801400805441 Kendinden Ayarlamalı Kontrol Sistemleri [1-12]

Dijital kontrol sistemlerinin performansı, Kendinden ayarlamalı ayrık zamanlı kontrolör parametreleri, etkinlik hesapları [1-12]

Kaynaklar

[1] Wellstead P. E., Zarrop M.B., 1991, Self-Tuning Systems, Control and Signal Processing, John-Wiley and Sons.

[2] Coughanowr D., LeBlanc S., 2009, Process Systems Analysis and Control, McGraw-Hill

[3] Bequette B.W., 2008, Process Control Modelling; Design and Simulation, Prentice-Hall

[4] Seborg D.E., Mellichamp D. A., Edgar T.F, Doyle F.J., 2011, Process Dynamics and Control , John Wiley and Sons

[5] Stephanopoulos G., 1984, Chemical Process Control : an introduction to theory and practice, Prentice-Hall

[6] Hapoğlu H., 1993, Self-tuning Control of Packed Distillation Columns, The University of Wales, Ph.D. Thesia, U.K.

[7] Bierman, G.J., 1976, Measurement Updating Using The U-D Factorisation, Automatica, 12, 375-382.

[8] Bierman, G.J., 1977, Factorization Methods for Discrete Sequential Estimation, Academic Press, London, U.K.

[9] Astrom, K.J., Wittenmark B., 1973, On Self-Tuning Regulators, Automatica 9, 185-199.

[10] Clarke, D.W., Gawthrop P.J., 1975, Self-Tuning Controller, IEE Proc. 122, 929-934

[11] Carke D.W., Mohtadi C., Tuffs P.S., 1987, Generalized Predictive Control: Parts i and ii., Automatica 23, 137-160.

[12] Jacquot R. G., 1981, Modern Digital Control Systems, Dekker, New York, USA

Kendinden ayarlamalı kontrolör performansı:

Kendinden ayarlamalı kontrol edici tasarım kriteri olarak minimize edilmek üzere çeşitli maliyet fonksiyonları seçilebilir.

Minimum değişmeli strateji; Aström ve Wittenmark (1973) tarafından, verilen bir girdi-çıktı lineer modeli için maliyet kriterini minimize ederek elde edilmiştir[9]. Bu kriter:

$$J(u,t) = \Xi\{(y_{t+k} - w_{t+k})^2\}$$

Burada, u_t kontrol sinyali (t+k) zamanındaki sistem çıktısını etkiler. Sistem gecikmesi k örnek alma adım sayısı kadardır. Sistemde y_t çıkış değişkenini gösteriyor. Referans sinyal w_t set noktası değeridir. Beklenti fonksiyonu Ξ olarak sembolize edilmiştir.

Bu kriter, uygun bir u_t seçimi ile t zamanında minimize edilir.

Bu kontrol stratejisinde sadece minimum faz sistemlerine uygulanabilir.

Bu stratejinin nonminimum faz sistemlere de uygulanabilir hale getirilmiş, gelişmiş şekli şu yeni kriteri minimize etmektedir:

$$J(u,t) = \Xi\{(y_{t+k} - w_{t+k})^2 + \lambda {u_t}^2\}$$

Bu strateji Genelleştirilmiş minimum değişmeli (Generalized Minimum Variance (GMV)) kontrol olarak bilinir. Bir basamak ileri en uygun (optimal) kontrol kanununu uygular [10]. Bu teknikte, kapalı hat karalılığı korunurken, minimum çıktı değişimi elde edecek şekilde ağırlık faktörü λ, mümkün olduğunca küçük tutularak değiştirilir.

