

第9章 : 2 自由度制御系

9.2 2 自由度制御系の構造と設計法

キーワード : 2 自由度制御

学習目標 : フィードフォワードとフィードバックの長所を併せ持つ 2 自由度制御系の構造と設計を理解する。

1

9.2 自由度制御系

9.2.2 自由度制御系の構造と設計法

フィードフォワード制御

$$u_{ff}(s) = \frac{F(s)}{P(s)}r(s)$$

$F(s)$: 設計パラメータ

フィードバック制御

$$u_{fb}(s) = K(s)(F(s)r(s) - y(s))$$

2自由度制御

$$u(s) = u_{ff}(s) + u_{fb}(s)$$

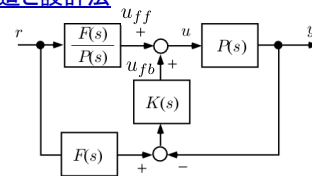


図 9.5 2自由度制御系

2

モデル化誤差がない場合

(使用後, 制御対象が経年劣化などしない場合)

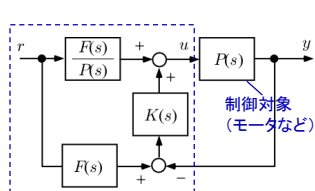
$$y = P \left(\frac{F}{P}r + K(Fr - y) \right)$$

$$= Fr + PK(Fr - y)$$

よって

$$(1 + PK)y = (1 + PK)Fr$$

$$y = Fr$$



コントローラ(マイコン, コンピュータ)
コントローラは, 製品を作ったときに組み込むので, 後から変更が不可能

3

モデル化誤差がある場合

$$y = \tilde{P} \left(\frac{F}{P}r + K(Fr - y) \right)$$

$$= \tilde{P} \frac{F}{P}r + \tilde{P}K(Fr - y)$$

よって

$$(1 + \tilde{P}K)y = \left(\frac{\tilde{P}}{P} + \tilde{P}K \right) Fr$$

$$y = \frac{\frac{\tilde{P}}{P} + \tilde{P}K}{1 + \tilde{P}K} Fr \quad \frac{1}{1 + \tilde{P}K} \text{ の効果}$$

$F(s)$: 目標値応答を指定

$K(s)$: フィードバック特性を指定

互いに独立

条件付きフィードバック構造

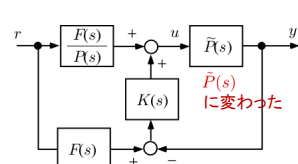


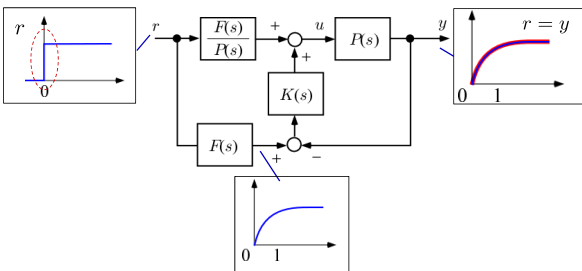
図 9.5 条件付きフィードバック構造

4

$F(s)$ の役割

$$F(s) = \frac{1}{s+1} \text{ のとき}$$

0 [s] で急激に変化する目標値は, 慣性の法則 $\rightarrow F(s)$ で限定的な目標値にするから無理がある。



5

制御系の安定条件

(I) $F(s)$ が安定, $\frac{F(s)}{P(s)}$ が安定

(II) $P(s)$ と $K(s)$ からなる閉ループ系が安定

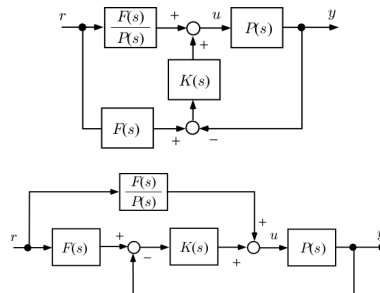


図 9.5 条件付きフィードバック構造

6

2 自由度制御系の設計手順

- [ステップ1] 目標値応答の観点から、 $F(s)$ を安定条件の範囲内で選ぶ。
- [ステップ2] フィードバック特性の観点から、ループ整形法等を用い、 $K(s)$ を内部安定性を満たす範囲で設計する。
- [ステップ3] 上記の $F(s)$, $K(s)$ を, 図 9.5 のように組み合わせる。

7

[例 9.2]

