

СТРУКТУРА УСТРОЙСТВА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УСИЛИТЕЛЕЙ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ МОНИТОРИНГА РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ОБСТАНОВКИ

Соловьев А.М.¹

¹ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК», г. Орёл, Россия (302020, г. Орёл, Наугорское шоссе 29), E-mail: unpk@ostu.ru

Предложена структура устройства оценки качества функционирования усилителя низкой частоты (УНЧ), основанная на алгоритмическом методе обработки и цифровом представлении сигналов, отличающаяся приспособлением к структурным особенностям УНЧ. Программная часть устройства оценки качества функционирования УНЧ обеспечивает измерение целевой функции преобразования усилителя и сравнение с заданной математической моделью усилителя, а аппаратная составляющая, подключенная в режиме согласования с усилителем, позволяет получать экспериментальными данные о параметрах усилителя в процессе его функционирования. Предложенный вариант реализации устройства оценки качества УНЧ на основе программы *LABVIEW* и платы оцифровки сигналов позволяет разрабатывать средства контроля различных параметров усилителей и сокращает на два порядка время фиксирования отклонений оцениваемых параметров.

Ключевые слова: Математическая модель, моделирование, контроль, усилитель.

STRUCTURE OF THE DEVICE OF THE ASSESSMENT OF QUALITY OF FUNCTIONING OF AMPLIFIERS OF LOW FREQUENCY IN TECHNOLOGICAL PROCESS OF MONITORING OF THE RADIO-ELECTRONIC SITUATION

Solovev A.M.¹

¹The Federal State Budgetal Higher Education Professional Institution «State University – Education-Scientific-Production Complex» (State University ESPC), 302020, Orel, Highway Naugorskoe, 29 E-mail: unpk@ostu.ru

The structure of the device of an assessment of quality of functioning of the amplifier of low frequency (ALF), based on an algorithmic method of processing and digital representation of the signals, differing by the adaptation to structural features of UNCh is offered. The program part of the device of an assessment of quality of functioning of UNCh provides measurement of criterion function of transformation of the amplifier and comparison with the set mathematical model of the amplifier, and the hardware component connected in a mode of coordination with the amplifier, allows to obtain experimental data on parameters of the amplifier in the course of his functioning. The offered option of realization of the device of an assessment of quality of UNCh on the basis of the *LABVIEW* program and a payment of digitization of signals allows to develop control devices of various parameters of amplifiers and reduces time of fixation of deviations of estimated parameters by two orders.

Keywords: Mathematical model, modeling, control, amplifier.

Построение математической модели УНЧ для оперативной оценки качества функционирования типового усилителя низкой частоты (УНЧ) в технологическом процессе мониторинга радиоэлектронной обстановки, основано на представлении принципиальных усилительных схем эквивалентными схемами (рис. 1), описании их законами Кирхгоффа с последующим расчетом основных параметров (рис. 2) [5,6].

