А. А. Яковлев, В. Н. Гребенников, С. Г. Поступаева

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ДЕКОМПОЗИЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ
ПОСРЕДСТВОМ ЕЕ СТРУКТУРИРОВАНИЯ
НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ФИЗИЧЕСКОГО ПРИНЦИПА ДЕЙСТВИЯ**

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: yaa_777@mail.ru, vovan_grib@mail.ru

Рассматривается метод декомпозиции электрической схемы, позволяющий получить ее системное представление, упрощающее выявление принципов и особенностей ее функционирования. На примере электрической схемы транзисторного радиоприемника прямого усиления показан процесс ее структурирования согласно заложенного в него физического принципа действия, позволяющий произвести дальнейшую его декомпозицию. Метод позволяет представить электрическую схему в виде четырехуровневой модели, что дает возможность работать с ней разработчикам разной квалификации.

Ключевые слова: физический принцип действия, метод, декомпозиция, схема электрическая.

A. A. Yakovlev, V. N. Grebennikov, S. G. Postupaeva

**DEVELOPMENT OF THE METHOD OF DECOMPOSITION
OF THE ELECTRICAL CIRCUIT BY MEANS OF ITS STRUCTURING
ON THE BASIS OF THE PHYSICAL PRINCIPLE OF OPERATION MODEL**

Volgograd State Technical University

A method of decomposition of the electrical circuit is considered, which allows to obtain its systemic representation, which simplifies the identification of the principles and features of its functioning. On the example of an electrical circuit of a transistor radio receiver of direct amplification, the process of its structuring is shown according to the physical principle of action laid down in it, which allows its further decomposition. The method allows you to represent an electrical circuit in the form of a four-level model, which makes it possible to work with it for developers of different qualifications.

Keywords: physical principle of operation, method, decomposition, electrical circuit.

В работе любого радиоэлектронного устройства (РЭУ) заложен один или несколько физических принципов действия (ФПД) [1, 12, 14] которые находят свое отражение в различной конструкторской документации (КД). Одним из базовых документов КД при разработке РЭУ является схема электрическая принципиальная «ЭЗ», на которой изображается каким образом соединяются между собой электрорадиоэлементы (ЭРЭ), входящие в конструкцию РЭУ.

В качестве примера, рассмотрим схему электрическую принципиальную «ЭЗ» транзисторного радиоприемника прямого усиления [2], [3],

[4], [5], принимающего амплитудно-модулированные сигналы, представленную на рис. 1.

Структурно в ней можно выделить четыре разных уровня схемных решений (фрагментов схем), согласно выполняемых ими функций.

Первый уровень включает в себя фрагменты схемы, обеспечивающие работоспособность элементов схемы (т. н. «обвязка»), задача решается в общем виде без привязки к конкретному устройству (т. е. элементы, например, транзистор, которые не во всех случаях могут устанавливаться в схему без «обвязки») – резистор смещения R2 [2], [6], [7].

Рис. 1. Электрическая схема радиоприемника

Второй уровень включает в себя фрагменты схемы, выполняющие определенную элементарную функцию по изменению значимых физических параметров электрической схемы, включает в себя схемные решения первого уровня, задача решается в общем виде без привязки к конкретному устройству (усилитель высокой частоты – УВЧ, фильтр нижних частот – ФНЧ, стабилизатор напряжения, ограничитель напряжения и т. д.). Из схемы на рис. 1: ФНЧ – R1, C3; сглаживающий конденсатор – C2; фильтрующий постоянную составляющую сигнала конденсатор – C4 [2], [6], [7].

Третий уровень включает в себя логические объединения схемных решений второго уровня с целью решения специфических задач из ряда задач, решаемых в устройстве, например, пре-

образования радиосигнала (изменение частоты, формы, спектрального состава и т. п.). Здесь уже проявляется специфика разрабатываемой аппаратуры, но опять же задача решается в общем виде без привязки к конкретному. Из схемы на рис. 1: колебательный контур L1, C1; детектор VD1 [2], [6], [7].

Четвертый уровень включает в себя логические объединения схемных решений второго и третьего уровня с целью решения задачи в частном виде конкретной схемной реализации ФПД устройства, например, транзисторного радиоприемника. Из схемы на рис. 1: восстановление формы звукового сигнала VD1, C2 [2], [6], [7].

При амплитудно-модулированном сигнале в общем виде, с некоторыми упрощениями, ФПД радиоприемника [2], [3], [4] показан на рис. 2.

Рис. 2. ФПД радиоприемника

Для конкретной реализации устройства ФПД будет корректироваться согласно его схеме [8], [9], [10], [11], [13].

Декомпозиция электрической схемы, представленной на рис. 1, на схемные решения согласно ФПД радиоприемника с применением системного подхода [1], [12], [14], позволяет структурировать ее относительно выполняемых схемными решениями функций. В таблице представлен результат этой работы.

Как видно из таблицы, ФПД радиоприемника определяют схемные решения не ниже третьего уровня (№ 1, 2, 3, 4, 7). Первый и второй уровни являются вспомогательными и какой-либо смысловой нагрузки не несут. Третий и четвертый уровни наиболее подходят для отображения ФПД радиоприемника, т. к. в достаточной степени раскрывают процессы, обеспечивающие его реализацию.