制御対象

$$P(s) = \frac{1}{s-1}$$

変動 $\rightarrow \hat{P}(s) = \frac{20}{(s-1)(s+20)}$

フィードバックコントローラ

$$K(s) = \frac{4s+6}{s}$$

フィードフォワードコントローラ

$$F(s) = \frac{1}{\tau s + 1} \quad (\tau = 0.3)$$

[例 9.1] と比べてみると,
a ~ c OK & d OK

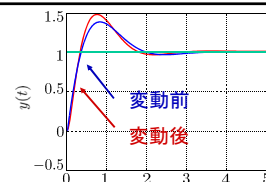


図 9.2 (b) 目標値応答 ($r = 1$)

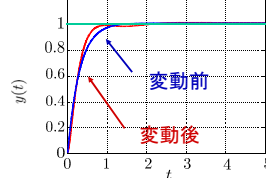


図 9.6 2自由度制御系の目標値応答例

8

[例 9.3]

制御対象

$$P(s) = \frac{1}{s} \rightarrow \hat{P}(s) = \frac{15}{s(s+25)}$$

コントローラ $K(s) = K_0$ (定数)

コントローラの条件

フィードバックのみ $K_0 = 1$ (制限)

$$\text{2自由度 } F(s) = \frac{1}{s+1}$$

$$K = 8$$

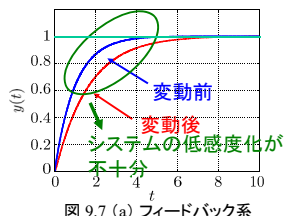


図 9.7 (a) フィードバック系

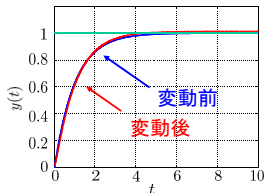


図 9.7 (b) 2自由度制御系

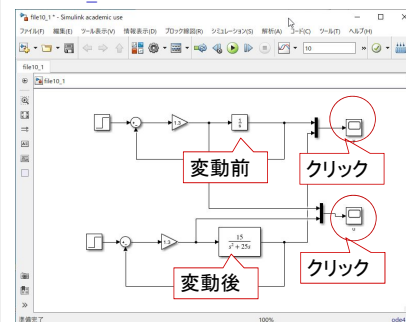
9

MATLABによる演習

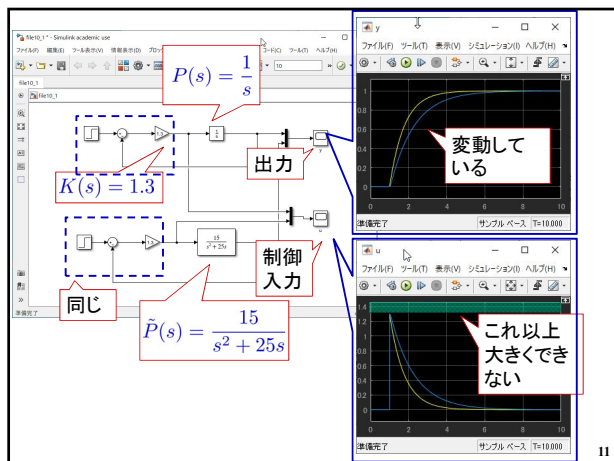
[例 9.3]

(1) フィードバック制御のみ

file10_1.mdl



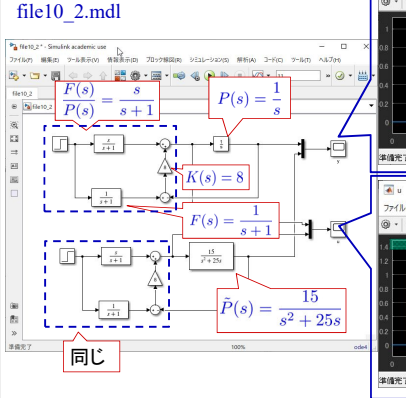
10



11

(2) 2自由度制御系

file10_2.mdl



12

【課題】次の仕様を満たす2自由度制御系の $F(s)$, $K(s)$ を設計して, 出力応答と制御入力の波形を示せ。
 立ち上がり: フィードバック制御と同じくらい
 制御入力: フィードバック制御よりも小さく
 定常偏差: フィードバック制御よりも小さく
 file10_3.mdl

黄色: フィードバック制御系
 青色: 2自由度制御系

出力応答
 青色が1になれば定常偏差 = 0

制御入力
 青色が黄色よりも小さくなればよい

フィードバック制御系

2自由度制御系

図の保存方法

ファイル

Figureへ出力

名前をつけて保存

名前をつけて保存

*.png または *.jpg を選ぶ

第9章: 2自由度制御系

9.2 2自由度制御系の構造と設計法

キーワード: 2自由度制御

学習目標: フィードフォワードとフィードバックの長所を併せ持つ2自由度制御系の構造と設計を理解する。