

Дерачиц Дмитрий Сергеевич – радиотехнический факультет, магистрант.

Kisel Natalia Nikolayevna – Southern Federal University; e-mail: dekanat-rtf@tti.sfedu.ru; GSP-17A, 44, Nekrasovsky, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371634; the department of antennas and radio transmitters; professor; cand. of eng. sc.; associate professor.

Grishchenko Sergey Grigorievich – the college of radio engineering; dean; cand. of eng. sc.; associate professor.

Derachits Dmitriy Sergeevich – the college of radio engineering; magister's.

УДК 621.316.726.078

Ю.А. Гелозе, П.П. Клименко, А.В. Максимов

АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ КОНТУРА ФАЗОВОЙ АВТОПОДСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ, ФУНКЦИОНИРУЮЩЕГО ПРИ БОЛЬШИХ ВОЗМУЩЕНИЯХ

Исследована устойчивость контура фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) цифровых синтезаторов частоты при воздействии на них больших возмущений. Анализируется динамика системы в случае, когда большие возмущения приводят к прерыванию процесса стабилизации частоты, и при этом набег фазы сигнала, приведенного к входу фазового дискриминатора, не превышает заданную величину. В представленных исследованиях нелинейность дискриминатора фазовой системы учитывается. Представленная система обладает свойством самоорганизации. Рассматриваемая задача решается с помощью математического метода анализа абсолютной устойчивости систем. В работе использован круговой критерий, обеспечивающий не только устойчивость равновесных состояний, но и вынужденных процессов. Также в работе выполнен анализ переходных процессов для нелинейной модели фазовой автоподстройки частоты цифрового синтезатора.

Цифровой синтезатор частоты; фазовый дискриминатор; биномиальный фильтр; внеполосное излучение; фазовая автоподстройка частоты; нелинейный критерий устойчивости; устойчивое состояние; статистическая устойчивость.

Yu.A. Ghelozhe, P.P. Klimenko, A.V. Maksimov

RESEARCHING ALGORITHMS CONTROL ANGLE LIST BEING PROVIDED REQUIREMENT DINAMICS CHARACTERES OF SYSTEM IN CRITICAL SITUATION

In small-sized digital frequency synthesizers constructed on the basis of a frequency stabilization phase contour (FSPC) with digital, frequency dividers the level of non-harmonic components largely depends on control voltage pulsation of the pulse-phase discriminator (PPD). To reduce the influence of these pulses on the quality of a signal the inertial filters of the low frequencies (FLF) smoothing the pulses up to the necessary level are included into the contour FSPC. The problem is to develop the strategy of transient control that ensures leading of the system in an equilibrium from the initial free conditions, the solution of non-linear differential equation of FSPC base system being available.

Digital frequency synthesizer; pulse-phase discriminator; inertial filters.

Для нелинейных систем высокого порядка при нулевых задающем и возмущающем воздействиях и характеристики нелинейного элемента, укладывающейся в сектор $[0, K]$, румынским математиком В.М. Поповым решена задача асимптотической устойчивости в целом состояний равновесия [1]. Устойчивость такого рода в современной теории управления называют абсолютной устойчивостью равновесных состояний.

В работе рассматривается система ФАПЧ цифрового синтезатора частоты (ЦСЧ) [2, 3], обладающая свойством самоорганизации. Характеристика фазового дискриминатора такой системы представлена на рис. 1.

Поскольку реальные возмущения конечны по интенсивности и по времени действия, то набег фазы за время прерывания процесса стабилизации частоты ограничен. Следовательно, рассматривать устойчивость системы можно в секторе $[a, K]$. При этом величина a определяется как отношение максимального управляющего воздействия к максимально возможному фазовому отклонению [3]. В работе рассматриваются максимальные отклонения фазы, равные 3π , при этом $K=1$ и $a=1/3\pi$ (рис. 1).

