

随动系统译文集 第1集

不变性原理及 复合控制系统

肖春林、胡祐德、李毓桂等編譯



國防工業出版社

73.8
290.1

随动系統譯文集第1集

不变性原理及复合控制系统

肖春林、胡祐德、李毓桂等編譯

31562/14



国防工业出版社
1965.9.22
1965

內 容 簡 介

本譯文集介紹在自動控制系統中應用的新理論——不變性原理，從數學和物理本質上來推理和論證線性和非線性系統的不變性原理、不變性條件和測量方法。還介紹了實現不變性的多種方案——复合控制、复式反饋等，复合控制系統傳遞函數、系統誤差的確定，對數頻率特性的繪制，利用誤差系數、對數頻率特性分析和計算复合控制系統的方法。

本譯文集也討論了變參數線性复合控制系統的實現問題和最佳變參數复合控制系統。

本譯文集適于自動化方面的工程技術人員及高等院校師生參考。

隨動系統譯文集第1集

不變性原理及复合控制系統

肖春林、胡祐德、李毓桂等編譯

國防工業出版社 出版

北京市書刊出版業營業許可証出字第074號

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

国防工业出版社印刷厂印裝

850×1168 $\frac{1}{32}$ 印張 6 $\frac{1}{2}$ 166 千字

1965年8月第一版 1965年8月第一次印刷 印數：0,001—2,500冊

統一書號：15034·943 定價：(科七) 1.10元

序 言

在自动控制领域中，随动系统得到愈来愈广泛的应用和发展。随着现代科学技术发展的需要，对随动系统的动态精确度和快速性能提出了更高的要求。按误差控制的随动系统在许多情况下已跟不上这种需要，它已无法完全克服精度和过渡过程品质之间的矛盾。但是按扰动和误差复合控制的随动系统，从原理上消除了这个矛盾，因而在近几十年来，复合控制随动系统得到迅速的发展。

本译文集编译了有关不变性原理和复合控制随动系统方面的论文14篇。第1篇阐述不变性原理的数学和物理本质，在此基础上建立各种控制系统，并研究这些系统的特点。第4篇阐述不变性原理的实现及复合控制中扰动的各种测量方法。第5篇阐述变参数最佳线性系统，其中包括等效扰动的确定、变参数不变性自动调节系统的结构图。第6篇阐述变参数线性系统实现绝对不变性的可能性。第2篇阐述线性，非线性复合自动调整系统到 ϵ 不变性问题，不仅研究用频率法来分析与综合复合调整系统的问题，还叙述了任意非线性的复合系统的问题及其动态精度的准则，以及根据这个准则如何来评价存在任意非线性特性的非线性复合调整系统到 ϵ 的不变性。第7篇阐述线性复合调节系统根据调节对象的频率特性确定复合调节系统和随动系统参数的方法。第8篇阐述复合控制系统中按照系统的不完全数据来近似计算控制作用联接，其中包括按误差系数等于零的条件近似计算主控作用联接，按闭环频率特性形式的要求来近似计算扰动联接。第9篇阐述复合控制系统的传递函数列写，误差系数及频率特性的求法及扰动联接的计算方法等。第10篇阐述具有有限个控制作用导数的复合随动系统的部分不变性，及具有准确微分、实际微分、自适应补偿联接的复合随动系统。第11篇阐述复合控制系统的等效传递函数及对数频率特性的绘制。第12篇阐述不变性的随动传动的计算方法及发送器的等速或转角按谐波规律的运动。第3篇阐述按扰动控制的系统的运动学。第13篇阐述稳定系统的复合控制。第14篇阐述具有加速装置随动系统的工作原理、工作精度，加速装置的计算及执行元件不灵敏区和自由滑移曲线离散差大小的相互关系，固有迟滞对系统的影响。

这些文章可使读者对不变性原理有一大概的了解，对设计和实现复合控制随动系统的方法有较全面的认识。

限于我们的水平，在取材和编译等方面难免有错误和不当之处，敬请广大读者和专家批评、指教。

78080

編 者

目 录

序言	4
1 优质不变性调节系统	5
2 复合自动调整系统中到 ε 的不变性	35
3 复合调整	48
4 关于不变性原理的实现问题	57
5 变参数不变性最佳线性系统	67
6 变参数线性系统绝对不变性原理的实现	77
7 线性复合调节系统参数的选择	84
8 在复合控制系统中按照系统不完全 数据近似计算控制作用联接	91
9 用引入扰动联接的方法来提高随动系统的动态精度	114
10 具有有限个控制作用导数的复合随动系统	144
11 复合控制随动系统对数频率特性的绘制	157
12 精确动力补偿的(不变性的)随动传动系统的计算方法	167
13 稳定平台系统的复合控制	188
14 具有常速执行元件的随动系统的加速问题	196