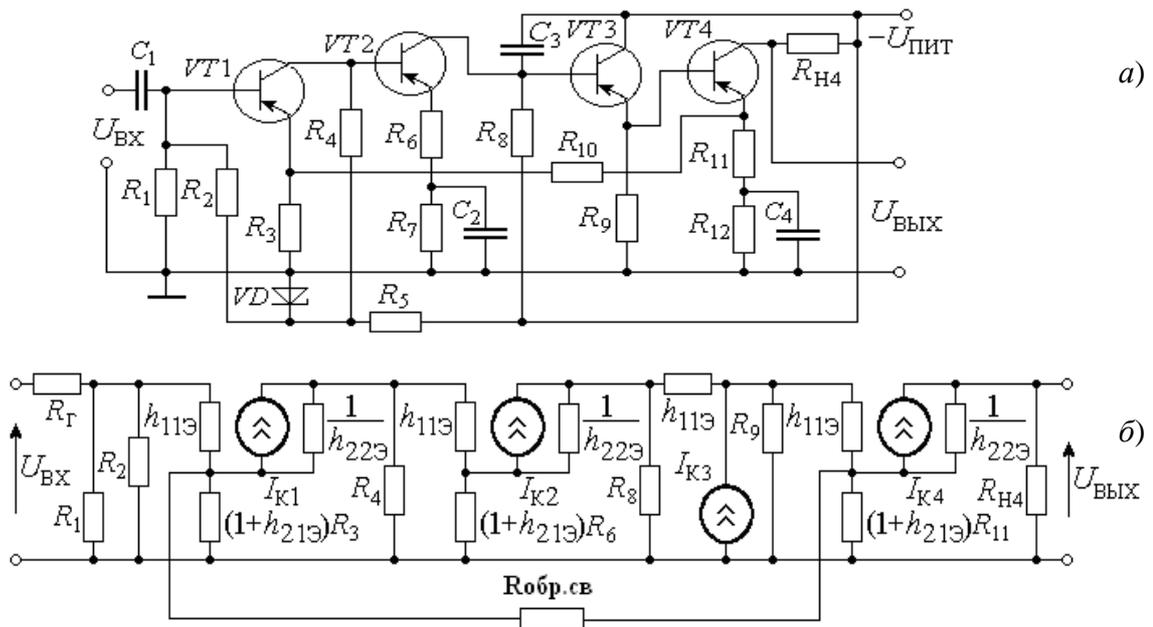


Рисунок 1 – Усилитель низкой частоты: а) принципиальная схема; б) эквивалентная схема УНЧ

Проведенный анализ [2-4] и результаты исследований [7] показывают, что предъявленное требование может быть выполнено при разработке устройства оценки качества функционирования УНЧ на основе аппаратно-программной платформы. Программная часть устройства оценки качества функционирования УНЧ должна обеспечивать измерение целевой функции преобразования усилителя и сравнение с заданной математической моделью усилителя, а аппаратная составляющая, подключенная в режиме согласования с усилителем, позволит получить экспериментальными данные о параметрах усилителя в процессе его функционирования.

Сравнительный анализ существующих аппаратно-программных платформ построения измерительных систем [2], используемых для построения устройства оценки качества функционирования УНЧ показывает, что с точки зрения требуемой функциональности для измерения параметров усилителей и приемлемой стоимости, наиболее подходящим вариантом реализации устройства является использование аппаратно-программной платформы на основе программного обеспечения *LabVIEW* и платы *DAQ*, типовая функциональная схема которого представлена на рисунке 3.

От исследуемого усилителя измерительные сигналы поступают на блок сбора данных, в котором производится их аналого-цифровое преобразование и предварительная обработка.

Выход блок сбора данных связан стандартным интерфейсом с персональным компьютером, на котором установлено программное обеспечение. Персональный компьютер посылая команды управляет блоком сбора данных (БСД), принимает массивы измерительной информации и обрабатывает их по определенным алгоритмам.

Программное обеспечение устройства оценки качества функционирования УНЧ состоит из модуля настройки, модуля управления и среды программирования. Модуль настройки предназначен для настройки БСД. Модуль управления измерительными устройствами позволяет настраивать каналы и измерительные задачи устройства, например, считывать и записывать показания напряжения.

$$K = \frac{1}{(1 + \gamma K)} \cdot \frac{h_{2b1} \cdot (R_4 \cdot (h_{11\Omega 2} + (1 + h_{21\Omega 2}) \cdot R_6) / (R_4 + (h_{11\Omega 2} + (1 + h_{21\Omega 2}) \cdot R_6)))}{((R_r \cdot R_1 \cdot R_2) / (R_r \cdot (R_1 + R_2) + R_1 \cdot R_2)) + ((h_{1b1} \cdot Z_1) / (h_{1b1} + Z_1))} \cdot \frac{h_{21\Omega 1} \cdot (R_8 \cdot (h_{11\Omega 3} + (h_{21\Omega 3} + 1) \cdot h_{11\Omega 4}) / (R_8 + (h_{11\Omega 3} + (h_{21\Omega 3} + 1) \cdot h_{11\Omega 4})))}{[\frac{1}{h_{22\Omega 1}} + (1 + h_{21\Omega 1}) \cdot R_3] \cdot R_4 / (\frac{1}{h_{22\Omega 1}} + (1 + h_{21\Omega 1}) \cdot R_3 + R_4) + h_{11\Omega 2}} \cdot \frac{h_{21\Omega 3} \cdot h_{11\Omega 4}}{h_{11\Omega 3} + h_{21\Omega 3} \cdot h_{11\Omega 4}} \cdot \frac{h_{21b4} \cdot n_T \cdot ((R_{\text{вых.ус}} \cdot Z_2) / (R_{\text{вых.ус}} + Z_2))}{(h_{11\Omega 3} \cdot (1 + R_8 h_{22\Omega 2}) + R_8) / ((1 + R_8 h_{22\Omega 2}) \cdot h_{21\Omega 3}) + h_{11\Omega 4}} \quad (1)$$

