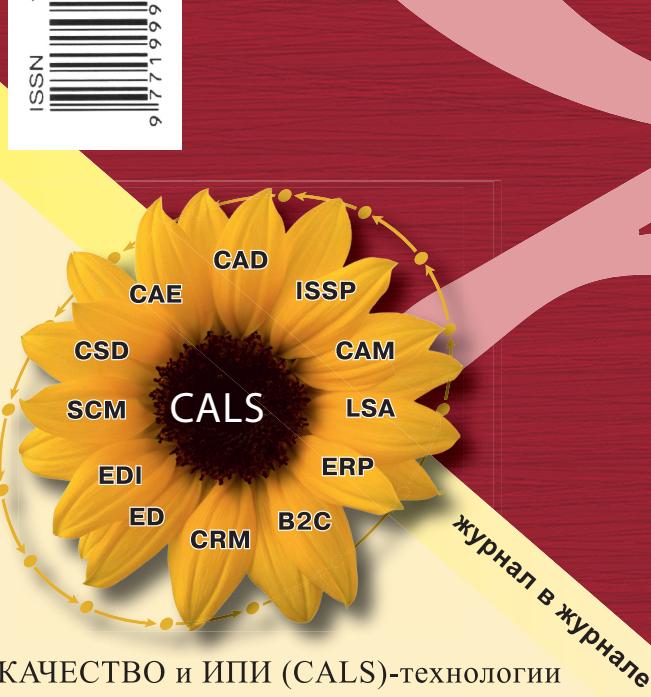


КАЧЕСТВО И ИННОВАЦИИ ОБРАЗОВАНИЕ

№10
2014



КАЧЕСТВО и ИПИ (CALS)-технологии

Качество • Инновации • Образование • №10-2014

журнал в журнале

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР ОБЪЕДИНЕННОЙ
РЕДАКЦИИ
Азаров В.Н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
Алешин Н.П. (Москва), Батыров У.Д.
(Нальчик), Бойцов Б.В. (Москва),
Васильев В.А. (Москва), Васильев
В.Н. (Санкт-Петербург), Домрачев
В.Г. (Москва), Жураский В.Г. (Москва),
Карабасов Ю.С. (Москва), Кортов
С.В. (Екатеринбург), Лонцих П.А.
(Иркутск), Лопота В.А. (Москва), Львов
Б.Г. (Москва), Мищенко С.В. (Тамбов),
Олейник А.В. (Москва), Сергеев А.Г.
(Москва), Смакотина Н.Л. (Москва),
Старых В.А. (Москва), Стриханов
М.Н. (Москва), Тихонов А.Н. (Москва),
Фирстов В.Г. (Москва), Фонотов А.Г.
(Москва), Харин А.А. (Москва), Червиakov
Д.М. (Курск), Шленов Ю.В. (Москва)

ЗАРУБЕЖНЫЕ ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ
Диккенсон П., Зайчек В., Иняц Н.,
Кемпбелл Д., Лемайр П., Олдфилд Э.,
Пупиус М., Роджерсон Д., Фарделф Д.

АДРЕС РЕДАКЦИИ И ИЗДАТЕЛЯ
105118, Москва, ул. Буракова, д. 8
Тел.: +7 (495) 916-89-29
Факс: +7 (495) 916-81-54
E-mail: quality@eqc.org.ru (для статей)
hg@eqc.org.ru (по общим вопросам)
www.quality-journal.ru; www.quality21.ru

ИЗДАТЕЛЬ
Европейский центр по качеству

НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР
Гудков Ю.И.
ygudkov@hse.ru

yguakov@nse.ru

ХУДОЖЕСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР
Кудрявцева А.И.

Кудрявцева А.И.