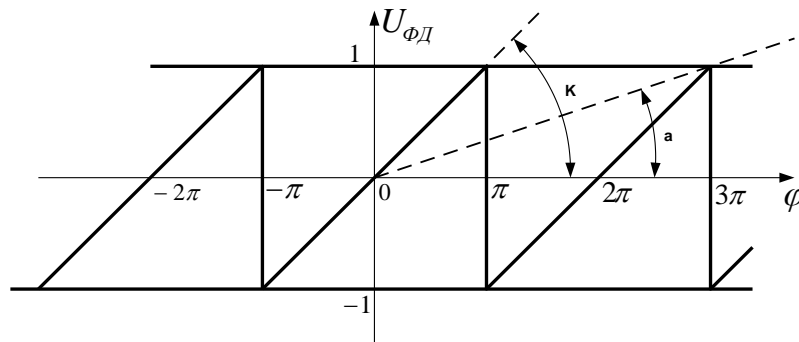


Рис. 1. Характеристика фазового дискриминатора

Математическая модель системы с двумя интеграторами и дополнительным биномиальным фильтром нижних частот (ФНЧ), ослабляющим пульсации управляющего напряжения, приведена на рис. 2.

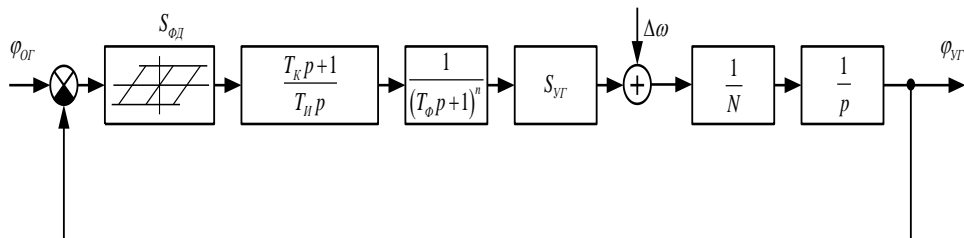


Рис. 2. Математическая модель системы

Согласно критерию В.М. Попова, система устойчива, если ее годограф не имеет общих точек с кругом, расположенным между точками $(-1/a)$ и $(-1/K)$ на действительной оси.

Результаты анализа устойчивости с использованием кругового критерия для рассматриваемой системы [2] с биномиальными ФНЧ 2, 4, 6 и 9-го порядков приведены на рис. 3–6 соответственно.

Годографы систем с ФНЧ различных порядков были построены с помощью средств MATLAB 6.5.

Из рис. 3–6 видно, что системы ФАПЧ с ФНЧ высоких порядков устойчивы.

Также целесообразно провести исследования переходных процессов в системах ФАПЧ с ФНЧ высоких порядков с самоорганизацией [2].

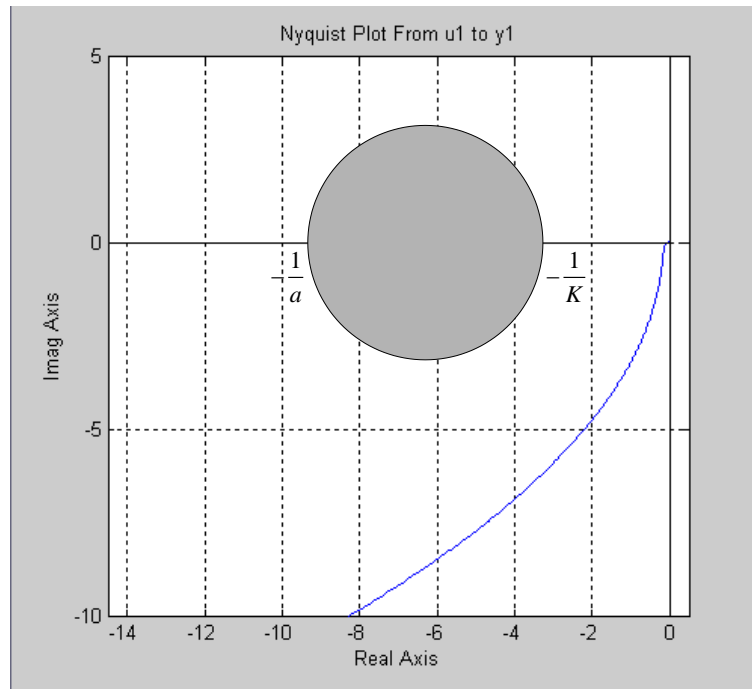


Рис. 3. Годограф системы с ФНЧ 2-го порядка и критический круг, образованный нелинейностью системы