Diğer bir alternatif metot ise u_t yerine Δu_t kullanımı ile geliştirilmiştir. Burada Δu_t tanımı:

$$\Delta u_t = u_t - u_{t-k}$$

ve maliyet fonksiyonu;

$$J(u,t) = \Xi\{(y_{t+k} - w_{t+k})^2 + \lambda(\Delta u_t)^2\}$$

Bu kriter Δu_t bakımından t zamanında minimize edilir. Bu tip bir değişikliğe gidilmesinin nedeni ise, maliyet fonksiyonunda u_t bulundurma durumunda ilgili kontrol stratejisinde kontrol sonucu ofset oluşabilmesidir. Maliyet fonksiyonunda Δu_t kullanılarak sisteme bir integral eylemi eklenmiştir. Bu ofset problemini ortadan kaldırabilmektedir.

GMV kontrol non-minimum faz sistemlerin kontrol edilmesinde zayıftır ve özellikle bilinmeyen zaman gecikmeleri içeren sistemlerde zayıftır. Bu tip zorlukların üstesinden gelmek üzere Clarke et al(1987) Genelleştirilmiş tahmin edici kontrol (Generalized Predictive Controller(GPC)) stratejisini önermiştir[10]. Burada minimize edilen fonksiyon J(u,t) şöyledir:

$$J(u,t) = \Xi\left\{\sum_{j=N_1}^{N_2}(y_{t+k} - w_{t+k})^2 + \lambda\sum_{j=1}^{N_u}\left[\Delta u_{t+j-1}\right]^2\right\}$$

Bu maliyet fonksiyonu Δu_t, Δu_{t-1}, …,Δu_{t+Nu-1} değerlerini minimize etmektedir. Pratikte sadece Δu_t değerini minimize edecek şekilde seçilebilir. Minimum maliyet ufku N_1 en düşük etki zamanı veya gecikme değeri olarak seçilir.

Gerçekte tasarım parametresi olarak kullanılmaz. GPC kriteri üç dominant tasarım parametresi olan N_2, N_1 ve λ (bunlar sırasıyla maksimum maliyet ufku, kontrol ufku ve ağırlık faktörü olarak adlandırılır) değerlerine bağlıdır. Bu strateji şu durumlara uygulanabilir:

(a-) Non-minimum faz sistemleri

(b-) Açık hat karasız sistemler veya çok yavaşlatılmış kutuplu (badly damped poles) sistemlere (c-) değişken veya bilinmeyen ölü zamanlı sistemlere ve bilinmeyen mertebe sistemlere

Yük etkisi altındaki bütün sistemlerde ofsetsiz bir kapalı hat performansı elde etmek için kontrol edicide bir integral hareketi bulunmalıdır. GPC algoritmaları bir integral eylemi içermektedir.

Kendinden ayarlamalı ayrık zamanlı kontrolör parametreleri:

Kontrolör:

$$u(t) = \frac{S}{R}(r(t) - y(t))$$

Polinomlar:

$$S = s_0 + s_1 z^{-1} + s_2 z^{-2}$$

$$R = (1 - z^{-1})$$

Geleneksel oransal integral türevsel kontrolör yapısı:

$$u(t) = K_c \varepsilon(t) + \frac{K_c}{\tau_I} \int_0^t \varepsilon(t)dt + K_c \tau_D \frac{d\varepsilon(t)}{dt}$$

Burada kendinden ayarlamalı oransal integral türevsel digital kontrolörün parametrelerinin geleneksel oransal kontrol kazançı, integral zamanı ve türev zamanı katsayıları ve örnek alma zamanı periyodunun seçimine olan bağlantısı Jacquot (1980) sayısal yaklaşım seçimleri ile formüle edilmiştir [12]. İntegral için yamuk yaklaşımı, türev için geri fark yaklaşımı kullanılmıştır:

Örnek alma zaman periyodu Δt ve zaman adımı sayısı t için yaklaşım:

$$u(t) = K_c \varepsilon(t) + \frac{K_c}{2\tau_I} \sum_{n=0}^{t-1} [\varepsilon(n) + \varepsilon(n+1)] + \frac{K_c \tau_D}{\Delta t} [\varepsilon(t) - \varepsilon(t-1)]$$