**ЛИТЕРАТУРНЫЙ РЕДАКТОР
Савин Е.С.**

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕ

Мартюкова Е.С.
ne@eqc.org.ru

ЖУРНАЛ ЗАРЕГИСТРИРОВАН
в Министерстве РФ по делам печати,
телерадиовещания и средств массовых
коммуникаций. Свидетельство
о регистрации ПИ №77-9092

ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС
в каталоге агентства «Роспечать» 80620,
80621
в каталоге агентства «Урал-Пресс» 14490
на сайте НЭБ eLIBRARY.RU 80620

ОТПЕЧАТАНО
ФГУП Издательство «Известия» УД ПРФ
127254, г. Москва, ул. Добролюбова, д. 6

© «Европейский центр по качеству», 2014

Журнал входит в перечень ВАК РФ

Статьи рецензируются

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

**КАЧЕСТВО
ИННОВАЦИИ
ОБРАЗОВАНИЕ**

№10 (113)
октябрь 2014

№10 (113)
октябрь 2014

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ

- | | |
|---|----|
| И.Н. БОРОДУЛИН | |
| О взаимодействии ФГОС и профессиональных стандартов | |
| в процессе создания Национальной системы квалификаций Российской Федерации | 3 |
| М.Б. БАЛИКАЕВА | |
| Характеристика процесса формирования профессиональной мобильности будущих инженеров | |
| в техническом вузе посредством иноязычного профессионального самообразования | 11 |
| Г.А. ДОБРОВ | |
| Методология ITSM (процессный и системный подход) в электронном образовании | 17 |
| Л.Г. ПАК | |
| Образовательный процесс вуза как фактор субъектно-развивающей социализации студента | 22 |

КАЧЕСТВО И ИПИ (CALS)-ТЕХНОЛОГИИ

ПРИБОРЫ, МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ

- | | |
|--|----|
| Т.Н. БАЙБИКОВА | |
| Сравнительный анализ некоторых методов стеганографического сокрытия данных | 27 |
| В.В. ЖАДНОВ | |
| Методы расчёта допусков на температуры корпусов электрорадиоэлементов | 35 |
| М.Г. ЗОТОВ | |
| Модифицированные частотные критерии устойчивости | 42 |

СЕТЕВЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- | | |
|---|----|
| А.Л. СТЕМПКОВСКИЙ, Н.Н. ЛЕВЧЕНКО, А.С. ОКУНЕВ, А.В. КЛИМОВ, Д.Н. ЗМЕЕВ
Исследование возможности асинхронной реализации задачи
молекулярной динамики на ППВС «Буран» | 46 |
| Ю.Л. ЛЕОХИН, И.Н. ДВОРЦКИЙ, А.С. МЯГКОВ
Отечественная операционная система CLOUD/IX для серверов
на процессорах архитектуры ARM | 52 |

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

- | | |
|--|----|
| А.С. СВИРИДОВ, А.А. КОЛГАНОВ | |
| Комплексная автоматизация управления предприятием на базе ИСУП «Куратор» | 60 |
| Ю.С. КЛОЧКОВ, В.С. МИКШИНА | |
| Моделирование организационных планов в методе «ЦЕНТР ОЦЕНКИ» | 66 |
| А.Г. СЕРГЕЕВ, Ю.И. ЗАХАРОВ | |
| Компетентностно-ориентированный подход к формированию
кадрового состава органов исполнительной власти | 71 |

Сведения о членах редколлегии и об авторах статей можно найти на сайте www.quality-journal.ru

М.Г. Зотов

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ЧАСТОТНЫЕ КРИТЕРИИ УСТОЙЧИВОСТИ

В статье акцентируется внимание на трудностях практического использования классических частотных критериев устойчивости Михайлова и Найквиста, предлагаются способы их модификации с целью устранения сложностей использования.

Ключевые слова: частотный критерий, устойчивость, модификация, Михайлов, Найквист

Введение

Частотные критерии устойчивости Найквиста и Михайлова нашли широкое распространение в инженерной практике. Критерий Н. Найквиста предложен в 1932 г. [1], критерий А.В. Михайлова – в 1936 г. [2]. Повторное открытие критерия Михайлова было сделано А. Леонардом в 1944 г. [3]. На базе этих критериев впоследствии были разработаны подходы более удобного их практического использования, в частности, Я.З. Цыпкиным – «правило переходов» [4]. В.В. Соловьевым были сформулированы правила суждения об устойчивости по логарифмическим частотным характеристикам разомкнутой системы [5]. Приведенные в статье модифицированные частотные критерии Михайлова и Найквиста позволяют просто и наглядно решать задачу поиска параметров стабилизирующего устройства.

