

Васильев Г.С., Кузичкин О.Р., Суржик Д.И., 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@yandex.ru

Анализ абсолютной устойчивости формирователя зондирующих сигналов системы геоэлектрического контроля

Сегодня большую актуальность имеет контроль геодинамической устойчивости различных зданий сооружений в течение всего цикла эксплуатации. Одним из наиболее перспективных методов решения данной задачи являются геоэлектрические методы контроля. Для надежности функционирования систем геоэлектрического контроля геодинамических объектов необходимым условием является устойчивость системы при воздействии разнообразных природно-климатических и техногенных факторов. Зачастую уровень помех превышает уровень полезного сигнала на величину порядка 100 дБ и более, что вынуждает применение специализированных методов фильтрации, а также применение для анализа устойчивости нелинейной модели.

Анализ различных устройств и систем удобно проводить на основе обобщенной модели формирователя зондирующих сигналов (ФЗС) [1]. Применение модели позволяет описать широкий класс формирователей едиными аналитическими выражениями, избежать получения и решения уравнений каждого отдельно взятого устройства. Что существенно упрощает исследование различных схем формирователей.

В состав ФЗС входят аналогичный ему формирователь зондирующего сигнала, управляющее устройство, последовательно соединенные управляющий тракт и весовой сумматор. Управляющее устройство управляет фазой входного сигнала. Применение фазовых методов формирования и обработки сигналов в системах геоэлектрического контроля позволяет существенно повысить чувствительность по сравнению с широко используемыми амплитудными методами [2]. В состав управляющего тракта входят фазовый детектор и фильтр. Коэффициент регулирования по отклонению N_2 (коэффициент петлевого усиления цепи обратной связи) определяет устойчивость устройства с конкретной характеристикой инерционности как при малых возмущениях (в линейном режиме, «в малом»), так и при больших возмущениях (в нелинейном режиме, «в большом»). Критерий абсолютной устойчивости Попова определяет абсолютную устойчивость нелинейной системы при произвольной величине воздействующих возмущений («в целом»).

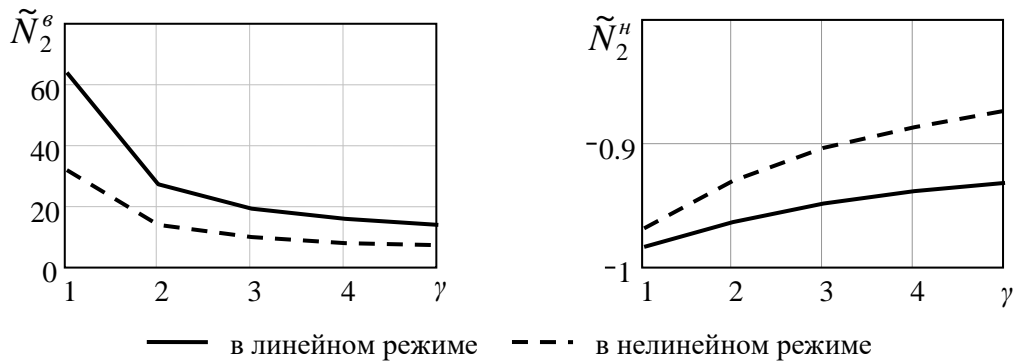
На основе применения критерия Попова и аппроксимации годографа системы непрерывными кусочно-линейными функциями (НКЛФ) [3] выполнен анализ устойчивости нелинейного преобразователя с четырьмя типами фильтров различного порядка (4, 6, 8, 10-го): нижних частот (ФНЧ), верхних частот (ФВЧ), полосовыми (ПФ) и режекторными (РФ). Каждый ФНЧ и ФВЧ состоит из одинаковых фильтров первого порядка. В состав ПФ и РФ входит равное число звеньев ФНЧ и ФВЧ, отношение постоянных времени звеньев ФВЧ и ФНЧ равно γ .

Полученные зависимости граничных устойчивых коэффициентов $\tilde{N}_2^{H,6}$ показаны на рис. 1.

При переходе устройства с ПФ в нелинейный режим работы область устойчивости существенно сужается сверху (рис. 1, а), с РФ – снизу (рис. 1, б). Результаты расчета нижней границы абсолютной устойчивости для ПФ совпадают с условиями устойчивости в линейном режиме.

Зависимости для преобразователя с фильтрами нижних (ФНЧ) и верхних частот (ФВЧ) совпадают с условиями устойчивости «в малом» при любом порядке фильтра до 10-го включительно.

Получены выражения, определяющие граничные значения коэффициента регулирования по отклонению, соответствующего устойчивой работе ФЗС «в целом» (при больших величинах воздействий). Применение ФЗС и НКЛФ позволяет исследовать на основе обобщенных соотношений абсолютную устойчивость устройств с различным типом и порядком фильтра в цепи обратной связи.



а) верхняя граница для ПФ 6-го порядка б) нижняя граница для ПФ 6-го порядка

Рис. 1 – Зависимости граничных устойчивых коэффициентов

\tilde{N}_2 от γ в линейном и нелинейном режиме

Литература

1. Kuzichkin O.R., Vasilyev G.S., Grecheneva A.V., Dorofeev N.V., Baknin M.D. The method for analyzing the stability of the phase former of probing signals of the electro-locating installations in the geodynamic control systems / Journal of interdisciplinary research. Vol. 8, Iss. 1, 2018. P. 246-250.
2. Vasilyev G.S., Kuzichkin O.R., Baknin M.D., Dorofeev N.V., Grecheneva A.V. Results of the modeling of the phase-metric method of the control of the development of suffosion processes // 18th International Multidisciplinary Scientific Geoconference (SGEM 2018). – Iss. 5.2. – P. 827-834.
3. Курилов И.А., Васильев Г.С., Харчук С.М., Суржик Д.И. Исследование устойчивости преобразователя сигналов на основе непрерывных кусочно-линейных функций. – Радиотехнические и телекоммуникационные системы. №1, 2012. – С. 4-7.