、 n 均为实际方向, 要求:



图(例 2.1)

(1) 根据各图所示 T_M 、 T_L 、 n 的方向, 列出各机电传动系统的运动方程式;

(2) 说明各图中 T_M 、 T_L 是拖动转矩还是制动转矩;

(3) 根据各图所示 T_M 、 T_L 、 n 的方向, 说明各系统的运行状态是加速、减速还是匀速。

解 (1) 因按正方向的约定: T_M 与 n 同向, T_M 为正; T_M 与 n 反向, T_M 为负。 T_L 与 n 反向, T_L 为正; T_L 与 n 同向, T_L 为负。因此, 机电传动系统的运动方程式如下:

$$\text{图(a)} \quad |T_M| - |T_L| = \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt}$$

$$\text{图(b)} \quad -|T_M| - |T_L| = \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt}$$

$$\text{图(c)} \quad -|T_M| + |T_L| = \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt}$$

(2) T 与 n 同向时, T 为拖动转矩; T 与 n 反向时, T 为制动转矩。因此, 图(a)中 T_M 为拖动转矩, T_L 为制动转矩; 图(b)中 T_M 、 T_L 均为制动转矩; 图(c)中 T_L 为拖动转矩, T_M 为制动转矩。

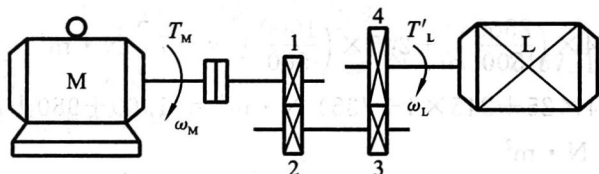
(3) 动态转矩 $T_d = T_M - T_L > 0$ 时为加速, $T_d < 0$ 时为减速, $T_d = 0$ 时为匀速。因此, 图(a)为加速运行状态; 图(b)为减速运行状态; 图(c)为加速运行状态。

例 2.2 图(例 2.2)所示为机电传动系统, 减速机构为两级减速箱, 已知齿轮齿数之比

$z_2/z_1=3, z_4/z_3=5$, 减速机构的传动效率 $\eta_c=92\%$, 各齿轮的飞轮转矩分别为 $GD_1^2=29.4 \text{ N}\cdot\text{m}^2, GD_2^2=78.4 \text{ N}\cdot\text{m}^2, GD_3^2=49 \text{ N}\cdot\text{m}^2, GD_4^2=196 \text{ N}\cdot\text{m}^2$, 电动机的飞轮转矩 $GD_M^2=294 \text{ N}\cdot\text{m}^2$, 负载的飞轮转矩 $GD_L^2=450.8 \text{ N}\cdot\text{m}^2$, 负载转矩 $T'_L=470.4 \text{ N}\cdot\text{m}$, 试求:

(1) 折算到电动机轴上的负载转矩 T_L ;

(2) 折算到电动机轴上系统的飞轮转矩 GD_2^2 。



图(例 2.2)

解 (1) $T_L = \frac{T'_L \omega_L}{\eta_c \omega_M} = T'_L \frac{z_1 z_3}{z_2 z_4} \frac{1}{\eta_c} = 470.4 \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{5} \times \frac{1}{0.92} \text{ N}\cdot\text{m} = 34.1 \text{ N}\cdot\text{m}$

(2) $GD_2^2 = (GD_M^2 + GD_1^2) + (GD_2^2 + GD_3^2) \frac{1}{j_1^2} + (GD_4^2 + GD_L^2) \frac{1}{j_L^2}$
 $= \left[(294 + 29.4) + (78.4 + 49) \times \frac{1}{3^2} + (196 + 450.8) \times \frac{1}{(3 \times 5)^2} \right] \text{ N}\cdot\text{m}^2$
 $= 340 \text{ N}\cdot\text{m}^2$

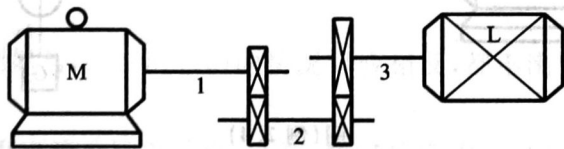
如近似计算,有

$$GD_2^2 = \delta GD_M^2 + \frac{GD_L^2}{j_L^2} = \left[1.15 \times 294 + \frac{450.8}{(3 \times 5)^2} \right] \text{ N}\cdot\text{m}^2 = 340.1 \text{ N}\cdot\text{m}^2$$

例 2.3 一机电传动系统如图(例 2.3)所示,已知各轴的飞轮转矩和转速分别为: $GD_1^2=87.4 \text{ N}\cdot\text{m}^2, n_1=2500 \text{ r/min}; GD_2^2=245 \text{ N}\cdot\text{m}^2, n_2=1000 \text{ r/min}; GD_3^2=735 \text{ N}\cdot\text{m}^2, n_3=500 \text{ r/min}$ 。负载转矩 $T'_L=98 \text{ N}\cdot\text{m}^2$, 电动机拖动转矩 $T_M=29.4 \text{ N}\cdot\text{m}^2$, 电动机拖动生产机械运动时的传动效率 $\eta_c=90\%$ 。

(1) 生产机械轴的加速度是多少?

(2) 为使生产机械具有 3 (r/min)/s 的加速度,要加装飞轮转矩 $GD^2=612.5 \text{ N}\cdot\text{m}^2$ 的飞轮,问:此飞轮应装在哪根轴上?



图(例 2.3)

解 (1) 把电动机的转矩 T_M 和所有的飞轮转矩都折算到生产机械轴上。