Рисунок 2 – Математическая модель УНЧ, где: γK – петлевой коэффициент усиления; $(1 + \gamma K)$ – глубина обратной связи

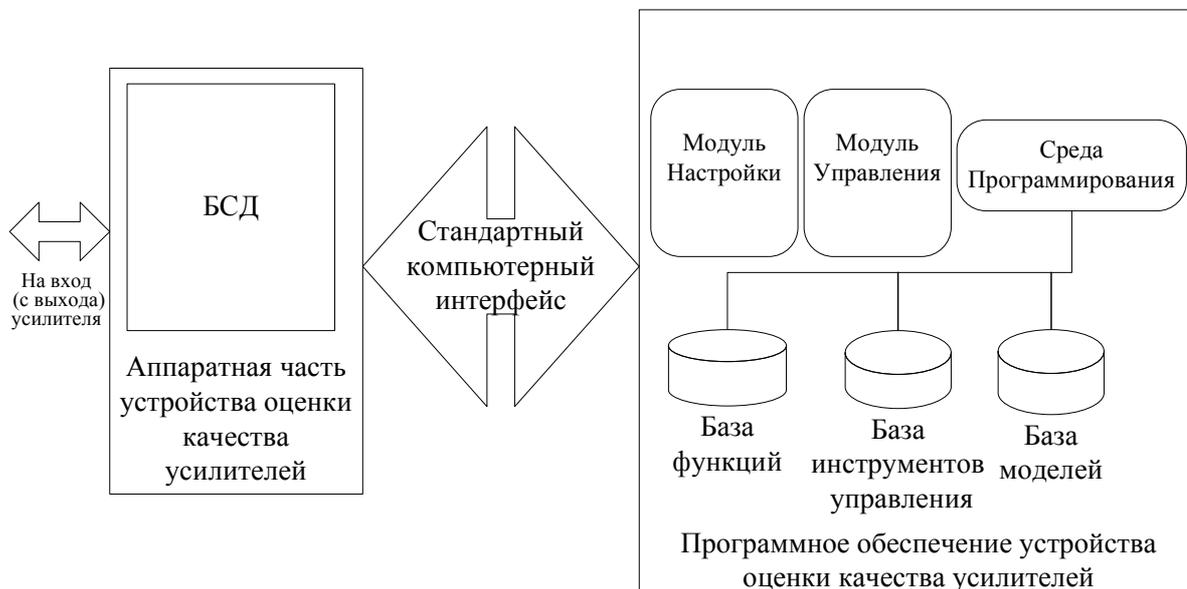


Рисунок 3 – Структура устройства оценки качества функционирования усилителей низкой частоты

Приложения, разработанные с использованием программного обеспечения, анализируют собранные данные и отображают результаты анализа на дисплее компьютера. Использование языков высокого уровня решает задачи быстродействия и оптимизации вычисли-

тельных ресурсов при решении задач измерений, но требует хорошего владения навыками программирования.

В отличие от использования программного кода, применение среды графического программирования *LabVIEW* облегчает построение функциональной схемы (блок-схемы, диаграммы) устройства оценки качества функционирования УНЧ. Кроме того, за счет наличия в *LabVIEW* специализированных функций и элементов управления время разработки программ до 10 раз меньше, чем в универсальных системах программирования.

Использование базы моделей позволяет проводить сравнение результатов измерений с теоретическими расчетами функций преобразования, что и лежит в основе оценки качества функционирования усилительных устройств.

Реализация устройства оценки качества функционирования усилителей низкой частоты на основе программного обеспечения *LABVIEW* и плат *DAQ* представлена на рисунке 4.



Рисунок 4 – Реализация устройства оценки качества функционирования усилителей низкой частоты на основе использования программ *LABVIEW* и плат *DAQ*

Платы *DAQ* и терминальный узел входят в состав аппаратной части устройства оценки качества функционирования усилителей низкой частоты.

Для функционирования устройства оценки качества программные средства включают необходимое системное обеспечение, реализованное на основе операционной системы *Windows* и прикладного программного обеспечения, состоящего из драйвера *NI-DAQmx*, приложения *Measurement & Automation Explorer* и среды программирования *LABVIEW*.

