

ЗАСТОСУВАННЯ УЗАГАЛЬНЕНИХ ЛОГАРИФМІЧНИХ ЧАСТОТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ АНАЛІЗУ ТА СИНТЕЗУ СИСТЕМ ІЗ ЗАПІЗНЕННЯМ

Під час аналізу та синтезу систем автоматичного регулювання широко використовують частотні методи. Особливо простими, зручними і наочними є логарифмічні частотні характеристики.

Частотні методи аналізу та синтезу САР, в основі яких лежить положення про наявність однозначної залежності між логарифмічною амплітудою і фазовою характеристиками, є вже неприйнятними для систем із запізненням, в яких не існує однозначної залежності між амплітудною і фазовою характеристиками. Однак, як вказував проф. В. В. Солодовніков [2], частотні методи аналізу та синтезу САР можуть бути поширені і на системи з запізненням. При цьому необхідно додатково враховувати зміщення фазової характеристики, викликане наявністю запізнення в системі.

Не зважаючи на це, більшість дослідників для аналізу та синтезу систем і особливо при розрахунках налагоджень регуляторів промислових систем регулювання, застосовують більш складні амплітудо-фазові частотні характеристики [3, 4], вважаючи логарифмічні характеристики непридатними для САР із запізненням.

Для аналізу і синтезу систем із запізненням доцільно застосовувати узагальнені логарифмічні частотні характеристики. На відміну від звичайних логарифмічних характеристик, де по осі абсцис відкладається частота ω , в узагальнених логарифмічних характеристиках застосовується узагальнена частота ωt .

В координатах узагальненої частоти фазова характеристика ланки з запізненням буде єдиною незалежною від величини часу запізнення, що дозволяє мати одну шаблонну узагальнену фазову характеристику і відносно просто аналізувати системи з запізненням. Зміна величини часу запізнення призводить тільки до зміщення амплітудної характеристики.

Для прикладу на рис. 1 показані узагальнені логарифмічні амплітудні характеристики інерційної ланки першого порядку з запізненням з різними величинами часу запізнення і узагальнена (шаблонна) фазова характеристика ланки з запізненням. Сумарна узагальнена фазова характеристика одержується сумуванням фазової характеристики інерційної ланки першого порядку і шаблонної фазової характеристики ланки з запізненням.

Тепер по суті не має об'єктивного критерію оцінки величини запізнення і дуже часто неможливо вирішити чи враховувати (чи ні) запізнення під час аналізу та синтезу системи. При розрахунках налагодження регуляторів за критерій оцінки величини запізнення застосовується відношення часу запізнення до сталої часу об'єкта $\left(\frac{\tau}{T_0}\right)$. Цей критерій більшою мірою характеризує сам об'єкт ніж систему, бо залежно від типу регулятора вплив одного і того ж запізнення в системах з різними регуляторами буде різний. Якщо система вище першо-

го порядку, то цей критерій вже неприйнятний, а інших критеріїв не існує.

Для визначення оцінки впливу величини запізнення скористаємося узагальненими логарифмічними характеристиками.

Нехай лінійна система без запізнення задовольняє задані показники якості: точності, часові регулювання і величині перерегулювання $\sigma=20\%$. Тоді, виходячи із заданих показників якості, можна побудувати логарифмічну амплітудну характеристику розімкнутої системи, яка задовольняє задані показники якості (бажану) [1, 2], а на фазовій характеристиці виділити зону, що відповідає запасу стійкості $\beta=65^\circ$ [1].

