

Кузичкин О.Р., Васильев Г.С., Курилов И.А.
Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: vasilievgleb@mivlgu.ru

Алгоритм анализа устойчивости формирователей зондирующих сигналов в системах электромагнитного геодинамического контроля

На современном этапе развития общества, в связи с необходимостью решения проблем защиты и предупреждения катастроф на различных сооружениях, значительно возросла актуальность создания систем автоматизированного контроля геодинамических объектов. Электромагнитные методы геодинамического контроля обладают высокой технологичностью и обеспечивают эффективную организацию наблюдений за геологическими объектами, оценку состояния и прогноза развития. Для надежности функционирования систем геодинамического электромагнитного контроля необходимо обеспечить устойчивость формирователей сигналов данных систем при вариации параметров зондирующей установки и воздействии мультипликативных помех.

Зондирующие сигналы многополюсных систем геомониторинга могут быть с высокой точностью представлены или одиночными гармоническими колебаниями с определенными амплитудами, частотами и фазами, или набором таких колебаний. Таким образом, для анализа таких систем представляется актуальным применение модели амплитудно-фазового формирования и преобразования сигналов [1]. Использование данной модели перспективно как для упрощения моделирования и проектирования известных систем мониторинга, так и для модернизации известных систем с целью повышения их надежности и чувствительности благодаря улучшению качества формирования зондирующих сигналов и алгоритмов их обработки.

В состав обобщенной модели формирователя зондирующих сигналов (ФЗС), полностью идентичной модели [1], входят: аналогичные ему ФЗС_{1,2}, управляющее устройство, управляющие тракты (УТ_{1,2}) и весовой распределитель. В управляющем устройстве осуществляется управление амплитудой и (или) фазой входного сигнала формирователя. Каждый управляющий тракт состоит из детектора отклонения амплитуды и (или) фазы сигнала, а также фильтра. Тракты УТ₁ и УТ₂ реализуют принцип регулирования по возмущению и по отклонению соответственно. Дальнейшее раскрытие ФЗС_{1,2} позволяет представлять устройства и разным числом и типом связей (прямыми, обратными, местными, общими, многопетлевыми). Таким образом, гибкая структура обобщенной модели позволяет исследовать широкий класс схем формирователей сигналов электролокационных установок, различающихся числом каналов (полюсов) и зависимостью между параметрами сигналов в отдельных каналах, характеристиками составляющих звеньев, величиной и характером воздействующих возмущений и пр.

Для анализа устойчивости формирователей сигналов в системах электромагнитного контроля предлагается использовать комбинированный подход на основе частотного критерия Найквиста и кусочно-линейной аппроксимации годографа [2]. Предлагаемый алгоритм на основе обобщенной модели ФЗС (блок-схема рис. 1) позволяет проводить анализ устойчивости формирователей высокого порядка в широком диапазоне параметров схем и воздействующих помех. В отличие от алгебраического критерия Рауса-Гурвица, для анализа параметрической устойчивости такой подход не требует решения системы неравенств, трудоемкого в плане вычислительных затрат. Также не требуется построение и эмпирический анализ кривых Д-разбиения.

Алгоритм осуществляет расчет граничных коэффициентов регулирования по отклонению N_{2k} и проверку устойчивости модели в отрезках между данными границами. Применение включающих функций $Q_n(\omega)$ используется для аппроксимации характеристического полинома исследуемой модели $f(\omega)$ и вычисления критических частот ω_k . Критические частоты однозначно соответствуют граничным коэффициентам регулирования по отклонению

$$N_{2k} = N_2(\omega_k) = -\frac{1}{M_2(j\omega_k)}, M_2(j\omega) - \text{комплексный коэффициент передачи фильтра в цепи}$$

регулирования по отклонению.