Драйвер *NI-DAQmx* представляет собой набор виртуальных приборов, функций и инструментов для управления измерительными устройствами.

Measurement & Automation Explorer – это высокоуровневое приложение, которое используется для тестирования и настройки *DAQ*-устройств. Его отличительными особенностями являются простота создаваемых графических конструкций, легкость редактирования поля программы, наглядность и читаемость уже созданных программ, адаптация созданных на ее основе приложений к быстро изменяющимся требованиям.

В *LabVIEW* интегрированы драйверы средств измерений различных производителей, а использование многочисленных встроенных функций обработки и отображения измерительной информации снижает трудоемкость создания прикладного программного обеспечения.

К преимуществам использования среды программирования *LabVIEW* для разработки устройства оценки качества функционирования усилителей низкой частоты относятся [1]:

1. Гибкость создаваемых приложений при построении измерительных систем. Она обеспечивается в зависимости от требований решаемой задачи, используемой компьютерной платформы, необходимости насыщения системы дополнительными средствами анализа и отображения данных.

2. Высокие эргономические показатели создаваемых виртуальных приборов для разрабатываемого человеко-машинного интерфейса измерительных систем.

3. Отсутствие требований по знанию языков программирования и владению сложными методиками программирования. Применение средств графического программирования позволяет разрабатывать приложения на уровне простых блок-схем и диаграмм.

4. Широкий набор инструментов для разработки интерфейса пользователя, работающего с измерительным и управляющим оборудованием.

5. Возможность включения разрабатываемых приложений в программные модули, написанные на других языках (Pascal, C, C++).

6. Согласно ОСТ 9.2-98, программная продукция компании *National Instruments* (*LabVIEW*, *LabWindows*, *LabWindows/CVI* и др.) является сертифицированным инструментальным средством разработки программного обеспечения для универсальных систем общего назначения, а ее аппаратура полностью соответствует международным стандартам на организацию измерительно-управляющих устройств и систем.

Созданную в среде *LabVIEW* прикладную программу называют виртуальным прибором, в состав которого входят две составляющие (рис. 5):

- лицевая панель виртуального прибора (*Front Panel*);
- функциональная панель или диаграмма (*Diagram*).

Лицевая панель определяет внешний вид виртуального прибора и интерфейс взаимодействия пользователя с прибором. Она содержит различные элементы ввода и управления (выключатели, переключатели, поля ввода и т. д.) и элементы вывода (цифровые индикаторы, графические экраны и т. п.). При создании программ стремятся к тому, чтобы все эти элементы соответствовали аналогичным по назначению элементам, расположенным на лицевой панели традиционных измерительных приборов.

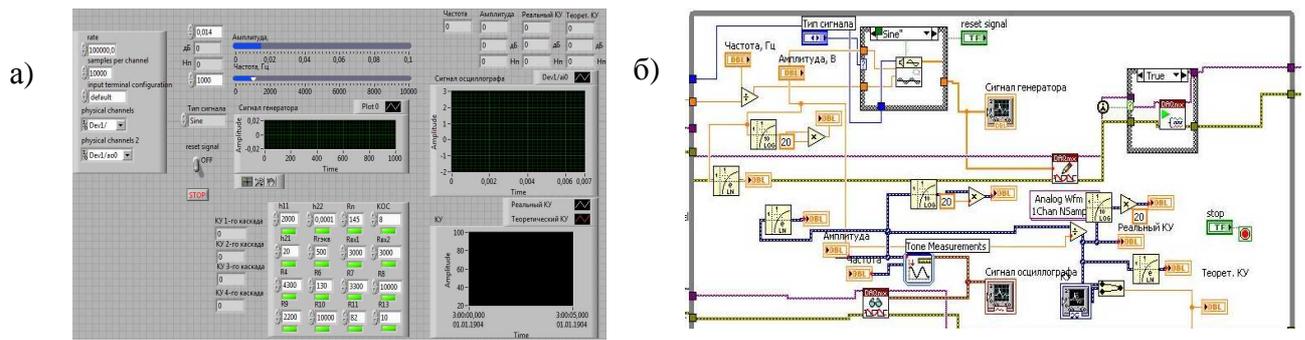


Рисунок 5 – Программная реализация устройства оценки качества функционирования усилителей низкой частоты: а – лицевая панель; б – фрагмент блок диаграммы