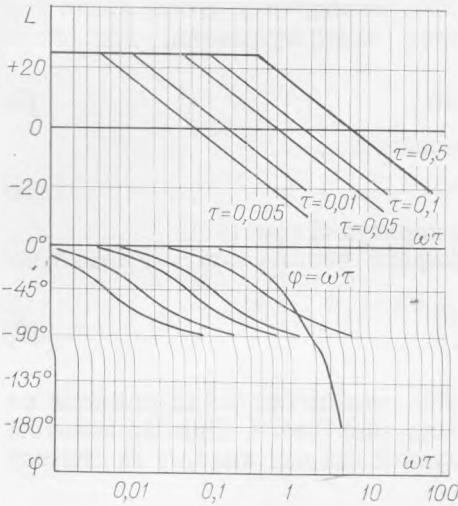


Рис. 1. Узагальнені логарифмічні амплітудні частотні характеристики інерційної ланки першого порядку з запізненням.

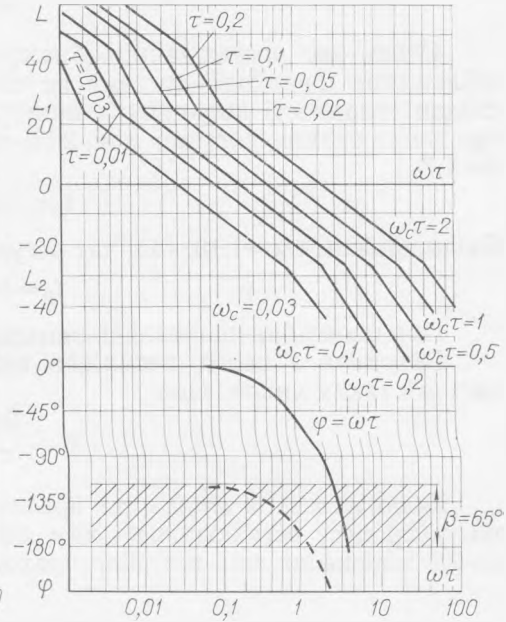


Рис. 2. Бажані узагальнені логарифмічні частотні характеристики систем для різних величин часу запізнення.

Бажана логарифмічна амплітудна характеристика побудована в координатах узагальненої частоти для системи з запізненням для різних величин часу запізнення зображена на рис. 2. Там також внизу наведена шаблонна узагальнена фазова характеристика ланки з запізненням і виділена зона, що відповідає запасові стійкості $\beta=65^\circ$. Якщо узагальнену шаблонну фазову характеристику ланки з запізненням змістити вниз до початку зони запасу стійкості (пунктирна крива), то за такими характеристиками можна легко визначити вплив величини часу запізнення на стійкість системи і якість процесу регулювання.

Наприклад, при малому часові запізнення узагальнена логарифмічна амплітудна характеристика зміщується в лівий бік і тому фазова характеристика ланки з запізненням не може вплинути на запас стійкості системи по фазі і тим самим на якість процесу регулювання.

Проводячи аналіз узагальнених характеристик, можна за об'єктивний критерій оцінки величини запізнення в системі прийняти величину κ , що дорівнює добуткові частоти зрізу системи ω_c на величину часу запізнення τ . Такий критерій достатньо універсальний і придатний для систем довільного порядку.

Якщо система скоригована, виходячи з вищенаведених показників якості, але без урахування запізнення, то при $\kappa=1,13$ вона вже стане нестійкою. Звідси визначимо критичний час запізнення

$$\tau_{кр} = \frac{1,13}{\omega_c} \quad (1)$$

Використавши відому залежність між часом регулювання і частотою зрізу розімкнутої системи [2]

$$t_p = \frac{k\pi}{\omega_c}$$

і маючи для конкретної системи значення κ , знайдемо час регулювання

$$t_p = \frac{k\pi}{\kappa} \tau. \quad (2)$$

Отже, час регулювання обмежується величиною запізнення. Для збільшення швидкодії системи не слід вибирати значення $\kappa > 0,7$ внаслідок складності коригуючих пристроїв. Виходячи з цього, визначимо час регулювання системи при 20%-ному перерегулюванні для якого $k=1,7$

$$t_p = 7,6\tau. \quad (3)$$

Якщо прийняти $\kappa = 1,13$, тоді час регулювання

$$t_p = 4\tau. \quad (4)$$

При цьому значно ускладнюються коригуючі пристрої.