08087

73.8
290.1

随动系統譯文集第1集

不变性原理及复合控制系统

肖春林、胡祐德、李毓桂等編譯

31562/14



国防工业出版社
1965.9.22
1965

內 容 簡 介

本譯文集介紹在自動控制系統中應用的新理論——不變性原理，從數學和物理本質上來推理和論證線性和非線性系統的不變性原理、不變性條件和測量方法。還介紹了實現不變性的多種方案——複合控制、複式反饋等，複合控制系統傳遞函數、系統誤差的確定，對數頻率特性的繪制，利用誤差系數、對數頻率特性分析和計算複合控制系統的方法。

本譯文集也討論了變參數線性複合控制系統的實現問題和最佳變參數複合控制系統。

本譯文集適于自動化方面的工程技術人員及高等院校師生參考。

隨動系統譯文集第1集

不變性原理及複合控制系統

肖春林、胡祐德、李毓桂等編譯

國防工業出版社 出版

北京市書刊出版業營業許可証出字第074號

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

国防工业出版社印刷厂印装

850×1168 $\frac{1}{32}$ 印張 6 $\frac{1}{2}$ 166 千字

1965年8月第一版 1965年8月第一次印刷 印數：0,001—2,500冊

統一書號：15034·943 定價：(科七) 1.10元

目 录

序言.....	4
1 优质不变性调节系统	5
2 复合自动调整系统中到 ε 的不变性	35
3 复合调整	48
4 关于不变性原理的实现问题	57
5 变参数不变性最佳线性系统	67
6 变参数线性系统绝对不变性原理的实现	77
7 线性复合调节系统参数的选择	84
8 在复合控制系统中按照系统不完全 数据近似计算控制作用联接	91
9 用引入扰动联接的方法来提高随动系统的动态精度	114
10 具有有限个控制作用导数的复合随动系统	144
11 复合控制随动系统对数频率特性的绘制	157
12 精确动力补偿的(不变性的)随动传动系统的计算方法	167
13 稳定平台系统的复合控制	188
14 具有常速执行元件的随动系统的加速问题	196

序 言

在自动控制领域中，随动系统得到愈来愈广泛的应用和发展。随着现代科学技术发展的需要，对随动系统的动态精确度和快速性能提出了更高的要求。按误差控制的随动系统在许多情况下已跟不上这种需要，它已无法完全克服精度和过渡过程品质之间的矛盾。但是按扰动和误差复合控制的随动系统，从原理上消除了这个矛盾，因而在近几十年来，复合控制随动系统得到迅速的发展。

本译文集编译了有关不变性原理和复合控制随动系统方面的论文14篇。第1篇阐述不变性原理的数学和物理本质，在此基础上建立各种控制系统，并研究这些系统的特点。第4篇阐述不变性原理的实现及复合控制中扰动的各种测量方法。第5篇阐述变参数最佳线性系统，其中包括等效扰动的确定、变参数不变性自动调节系统的结构图。第6篇阐述变参数线性系统实现绝对不变性的可能性。第2篇阐述线性，非线性复合自动调整系统到 ϵ 不变性问题，不仅研究用频率法来分析与综合复合调整系统的问题，还叙述了任意非线性的复合系统的问题及其动态精度的准则，以及根据这个准则如何来评价存在任意非线性特性的非线性复合调整系统到 ϵ 的不变性。第7篇阐述线性复合调节系统根据调节对象的频率特性确定复合调节系统和随动系统参数的方法。第8篇阐述复合控制系统中按照系统的不完全数据来近似计算控制作用联接，其中包括按误差系数等于零的条件近似计算主控作用联接，按闭环频率特性形式的要求来近似计算扰动联接。第9篇阐述复合控制系统的传递函数列写，误差系数及频率特性的求法及扰动联接的计算方法等。第10篇阐述具有有限个控制作用导数的复合随动系统的部分不变性，及具有准确微分、实际微分、自适应补偿联接的复合随动系统。第11篇阐述复合控制系统的等效传递函数及对数频率特性的绘制。第12篇阐述不变性的随动传动的计算方法及发送器的等速或转角按谐波规律的运动。第3篇阐述按扰动控制的系统的运动学。第13篇阐述稳定系统的复合控制。第14篇阐述具有加速装置随动系统的工作原理、工作精度，加速装置的计算及执行元件不灵敏区和自由滑移曲线离散差大小的相互关系，固有迟滞对系统的影响。