Сочетание программного и аппаратного обеспечения при построении устройства оценки качества функционирования УНЧ дает возможность исследовать математическую модель усилителя, снабдить его экспериментальными данными и оценить степень паразитных влияний при проведении измерений. При таком построении функциональность устройства оценки качества функционирования усилителей низкой частоты определяется большей частью программным обеспечением, которое может создаваться пользователем в отличие от традиционных средств измерений, у которых функциональность определяется производителем. Кроме того, устройство оценки качества функционирования усилителей низкой частоты, реализованная на технологии виртуальных приборов, отличается от традиционных средств измерений рядом существенных признаков:

- создается на платформе персонального компьютера;
- для создания устройства оценки качества функционирования усилителей низкой частоты используется плата сбора данных, которая подключается к компьютеру в качестве внутреннего устройства, и без компьютера функционировать не может;
- для функционирования устройства оценки качества функционирования усилителей низкой частоты используется специализированное программное обеспечение, включающее в свой состав драйверы устройств и средства, формирующие и поддерживающие графический интерфейс пользователя;
- программное обеспечение придает устройству оценки новые качества и позволяет реализовать новые метрологические функции, причем компьютер, аппаратная и программная части не могут функционировать отдельно, без нарушения целостности виртуального прибора.

Таким образом, предложенный вариант реализации устройства оценки качества усилительных устройств позволяет разрабатывать на ее основе средства контроля различных параметров усилителей. Простота модернизации устройства оценки качества позволяет

обеспечить ее применение для измерения параметров усилителей, имеющих различную структуру.

Для измерения времени фиксирования отклонений от требуемого функционирования в среде *LabVIEW* реализован программный модуль, представленный на рисунке 6.

Сравнительный анализ времени фиксирования отклонений от требуемого функционирования t_{ϕ} , проводимый с использованием осциллографа *TektronixDPO-4034* и разработанного устройства оценки качества функционирования УНЧ приведен в таблице 1.

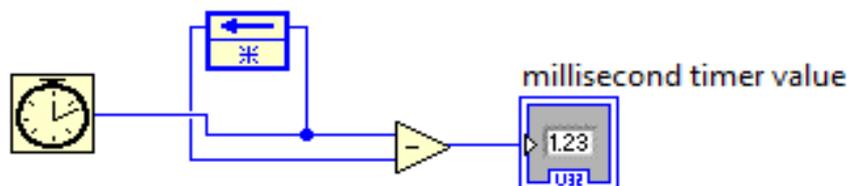


Рисунок 6. – Программный модуль оценки времени фиксации отклонений от требуемого функционирования

Таблица 1.

Сравнительный анализ времени фиксации отклонений

Приборы	Показатель	t_{ϕ}
Осциллограф <i>TektronixDPO-4034</i>		30 с
Разработанный прибор оценки качества функционирования УНЧ		10 мс

Анализ таблицы 1, показывает, что разработанное устройство позволяет сократить время фиксирования отклонений оцениваемого параметра от требуемого примерно в 300 раз, а, значит, повысить качество функционирования УНЧ в технологическом процессе мониторинга радиоэлектронной обстановки.

Список литературы

1. Евдокимов Ю.К. *LabVIEW* для радиоинженеров: от виртуальной модели до реального прибора. Практическое руководство для работы в программной среде *LabVIEW*. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 400 с.
2. Гук М. Аппаратные интерфейсы ПК. Энциклопедия. – СПб.: Питер, 2002. – 86 с.
3. Ишков А. С. Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств. – Пенза, 2010. – 62 с.
4. Краус М. Измерительные информационные системы. – М.: Мир, 1975. – 172 с.

5. Соловьев А. М. Математическая модель структурного контроля аппаратуры канала образования // Информационные системы и технологии. 2012. – № 5 (73). – С. 35-41.
6. Соловьев А. М. Моделирование структурного контроля усилителя переменного тока // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2013. – № 3 (29). – С. 145-150.
7. Соловьев А. М. Обоснование выбора системы моделирования структурного контроля усилителей низкой частоты // Научная дискуссия: вопросы технических наук: тезисы докл. XIV Международной заочной научно-практической конференции (Москва, 19 сентября 2013. – М.: Международный центр науки и образования, 2013 г. – С. 85-90.

Рецензенты:

Еременко В.Т., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность» (ЭВТИБ) ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г.Орёл.

Подмастерьев К.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Приборостроение, метрология и сертификация» ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орёл.