1. О трудностях использования классических частотных критериев устойчивости

1.1. Критерий Михайлова. Обычно масштаб при построении годографа Михайлова выбирается трудно. Приходится один и тот же годограф строить в разных масштабах. Решение об устойчивости принимается с использованием совокупности разномасштабных годографов Михайлова.

1.2. Критерий Найквиста. Одним из достоинств критерия Найквиста является то, что он может быть использован в тех практических важных случаях, когда математические модели отдельных звеньев либо всей разомкнутой системы неизвестны, но их амплитудно-фазовая характеристика может быть получена экспериментально. Однако экспериментальное определение частотных характеристик звеньев с полюсами в правой полуплоскости и на мнимой оси представляет собой трудноразрешимую проблему. Из этого следует, что упомянутое выше достоинство может быть использовано лишь для анализа систем, устойчивых в разомкнутом состоянии. Однако основные сложности в применении критерия Найквиста возникают в случае, когда система в разомкнутом состоянии неустойчива или находится на грани устойчивости. Для облегчения подсчета числа оборотов годографа Найквиста вокруг точки с координатами $-1, j0$ было даже предложено «правило переходов» [4], однако это правило решает проблему лишь частично, не затрагивая случая, когда полюсы разомкнутой системы находятся на мнимой оси. В этом случае годограф Найквиста при некоторых частотах уходит в бесконечность, что существенно затрудняет его использование для решения вопроса об устойчивости замкнутой системы.

2. Решение задачи

2.1. Критерий Михайлова. Введем в рассмотрение функцию

$$\Pi_M(s) = T(s)/D(s), \quad (1)$$

где $T(s)$ – характеристический полином замкнутой системы; $D(s)$ – полином той же степени, что и $T(s)$, с корнями, расположенными в левой полуплоскости комплексного переменного. Согласно принципу аргумента [5, 6] сформулируем модифицированный критерий: если годограф $\Pi_M(j\omega)$, ($\omega=0 \div \infty$) в плоскости комплексного переменного не охватывает начала координат, то все корни полинома $T(s)$ лежат в левой полуплоскости.

Чтобы придать годографу свойство большей компактности, полином $D(s)$ выберем в виде $(d_m^{1/m} s^m + d_0^{1/m})^m$, где d_m и d_0 , соответственно, старший и младший коэффициенты полинома $T(s)$. Годограф начинает и заканчивается в точке $-1, j0$.

Продемонстрируем на примере преимущество модифицированного критерия по сравнению с классическим аналогом.

Пример 1. Для полинома

$$T(s) = s^6 + 14s^5 + 80,25s^4 + 251,25s^3 + 502,72s^2 + 667,25s + 433,5,$$

с использованием классического критерия Михайлова определить, является ли полином $T(s)$ устойчивым.

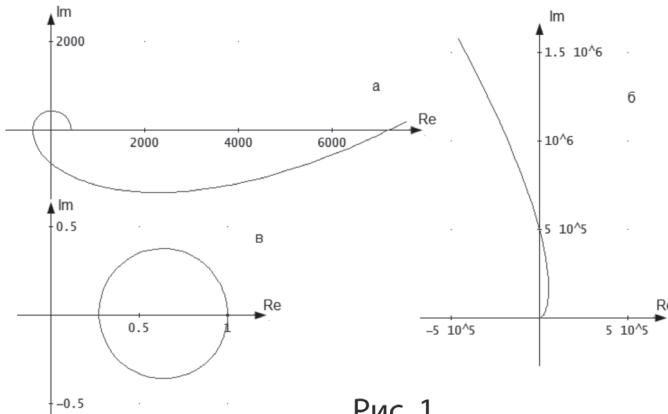


Рис. 1

На рис. 1 а,б в разных масштабах приведены годографы Михайлова, из которых следует что все корни полинома из левой полуплоскости. Для решения этого вопроса требовалось по рис. 1,а убедиться, что годограф начинается на положительной полуоси и проходит, нигде не обращаясь в нуль, четыре квадранта. По рис. 1,б – убедиться, что он проходит пятый квадрант и уходит в бесконечность в шестом квадранте. Заметим, что на одном рисунке годограф расположить невозможно.