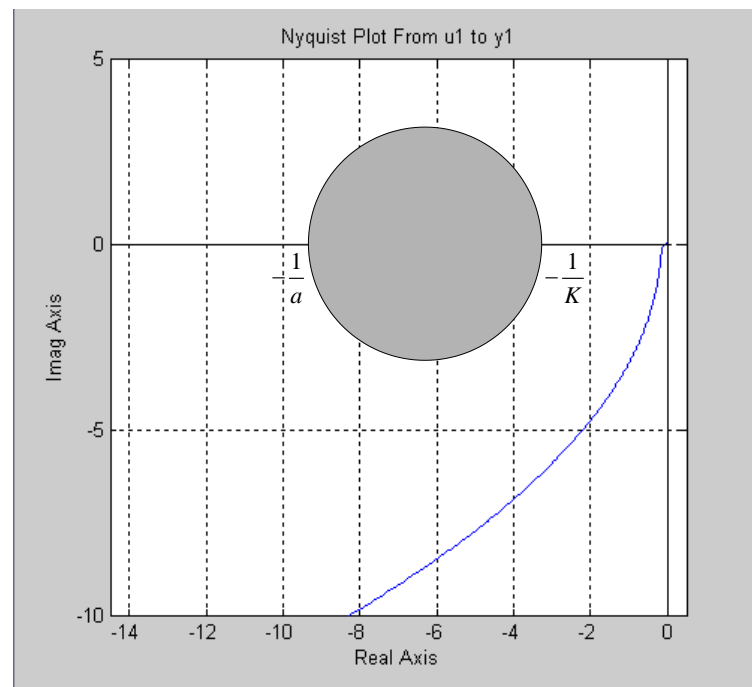


Рис. 4. Годограф системы с ФНЧ 4-го порядка и критический круг, образованный нелинейностью системы

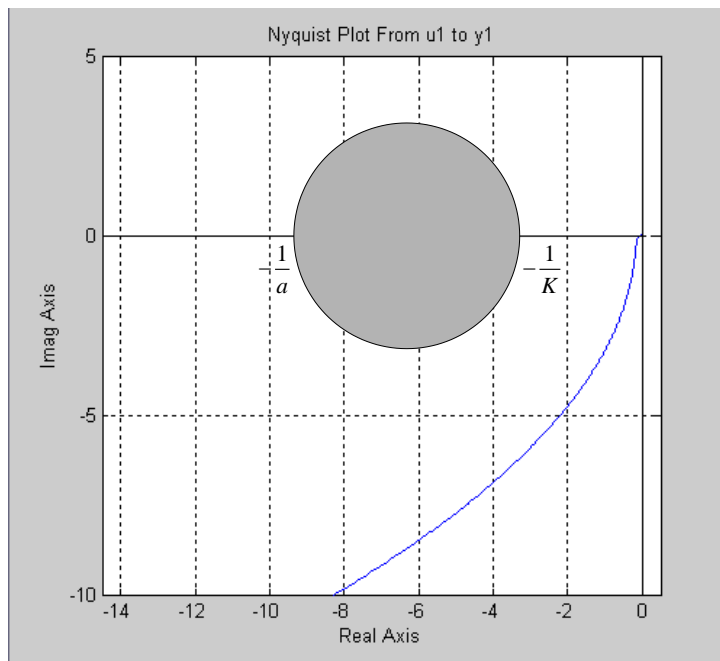


Рис. 5. Годограф системы с ФНЧ 6-го порядка и критический круг, образованный нелинейностью системы