Виходячи з цього, необхідно вибирати частоту зрізу розімкнутої системи таким чином, щоб

$$\omega_c \leq \frac{0,7}{\tau}. \quad (5)$$

Якщо показник $\kappa < 0,1$, то практично запізнення мало впливає на якість процесу регулювання і ним можна знехтувати. При показникові $\kappa > 0,1$ запізнення вже потрібно враховувати під час аналізу та синтезу

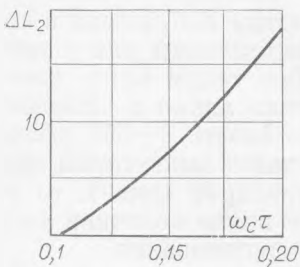


Рис. 3. Поправка для L_2 для систем з запізненням.

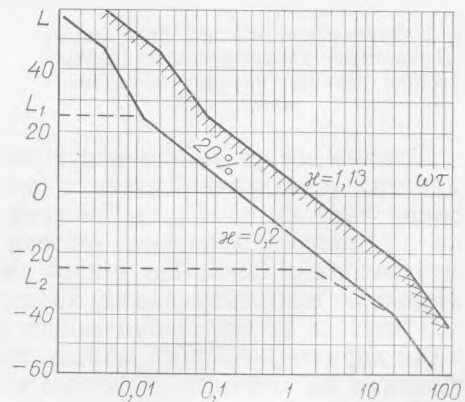


Рис. 4. Граничні амплітудні характеристики.

системи. Для забезпечення необхідного запасу стійкості за фазою в системі з запізненням координату L_2 слід вибирати не за загальновідомими рекомендаціями [1, 2], а з поправкою ΔL_2 (рис. 3).

Аналіз і синтез САР з запізненням за допомогою логарифмічних узагальнених частотних характеристик порівняно зі звичайними системами становить деякі труднощі, зумовлені необхідністю побудови й урахування фазової характеристики.

Однак під час аналізу та синтезу САР з запізненням можна обійтися без фазової характеристики. Для цього на амплітудній узагальненій характеристиці досить нанести граничну характеристику. Гранична характеристика з штриховкою в бік стійкості зображена на рис. 4. Всі амплітудні характеристики такого типу, розміщені праворуч від граничної, відповідають нестійким системам.

Для характеристик іншого типу гранична характеристика визначає тільки достатню умову стійкості. Це означає, що праворуч від граничної характеристики можна побудувати деяку характеристику, яка відповідає стійкій системі. Подвійна штриховка визначає заборону на нахил амплітудної характеристики більше 20 Дб/дек.

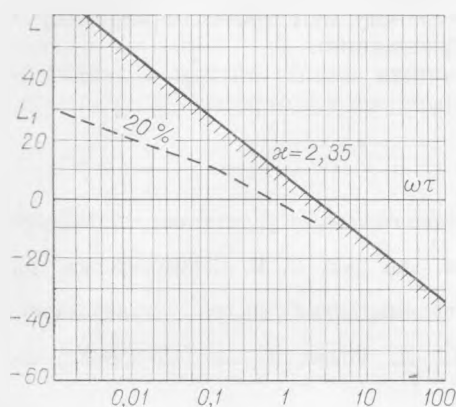


Рис. 5. Граничні амплітудні характеристики для систем з П-регулятором і об'єктом першого порядку з запізненням.

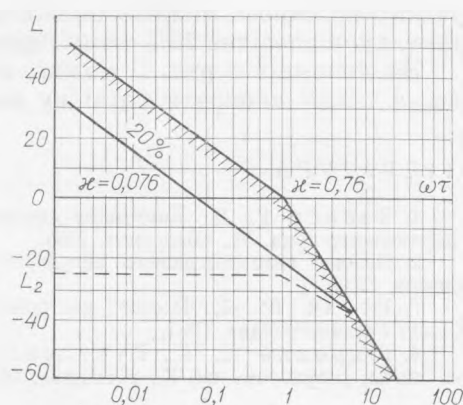


Рис. 6. Граничні амплітудні характеристики для систем з І-регулятором і об'єктом першого порядку з запізненням.