这些文章可使读者对不变性原理有一大概的了解，对设计和实现复合控制随动系统的方法有较全面的认识。

限于我们的水平，在取材和编译等方面难免有错误和不当之处，敬请广大读者和专家批评、指教。

78080

編 者

1 优质不变性调节系統●

В. С. 庫列巴金

緒 言

近年来, 苏联及其它国家在自动调节理論和实践方面, 以及在提高自动化的品质方面都取得了巨大的成就。

在很多优质自动调节系統和控制系統中, 以补偿扰动 (或称被調量对作用在調节对象上的扰动量具有不变性) 为基础而設計的系統, 引起了普遍注意。

本文将闡明不变性原理的基本的数学和物理实质, 在此基础上可以建立各种調节和控制系統, 并研究这些系統的特点。为了簡化分析, 对系統过程的研究将采用綫性近似法, 并仅适用于以两个坐标来表征对象行为的那些系統。

1. 綫性化調节系統的主要类型和描述其过程的方程式

具有一个調节坐标的綫性化系統的調节过程一般可以用下列矩陣式常系数微分方程描述:

$$F(D) \begin{vmatrix} x \\ y \\ z \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} x \\ y \\ z \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} b_1 f(t) \\ b_2 f(t) + c_2 \psi(t) \\ b_3 f(t) + c_3 \psi(t) \end{vmatrix}, \quad (1)$$

式中 x —— 自动化对象的被調坐标;

y —— 調节环节的坐标;

● В. С. Кулебакин, Высококачественные инвариантные системы регулирования, Теория инвариантности и её применение в автоматических устройствах, АН УССР, 1959, Стр. 11~39. 彭志瑾譯, 陈綠深校。

z —— 用于控制的被調对象的另一坐标;

$a_{11}, a_{12}, \dots, a_{33}$ —— 表征各独立环节动态特性或一个坐标对另一

坐标作用性质的綫性微分算子, 是 $D = \frac{d}{dt}$

的常系数多项式。在自动动作的系統中, 算

子 a_{12} 在絕大多数情况下为零, 即 $a_{12}=0$;

$f(t)$ —— 扰动力或負載, 它可以是幅值受限制的有規律的时间自变函数, 或者是幅值受限制的給定时间函数;

$\psi(t)$ —— 給定作用, 一般也是幅值受限制的有規律的时间函数 (在随动装置中和在程序調节时), 在鎮定系統中, 通常 $\psi(t) = \text{const}$;

b_1, b_2, b_3 —— 綫性微分算子, 表征負載对調节对象和对系統中其他环节影响的形式;

c_2, c_3 —— 表示給定作用形式的綫性算子;

$F(D)$ —— 表示系統本身动态特性的主行列式。这个行列式等于 $a_{11}A_{11} + a_{21}A_{21} + a_{31}A_{31}$ (式中 A_{11}, A_{21}, A_{31} —— a_{11}, a_{21}, a_{31} 的子行列式)。

在方程組 (1) 中, 第一、三兩行屬於調节对象, 第二行屬於調节器。

方程 (1) 是針對下述情况导出的, 即: 在自动調节系統中, 同时按負載、被調节量偏差 x 和調节对象的另一坐标 z 来实现控制, 亦即用具有复式反饋的复合方法来实现控制。

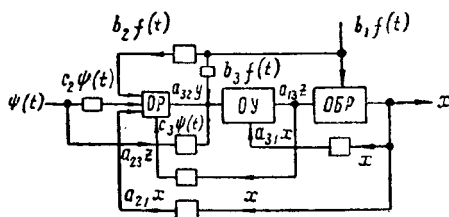


图 1 复合控制系統結構图
(当 $a_{12}=0$ 和复式反饋时)。

图 1 所示为上述系統的一般結構图。在該图和以后各图中的

符号代表:

OP ——调节装置;