Приведем решение задачи с использованием модифицированного критерия.

На рис. 1,в приведен годограф функции

$$\Pi_M(j\omega) = \frac{(j\omega)^6 + 14(j\omega)^5 + 80,25(j\omega)^4 + 251,25(j\omega)^3 + 502,72(j\omega)^2 + 667,25(j\omega) + 433,5}{(j\omega + 433,5^{1/6})^6}$$

Он, в отличие от годографа Михайлова, отличается компактностью. Начинается и заканчивается в точке $-1, j0$ и начала координат не охватывает, что говорит о том, что корни полинома $T(s)$ из левой полуплоскости.

2.2. Критерий Найквиста. Введем в рассмотрение функцию

$$\Pi_H(s) = \frac{T(s) - D(s)}{D(s)} \quad (2)$$

Согласно принципу аргумента [5, 6] сформулируем модифицированный критерий: если годограф $\Pi_H(j\omega)$, ($\omega=0 \div \infty$) в плоскости комплексного переменного не охватывает точки с координатами $-1, j0$, то все корни полинома $T(s)$ находятся в левой полуплоскости.

Чтобы придать годографу свойство большей компактности полином $D(s)$ выберем в виде $(d_m^{1/m} s^m + d_0^{1/m})^m$, где d_m и d_0 , соответственно, старший и младший коэффициенты полинома $T(s)$. Годограф начинает и заканчивается в начале координат плоскости комплексного переменного.

На примере продемонстрируем преимущество модифицированного критерия по сравнению с классическим аналогом.

Пример 2. Объект управления задан передаточной функцией

$$W_0(s) = \frac{Q_0(s)}{P_0(s)} = \frac{s^2 + 4}{s(s^2 + 1)}$$

Нули и полюсы расположены на мнимой оси. Используя классический критерий Найквиста, определить, обеспечивает ли включенное в обратную связь устройство стабилизации устойчивость системы с таким объектом. Передаточная функция стабилизатора:

$$W_1(s) = \frac{V_1(s)}{G_1(s)} = \frac{1,6152(s^2 + 0,4849s + 0,6176)}{s^2 + 1,4344s + 4,8771}$$

Полюсов, лежащих в правой полуплоскости у разомкнутой системы нет, но есть лежащие на мнимой оси. Согласно классическому критерию Найквиста замкнутая система устойчива, если годограф

$$\Phi(j\omega) = \frac{Q_0(j\omega)V_1(j\omega)}{P_0(j\omega)G_1(j\omega)}, (\omega = 0 \div \infty)$$

не охватывает в плоскости комплексного переменного точки с координатами $-1, j0$. На рис. 2,а такой рисунок приведен, но принимать по нему решение о взаимодействии годографа с точкой $-1, j0$ – задача не из простых.

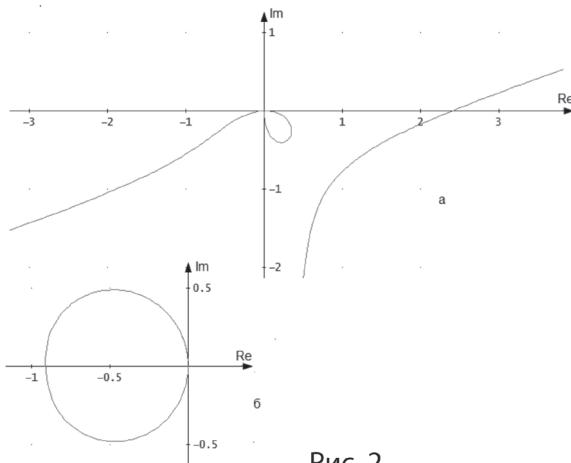


Рис. 2

Рассмотрим решение этой задачи с использованием модифицированного критерия. На рис. 2,б при $D(s) = (s + 4^{1/5})^5$ приведен график функции:

$$\Pi_H(j\omega) = \frac{T(j\omega) - D(j\omega)}{D(j\omega)} = \frac{Q_0(j\omega)V_1(j\omega) + P_0(j\omega)G_1(j\omega) - D(j\omega)}{D(j\omega)}, (\omega = 0 \div \infty)$$