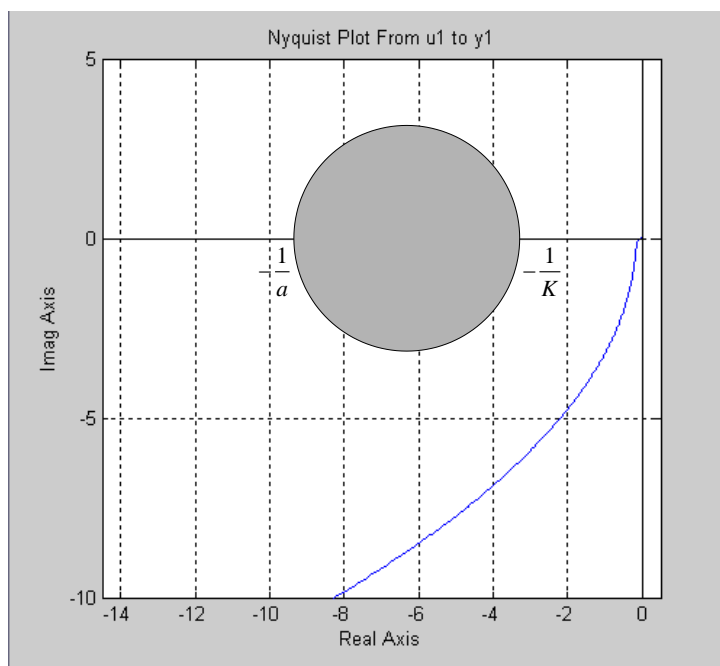


Рис. 6. Годограф системы с ФНЧ 9-го порядка и критический круг, образованный нелинейностью системы

На рис. 7 приведен график переходного процесса в системе ФАПЧ с ФНЧ 4-го порядка при расстройке по фазе, равной одному радиану.

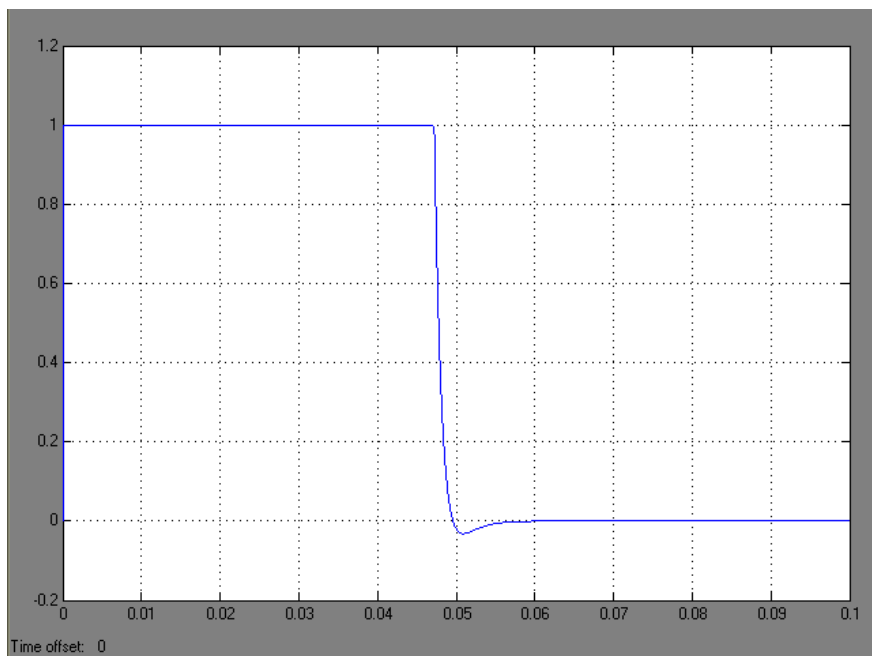


Рис. 7. График переходного процесса в системе с ФНЧ 4-го порядка при $\Delta\gamma = 0,9$

Как видно из рис. 7, переходной процесс аperiodический с перерегулированием близким к 5 %.