OY, OBP ——调节对象环节。

图 1 所示的复合控制结构图属于闭环-开环系统。

在图 2 所示的复合控制系统结构图中, 仅仅由被调节量 x 组成的反馈通道形成一个闭环。

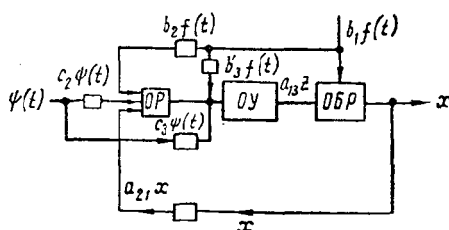


图 2 以被调节坐标 x 为反馈的复合控制系统结构图 ($a_{12}=a_{23}=a_{31}=0$)。

若在方程组 (1) 中, 取 $a_{23}=0$, 则该方程可用来描述以被调节坐标 x 为反馈的复合控制过程:

$$\begin{aligned} a_{11}x + a_{12}y + a_{13}z &= b_1 f(t); \\ a_{21}x + a_{22}y + 0 &= b_2 f(t) + c_2 \psi(t); \\ a_{31}x + a_{32}y + a_{33}z &= b_3 f(t) + c_3 \psi(t). \end{aligned} \quad (2)$$

不以被调节量, 而以调节对象的另一座标, 即以座标 z 反馈时, 也可以实现复合控制, 图 3 所示就是以座标 z 为反馈的例子。

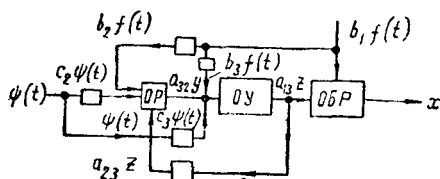


图 3 以座标 z 为反馈的复合控制系统结构图 (当 $a_{12}=a_{31}=0$ 时)。

描述这个系统中的过程时, 应该令座标 x 的算子 a_{21} 等于零, 这时, 根据 (1) 式, 系统每个环节中动态过程的方程式可写成:

$$\begin{aligned} a_{11}x + a_{12}y + a_{13}z &= b_1 f(t); \\ 0 + a_{22}y + a_{23}z &= b_2 f(t) + c_2 \psi(t); \\ a_{31}x + a_{32}y + a_{33}z &= b_3 f(t) + c_3 \psi(t). \end{aligned} \quad (2)'$$

分析了方程組 (2) 和 (2)' 以后, 很容易判明: 在复合控制系统中, 消除由于反饋而形成的任一个閉合迴路, 对系統动态的品质是有影响的。

若在图 1 所示的結構圖系統中, 輸入端去掉外界扰动或負載, 那末系統將成为一个同时具有按被調节量和調节对象的另一个座标为反饋通道的閉环系統。在

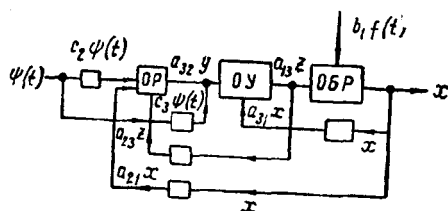


图 4 以調节对象的两个座标偏差来調节的系統結構圖 (当 $a_{12}=0$ 时)。

这种情况下, 不是按一个坐标而是同时按調节对象的两个 (或几个) 座标的反饋形成閉合迴路 (图 4)。

这种系統应称之为按偏差复式控制的系統。若将方程組 (1) 內 $f(t)$ 的系数 b_2, b_3 取为零, 則該方程組亦可用来描述这种复式控制的閉环系統的过程。这时

$$\begin{aligned} a_{11}x + a_{12}y + a_{13}z &= b_1f(t); \\ a_{21}x + a_{22}y + a_{23}z &= c_2\psi(t); \\ a_{31}x + a_{32}y + a_{33}z &= c_3\psi(t). \end{aligned} \quad (3)$$

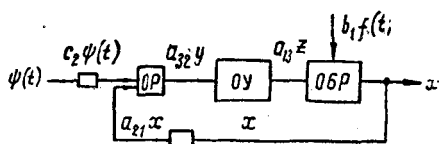


图 5 按座标 x 的偏差調节的系統結構圖 (当 $a_{12}=a_{31}=c_3=0$ 时)。

显而易见, 去掉引向系統輸入端和用来傳遞外界扰动信息的通道, 并不会影响自动調节系統的动态稳定性。

再把图 1 所示的結構圖变换成按調节对象的一个参数控制的閉环基本綫路 (图 5), 或者变换成按負載控制的开环綫路 (图 6)。

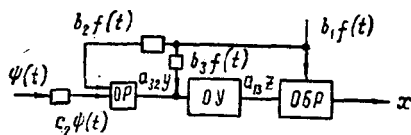


图 6 按負載調节的开环系統結構圖 (当 $a_{12}=a_{31}=c_3=0$ 时)。

按坐标 x 的偏差调节的系统的动态过程可用下式描述:

$$\begin{aligned} a_{11}x + a_{12}y + a_{13}z &= b_1f(t); \\ a_{21}x + a_{22}y + 0 &= c_2\psi(t); \\ a_{31}x + a_{32}y + a_{33}z &= c_3\psi(t), \end{aligned} \quad (4)$$