Согласно модифицированному критерию, если годограф $\Pi_H(j\omega), (\omega = 0 \div \infty)$ точки $-1, j0$ не охватывает, то все корни полинома $T(s)$ из левой полуплоскости. Взаимодействие годографа с точкой $-1, j0$ очевидно: годограф точку не охватывает. Система устойчива.

Действительно: $T(s) = Q_0(s)V_1(s) + P_0(s)G_1(s) = (s^2 + 1,5265s + 1,7402)(s^2 + 0,4393s + 2,1131)(s + 1,0878)$.

Как видно из соотношений (1) и (2), модифицированные годографы Михайлова и Найквиста отличаются между собой сдвигом по действительной оси на единицу.

Заключение

Годограф модифицированного критерия от классического годографа Михайлова отличается большей наглядностью и компактностью.

Классический критерий Найквиста имеет смысл использовать только для систем, устойчивых в разомкнутом состоянии. Только для таких систем практически можно снять экспериментальные характеристики.

Для неустойчивых или находящихся на грани устойчивости в разомкнутом состоянии систем лучше использовать модифицированный критерий. Годограф модифицированного критерия отличается компактностью и простотой использования.

Литература:

1. Nyquist H. Regeneration theory // Bell System Techn. J., 1932. № 1.
2. Михайлов А.В. Метод гармонического анализа в теории регулирования // АиТ. 1938. № 3.
3. Leonhard A. Neues Verfahren Zur Stabilitätsuntersuchung // Arch. F. Elektrol. 1944, Bd. 38. H. ½.
4. Цыпкин Я.З. Критерий устойчивости систем автоматического регулирования // Теория автоматического регулирования. – М.: Машгиз, 1951.

5. Солодовников В.В. Применение метода логарифмических частотных характеристик к исследованию устойчивости и оценке качества следящих и регулируемых систем // АиТ. 1948. № 4.
6. Зотов М.Г. Многокритериальное конструирование систем автоматического управления. – М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2004.
7. Ким Д.П. Теория автоматического управления (линейные системы). – М.: Физматлит. 2007.

Михаил Григорьевич Зотов,
д-р техн. наук, профессор,
Кафедра «Кибернетики»,
Национального исследовательского университета
«Высшая школа экономики».
Тел.: (495) 916-88-68
e-mail: zotova35@mail.ru

M.G. Zotov

MODIFIED FREQUENCY-DOMAIN STABILITY CRITERIA

The article focuses attention on the problems related to practical application of classic Michailov and Nyquist frequency-domain stability criteria and offers the ways to modify them to eliminate the issues. The examples are provided.

Keywords: *frequency, criteria, stability, modification, Michailov, Nyquist*

References

1. Nyquist H. Regeneration theory // Bell System Techn. J., 1932. № 1.
2. Mihailov A.V. Harmonic analysis method in control theory // A&T. 1938. №3.
3. Leonhard A. Neues Verfahren Zur Stabilitätsuntersuchung // Arch. F. Elektrol. 1944, Bd. 38. H. ½.
4. Cipkin I.Z. Stability criteria in automatic control systems // Automatic control theory. – M.: Mashgiz, 1951.
5. Solodovnikov V.V. Application of logarithmic frequency-domain characteristics method for analyzing stability and quality evaluation of monitoring and control systems // A&T. 1948. №4
6. Zотов М.Г. Многокритериальное конструирование систем автоматического управления. – М.: БИНОМ, Лаб. знаний, 2004.
7. Kim D.P. Automatic control theory (linear systems). – М.: Phizmatlit, 2007.

M.G. Zotov
professor, HSE.
zotova35@mail.ru
Tel.: (495) 916-88-68