Örnek alma zaman periyodu Δt ve zaman adımı sayısı (t-1) için benzer yaklaşım:

$$u(t-1) = K_c \varepsilon(t-1) + \frac{K_c \Delta t}{2\tau_I} \sum_{n=0}^{t-2} [\varepsilon(n) + \varepsilon(n+1)] + \frac{K_c \tau_D}{\Delta t} [\varepsilon(t-1) - \varepsilon(t-2)]$$

Her iki yaklaşımın birbirinden çıkarılması ile elde edilen formül:

$$u(t) - u(t-1) = K_c[\varepsilon(t) - \varepsilon(t-1)] + \frac{K_c \Delta t}{2\tau_I}[\varepsilon(t-1) + \varepsilon(t)] + \frac{K_c \tau_D}{\Delta t}[\varepsilon(t) - 2\varepsilon(t-1) + \varepsilon(t-2)]$$

Formülde yapılan düzenleme ile:

$$\Delta u(t) = [K_c + \frac{K_c \Delta t}{2\tau_I} + \frac{K_c \tau_D}{\Delta t}]\varepsilon(t) + [\frac{K_c \Delta t}{2\tau_I} - K_c - \frac{2K_c \tau_D}{\Delta t}]\varepsilon(t-1) + \frac{K_c \tau_D}{\Delta t}\varepsilon(t-2)$$

Bu eşitliği kontrolör yapısı ile eşleştirdiğimizde parametreleri veren eşitlikler elde edilir:

$$\Delta u(t) = s_0 + s_1\varepsilon(t) + s_2\varepsilon(t-1)$$

Seçilen sayısal açılımlara bağlı olarak s_0, s_1, s_2 için elde edilen eşitlikler farklı olur. Jacquot (1980) sayısal yaklaşım seçimleri ile elde edilen eşitlikler:

$$s_0 = K_c + \frac{K_c \Delta t}{2\tau_I} + \frac{K_c \tau_D}{\Delta t}$$

$$s_1 = \frac{K_c \Delta t}{2\tau_I} - K_c - \frac{2K_c \tau_D}{\Delta t}$$

$$s_2 = \frac{K_c \tau_D}{\Delta t}$$

Kontrol edilen sistemin çıkış değişkeni cevabına dayalı etkinlik değerlendirme

Grafiksel değerlendirme yanında, birden fazla kriter hesaplanarak etkinlik değerlendirmesi yapılması önerilir.

Hata karesi integrali hesaplama (Burada T_{all} başlangıçtan itibaren incelenen tüm cevap zamanını gösterir:

$$ISE = \int_0^{T_{all}} e(t)^2 \, dt$$

Mutlak hata integrali hesaplama (Burada T_{all} başlangıçtan itibaren incelenen tüm cevap zamanını gösterir:

$$IAE = \int_{0}^{T_{all}} |e(t)|\, dt$$

Zaman ve hata karesi integrali hesaplama (Burada T_{all} başlangıçtan itibaren incelenen tüm cevap zamanını gösterir:

$$ITSE = \int_{0}^{T_{all}} te(t)^2\, dt$$

Zaman ve mutlak hata integrali hesaplama (Burada T_{all} başlangıçtan itibaren incelenen tüm cevap zamanını gösterir:

$$ITAE = \int_{0}^{T_{all}} t|e(t)|\, dt$$

Zaman karesi ve hata karesi integrali hesaplama (Burada T_{all} başlangıçtan itibaren incelenen tüm cevap zamanını gösterir:

$$ISTSE = \int_{0}^{T_{all}} t^2 e(t)^2\, dt$$

Zaman karesi ve hata integrali hesaplama (Burada T_{all} başlangıçtan itibaren incelenen tüm cevap zamanını gösterir:

$$ISTE = \int_{0}^{T_{all}} t^2 e(t)\, dt$$