С помощью данного алгоритма были рассчитаны граничные значения устойчивых коэффициентов передачи цепей обратной связи для формирователей с фильтрами различных порядков (от 1-го до 10-го): нижних частот, верхних частот, полосовыми и режекторными. Выполненная проверка рассчитанных граничных коэффициентов регулирования формирователя по критерию Рауса-Гурвица и методом D-разбиения подтвердила правильность полученных результатов.

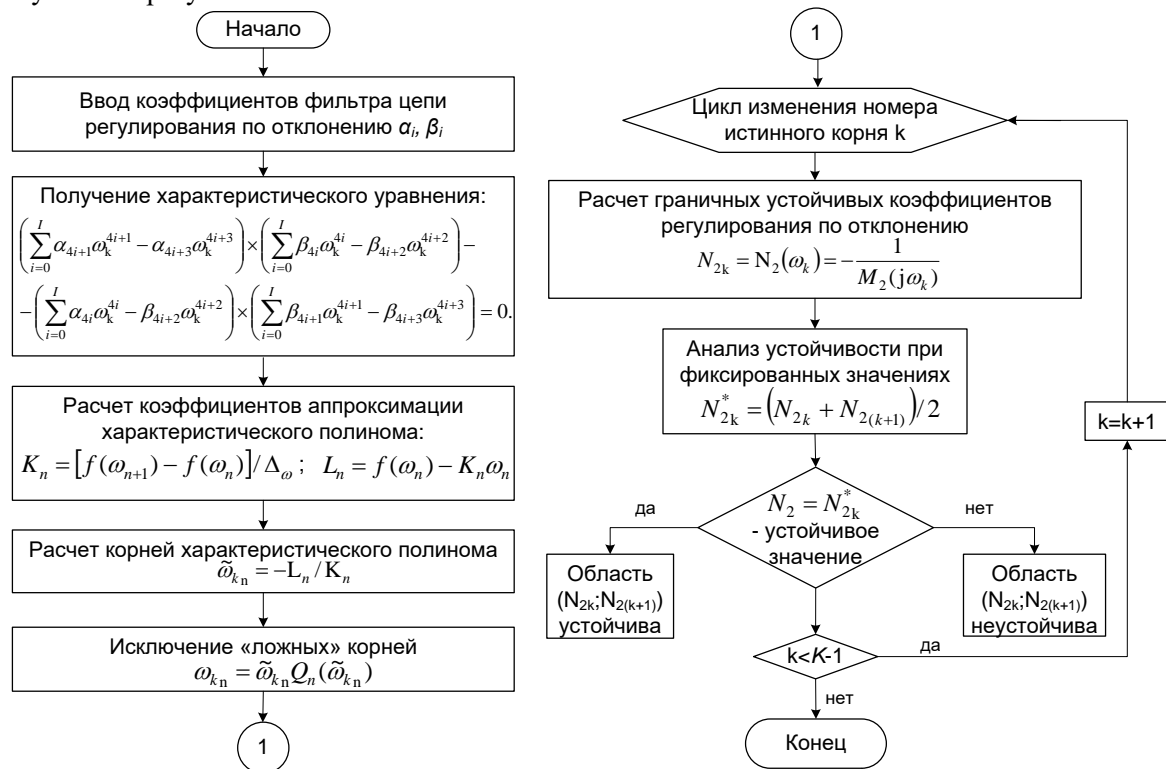


Рис. 1. Блок-схема алгоритма анализа устойчивости формирователей зондирующих сигналов в системах электромагнитного геодинамического контроля

Литература

1. Курилов И.А., Васильев Г.С., Харчук С.М. Передаточные характеристики нелинейного преобразователя сигналов // Вопросы радиоэлектроники. Серия: Общетехническая. – 2010. – № 1. – С. 80-84.
2. Курилов И.А., Васильев Г.С., Харчук Д.И., Суржик Д.И. Исследование устойчивости преобразователя сигналов на основе непрерывных кусочно-линейных функций // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2012. – №1. – С. 4-7.