Выводы. Создание систем ФАПЧ ЦСЧ [2] с биномиальными ФНЧ высокого порядка (включая 9-й) возможно. При этом обеспечивается дополнительное подавление пульсаций управляющего напряжения, что способствует повышению спектральной чистоты синтезируемого сигнала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Попов В.М. Об абсолютной устойчивости нелинейных систем автоматического регулирования // Автоматика и телемеханика. – 1961. – Т. 22, № 8. – С. 23-31.
2. А.с. 484617(СССР) Устройство импульсно-фазовой автоподстройки частоты / Геложе Ю.А. 1975. Бюл. № 34.
3. Геложе Ю.А., Клименко П.П. Управление процессами в нелинейных системах. – М.: Радио и связь. – 2006. – 264 с.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор В.В. Тютиков.

Максимов Александр Викторович – Южный федеральный университет; e-mail: kafmps@tspark.ru; 347900, г. Таганрог, ул. Петровская, 81; тел.: 88634328058; кафедра встраиваемых систем; доцент.

Геложе Юрий Андреевич – e-mail: rts@tsure.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, ГСП-17А; тел.: 88634371637; кафедра радиотехнических и телекоммуникационных систем; доцент.

Клименко Павел Петрович – кафедра радиотехнических и телекоммуникационных систем; доцент.

Maksimov Aleksandr Viktorovich – Southern Federal University; e-mail:kafmps@tppark.ru; 81, Petrovskaya street, Taganrog, 347900, Russia; phone: +78634328058; the department of embedded systems; associate professor.

Gelozhe Yury Andreevich – GSP-17A, 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia, phone: +78634371637, e-mail: rts@tsure.ru; the department of radio engineering and telecommunication systems; associate professor.

Klimenko Pavel Petrovich – the department of radio engineering and telecommunication systems; associate professor.

УДК 621.315.2/075.8

М.Н. Дубяго

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СТАРЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ИЗОЛЯЦИИ СИЛОВЫХ КАБЕЛЕЙ

Определены критерии оценки степени старения силовых кабелей с бумажно-пропитанной изоляцией. Сделан обзор и классификация математических моделей старения и определения остаточного ресурса электроизоляционных материалов силовых кабельных линий, из которого выявлено, какие параметры влияют на старение изоляции, какие учитывают математические модели старения и определения остаточного ресурса. Проведен анализ математических моделей старения изоляции СКЛ и развития ее предельного состояния. Разработан алгоритм электрического старения и пробоя изоляции. Показана связь между параметрами, характеризующими механическое и тепловое старение изоляции, соответствующее истощению ресурса кабелей. Проведен анализ построения моделей физико-химических процессов старения – для кабелей переменного тока а также исследования процессов старения и разрушения изоляции. Приведены выражения для расчета работанного и остаточного ресурса изоляции. Показано, что оценка израсходованного и остаточного ресурса изоляции, может быть получена по результатам измерений параметров изоляции в зависимости от эксплуатационных параметров с использованием математической модели старения.

Электродеструкция; изоляция; ресурс; неразрушающая диагностика.

M.N. Dubyago

DEVELOPMENT OF MODEL OF AGEING AND DEFINITION OF THE RESIDUAL RESOURCE OF ISOLATION OF POWER CABLES

Criteria of an assessment of extent of aging of power cables with the paper impregnated isolation are defined. The review and classification of the mathematical models of aging and definition of a residual resource of electric insulating materials of power cable lines was done, that allows us to conclude what parameters influence the isolation aging, what parameters consider mathematical models of aging and definition of a residual resource. The analysis of mathematical models of aging of isolation of PCL and development of its limit state is carried out. The algorithm of electric aging and isolation breakdown is developed. Communication between the parameters characterizing mechanical and thermal aging of isolation corresponding to exhaustion of a resource of cables is shown. The analysis of creation of models of physical and chemical processes of aging – for cables of alternated current was carried out and also research of processes of aging and isolation destruction was fulfilled. Expressions for calculation of the worked and residual resource of isolation are given. It is shown that the assessment of the spent and residual resource of isolation can be received by results of measurements of parameters of isolation depending on operational parameters with use of mathematical model of aging.

Electric destruction; isolation; resource; nondestructive diagnostics.