Узагальнені логарифмічні частотні характеристики можна застосувати і для синтезу САР з запізненням. Для цього, крім граничної характеристики, на графік наносять величини координат L_1 і L_2 (пунктирні криві). Величина координати L_2 при збільшенні запізнення, якщо $\omega\tau > 2$, різко зростає.

Виходячи зі складності технічної реалізації коригуючого пристрою можна розумно обмежити величину L_2 і провести характеристику, що відповідає 20% перерегулюванню. Всі амплітудні характеристики, що лежать ліворуч від неї, відповідають системам, в яких можна одержати не більше 20% перерегулювання.

Аналогічно до попереднього, характеристика, що відповідає 20%-ному перерегулюванню визначає тільки достатню умову забезпечення в системі перерегулювання не більше 20% за умови відносно простої реалізації коригуючих пристроїв.

Таким чином, маючи графіки граничної амплітудної характеристики і амплітудної характеристики, що відповідає 20%-ному перерегулюванню можна аналогічно, як і для звичайних систем, проводити аналіз і синтез САР з запізненням, не вдаючись до фазових характеристик, що значно спрощує користування узагальненими частотними характеристиками.

Узагальнені логарифмічні амплітудні характеристики з успіхом можна застосовувати і для розрахунку параметрів налагодження промислових систем з типовими регуляторами.

На рис. 5 зображена гранична амплітудна характеристика, що відображає границю стійкості для систем з П-регулятором і об'єктом першого порядку з запізненням. Всі системи, амплітудні характеристики яких лежать праворуч від граничної характеристики, будуть

нестійкими. Там же нанесена границя для L_2 , що відповідає 20%-ному перерегулюванню. Всі системи, амплітудні характеристики яких лежать ліворуч від цієї границі, будуть мати перерегулювання не більше 20%.

За допомогою рис. 5 можна проводити аналіз систем з запізненням, а також вибір потрібного коефіцієнта передачі П-регулятора.

На рис. 6 показана гранична амплітудна характеристика, що відображає границю стійкості для систем з І-регулятором і об'єктом першого порядку з запізненням. Подвійна штриховка означає заборону на нахил амплітудної характеристики більше — 20 Дб/дек. Нижче зображена границя для L_2 (пунктирна крива), що відповідає 20%-ному перерегулюванню.

Виходячи з умови допустимої трудності технічної реалізації коригуючого пристрою, можна обмежити величину L_2 і провести характеристику, що відповідає 20%-ному перерегулюванню.

За допомогою рис. 6 можна проводити аналіз систем з запізненням, а також вибирати потрібну величину часу ізодрому І-регулятора.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зайцев Г. Д. Коррекция систем автоматического управления постоянного и переменного тока. М., «Энергия», 1969.
2. Основы автоматического регулирования. Под ред. В. В. Солодовникова. М., Машгиз, 1954.
3. Ротач В. Я. Расчет настройки промышленных систем регулирования. М.—Л., Госэнергоиздат, 1961.
4. Широкий Д. К., Куриленко О. Д. Расчет параметров промышленных систем регулирования. К., «Техніка», 1972.

М. М. LUTSKIV

THE APPLICATION OF GENERALIZED LOGARITHMIC FREQUENCY CHARACTERISTICS FOR THE ANALYSIS AND SYNTHESIS OF THE SYSTEMS WITH DELAY

Summary

The problems of the utilization of generalized frequency characteristics for the analysis and the synthesis of systems with delay are stated. The limit amplitude characteristics allowing to analyse and to synthesize the systems with delay without the recurring to phase characteristics, are introduced. The application of the generalized frequency characteristics for choosing the adjustment parameters of the controllers in the industrial control systems is considered.