按 z 调节的:

$$\begin{aligned} a_{11}x + a_{12}y + a_{13}z &= b_1f(t); \\ 0 + a_{22}y + a_{23}z &= c_2\psi(t); \\ a_{31}x + a_{32}y + a_{33}z &= c_3\psi(t), \end{aligned} \quad (4)'$$

而按负载控制的系统, 其过程为:

$$\begin{aligned} a_{11}x + a_{12}y + a_{13}z &= b_1f(t); \\ 0 + a_{22}y + 0 &= b_2f(t) + c_2\psi(t); \\ a_{31}x + a_{32}y + a_{33}z &= b_3f(t) + c_3\psi(t). \end{aligned} \quad (5)$$

以上所得方程组 (1)~(5), 以及结构图 (图 1~6) 给出了关于那些对自动调节系统主要动态性质和系统的过程品质起决定性作用的因素一个很直观的概念。

综合自动调节系统的主要任务之一, 就是根据对稳定性和精度的给定要求选择相应的一些参数、结构图和确定能补偿外界扰动的影响而使系统的过渡过程更加完善的控制形式, 而系统本身应当尽量简单且动作可靠。

2. 自动调节系统中补偿扰动的問題

众所周知, 对所有自动调节和控制系统提出的基本要求是: 在扰动作用下, 使被调节量对给定值或所需值的偏差在过渡过程中尽可能小。

在调节系统中对扰动的补偿愈充分和复现给定作用愈精确, 调节过程就愈完善。

调节作用的物理实质就是实现这个要求。

在自动控制系统中, 方程组 (1)~(5) 对被调节坐标 $x(t)$ 的解可化为如下通式:

$$F(D)x = X(D)f(t) + \Phi_\lambda(D)\psi(t) \quad (6)$$

式中 $X(D)$ —— $f(t)$ 的算子多项式, 取决于 a_{ij} 和 b_1, b_2, b_3 ;

$\Phi_\lambda(D)$ —— $\psi(t)$ 的算子多项式, 取决于 a_{ij} 和 c_2, c_3 。

这个表示座标 $x(t)$ 状态的微分方程式, 其全解可视为三个分量的总和:

a) 取决于系统本身动态性质和初始条件的自由分量 $x_c(t)$;

б) 由于扰动 $f(t)$ 和给定作用 $\psi(t)$ 对系统的影响而得到的强迫分量 $x_{s1}(t)$ 和 $x_{s2}(t)$ 。

第一个分量 $x_c(t)$ 是齐次微分方程的通解:

$$F(D)x_c = 0. \quad (7)$$

另外两个强迫分量由下列方程式的特解确定:

$$F(D)x_{s1} = X(D)f(t); \quad (8)$$

$$F(D)x_{s2} = \Phi_\lambda(D)\psi(t). \quad (9)$$

在优质自动调节系统中, 必须使自由分量 $x_c(t)$ 迅速衰减, 并使偏差的幅度尽可能小。至于强迫分量 $x_{s1}(t)$ 实际应为零, 而另一分量 $x_{s2}(t)$ 必须按比例以一定的精度来复现给定作用 $\psi(t)$; $x_{s2}(t) = \kappa\psi(t)$, $\kappa = \text{const}$ 。

对第一项强迫分量 $x_{s1}(t)$ 而言, 数学上的要求是使 $X(D)f(t) \rightarrow 0$ (当 $f(t) \neq 0$ 时), 最好是使 $X(D)f(t) \equiv 0$ 。对 $x_{s2}(t)$ 的要求, 一般借助于选择系统的参数使 $\Phi_\lambda(D) = F(D)$ 时即可满足。

当负载或外界扰动是:

1) 幅值有限制和有规律的任意时间函数 $f(t)$,

2) 给定的或已知的时间函数 $\bar{f}(t)$,

在一定条件下有可能实现这些要求。

在任意时间函数 $f(t)$ 的情况下, 欲使 $X(D)f(t) \equiv 0$, 必须使

$$X(D) \equiv 0. \quad (10)$$

显然, 实现上述条件后, 同样亦可满足

$$X(D)\bar{f}(t) \equiv 0. \quad (11)$$

但是还应指出, 当算子 $X(D) \equiv 0$ 时, (11) 式的关系仍可得到, 这时只要选 $X(D) = \bar{X}(D)$, 由于它与给定函数相乘的结果使 $\bar{X}(D)\bar{f}(t)$ 恒被抵消。

根据 $X(D)f(t)$ 或 $\bar{X}(D)\bar{f}(t)$ 趋于零的程度和给定坐标要消除何种扰动的影响, 不变性可分为:

а) 精度至自由分量的完全不变性; б) 绝对不变性; в) 不完全不变性, 即精度至 ε 的不变性; г) 选择不变性; д) 以一定的精度对扰动的导数实现部分不变性。

下面仅对完全补偿 $f(t)$ 和 $\bar{f}(t)$ 的基本理论加以介绍。

3. 自动系统对 $f(t)$ 实现完全不变性的理论

利用微分方程组 (1), 可以较详细地描述各个独立坐标强迫分量的性质。这些坐标有:

对象的被调节量 ($x_B = x_{B1} + x_{B2}$):

$$F_K(D)x_B = \begin{vmatrix} b_1 f(t) & a_{12} & a_{13} \\ b_2 f(t) + c_2 \psi(t) & a_{22} & a_{23} \\ b_3 f(t) + c_3 \psi(t) & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} \quad (12)$$

或者

$$F_K(D)x_B = (b_1 A_{11} + b_2 A_{21} + b_3 A_{31})f(t) + (c_2 A_{21} + c_3 A_{31})\psi(t), \quad (13)$$

式中 $F_K(D)$ ——表征整个自动调节系统动态品质的主行列式, 它等于:

$$F_K(D) = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} \neq 0; \quad (14)$$

A_{11}, A_{21}, A_{31} ——行列式矩阵元素 a_{11}, a_{21}, a_{31} 的子行列式;

调整器 ($y_B = y_{B1} + y_{B2}$):

$$F_K(D)y_B = \begin{bmatrix} a_{11} & b_1 f(t) & a_{13} \\ a_{21} & b_2 f(t) + c_2 \psi(t) & a_{23} \\ a_{31} & b_3 f(t) + c_3 \psi(t) & a_{33} \end{bmatrix}; \quad (15)$$

調整对象的控制参数 ($z_B = z_{B1} + z_{B2}$):

$$F_K(D)z = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & b_1 f(t) \\ a_{21} & a_{22} & b_2 f(t) + c_2 \psi(t) \\ a_{31} & a_{32} & b_3 f(t) + c_3 \psi(t) \end{bmatrix} \quad (16)$$

或者写成通式:

$$\left. \begin{aligned} F_K(D)x_B &= X(D)f(t) + \Phi_x(D)\psi(t); \\ F_K(D)y_B &= Y(D)f(t) + \Phi_y(D)\psi(t); \\ F_K(D)z_B &= Z(D)f(t) + \Phi_z(D)\psi(t). \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

这里的符号表示:

$X(D)$, $Y(D)$, $Z(D)$ —— $f(t)$ 的綫性算子, 取决于 a_{ij} 和 b_1 , b_2 , b_3 ;

$\Phi_x(D)$, $\Phi_y(D)$, $\Phi_z(D)$ —— $\psi(t)$ 的綫性算子, 取决于 a_{ij} 和 c_2, c_3 。

分析方程式 (2), (3), (5), (6) 很容易看出, 算子 b_1 , b_2 , b_3 和 c_2 , c_3 不包含在表征系統本身动态特性的主行列式 $F_K(D)$ 矩陣內, 但它們对上述方程式右边的算子有着重要的影响。

正如前面指出的, $X(D) \equiv 0$ 是对座标 z_{B1} 实现完全不变性的一般准则, 該等式是应用在当任意扰动 $f(t)$ 作用在調整对象上的情况。

实现 $X(D) \equiv 0$ 这个要求, 可以有两种主要方法:

- 1) 利用作用在調整器上的附加扰动作用;
- 2) 应用复式反饋。

获得 $X(D) \equiv 0$ 的第一种方法

这种方法的实质是应用以負載作为附加控制^[1,2]。实际实现这种方法是测量作用在調整对象上的外界扰动, 并根据这些扰动、以一定的信息形式傳遞到系統調整器的反应机构上去。