Декомпозиция транзисторного приемника прямого усиления

№ п/п	Наименование схемного решения	Выполняемая функция	Уровень схемного решения	Примечание
1	Антенна	Преобразование ЭМ волн ВЧ в переменный электрический ток ВЧ в проводнике	4	Заложено в ФПД радиоприемника
2	Входной фильтр (колебательный контур)	Выделение необходимой частоты	3	Заложено в ФПД радиоприемника
3	Детектор (диод)	Изменение формы колебания («отсечение» одной из полуплоскостей)	3	Заложено в ФПД радиоприемника
4	Сглаживающий фильтр («заполняющий конденсатор»)	Изменение формы колебания (заполнение пропусков между импульсами для восстановления огибающей звуковой частоты – ЗЧ)	4	Заложено в ФПД радиоприемника
5	Фильтр нижних частот (ФНЧ)	Выделение колебания необходимой частоты	2	Снижение количества помех, повышение качества воспроизводимого сигнала
6	Усилитель звуковой частоты (УЗЧ)	Увеличение амплитуды колебания ЗЧ	2	Повышение мощности воспроизводимого сигнала
7	Звуковой излучатель	Преобразование переменного электрического тока ЗЧ в механические колебания звуковой динамической головки	3	Заложено в ФПД радиоприемника

Описанный метод позволяет:

- 1) упростить представление выбранного разработчиком способа реализации, заложенного в ФПД РЭУ;
- 2) упростить понимание ключевых моментов работы схемы электрической, сосредоточив внимание разработчика только на схемных решениях требуемого уровня;
- 3) упростить представление схемы электрической для возможности работы с ней специалистов разной квалификации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Разработка технических систем на основе эвристического моделирования физического принципа действия / А. А. Яковлев, С. Г. Поступаева, В. Н. Гребенников, Н. В. Федорова // Известия ВолГГТУ : научный журнал № 8 (243) / ВолГГТУ. – Волгоград, 2020. – (Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении». – С. 83–86.
2. Основы радиотехники : учеб. пособие. – СПб. : Издательство «Лань», 2007. – 272 с.
3. Соболевский, А. Г. Я строю супергетеродин / А. Г. Соболевский. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Энергия, 1971.
4. Основы радиотехники и радиолокации / А. М. Калашников, Я. В. Степчук. – М. : Воениздат, 1965. – 384 с.
5. Ротхаммель, К. Антенны: пер. с нем. / К. Ротхаммель. – 3-е изд., доп. – М. : Энергия, 1979. – 320 с.
6. Поляков, В. Т. Приемники прямого преобразования для любительской связи / В. Т. Поляков. – М. : ДОСААФ, 1981. – 80 с.
7. Иванов, Б. С. Электронные самоделки / Б. С. Иванов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Просвещение, 1993. – 191 с.
8. Автоматизированное устройство подачи смазывающе-охлаждающего технологического средства в зону резания при обработке деталей концевыми фрезами / А. А. Яковлев, С. В. Шостенко, С. Н. Бориско, С. Г. Поступаева // Вестник машиностроения. – 2020. – № 2. – С. 3–8.
9. Разработка устройства подачи смазывающе-охлаждающего технологического средства с системой автоматического управления температурным режимом / А. А. Яковлев, С. В. Шостенко, С. Н. Бориско, С. Г. Поступаева // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2019. – № 8 (713). – С. 34–44.
10. Яковлев, А. А. Разработка технического решения устройства для охлаждения зоны резания фрезерного станка методом поискового конструирования / А. А. Яковлев, Е. Г. Крылов, В. С. Сорокин // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2018. – № 3 (696).
11. Development of Cooling and Refrigerating Systems by the Search Design / А. А. Яковлев, С. Г. Поступаева, В. Н. Гребенников, Е. И. Сутулов // 8th International Conference on System Modeling and Advancement in Research Trends (SMART-2019, IEEE Conference ID: 46866) (22nd–23rd November, 2019) : Proceedings / eds.: A. Kr. Saxena, D. Parygin, D. Ather, V. Yadav ; College of Computing Sciences & Information Technology, Teerthanker Mahaveer University (Moradabad, India), IEEE UP Section. – New Delhi (India), 2019. – P. 363–367.
12. Яковлев, А. А. Development of Design Solution for Photoelectrocolorimeter Electron-Optical Unit by Heuristic Modifying the Model of the Physical Principle of Operation / А. А. Яковлев, В. Гребенников, В. Г. Барабанов // 2020 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM) (Sochi, Russia, 18–22 May, 2020) : conf. proceedings. – [Publisher: IEEE]. – URL : <https://ieeexplore.ieee.org/document/9111930>.
13. Программа синтеза технических решений систем охлаждения автоматизированного оборудования / А. А. Яковлев, С. Г. Поступаева, В. Н. Гребенников, А. А. Меджидов // Известия ВолГГТУ : научный журнал № 1 (236) / ВолГГТУ. – Волгоград, 2020. – (Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении». – С. 90–93.
14. Электронно-оптический блок для автоматического подбора рабочей длины волны фотоэлектродетектора / А. А. Яковлев, В. Н. Гребенников, С. А. Коробкова, С. Г. Поступаева // Известия ВолГГТУ : научный журнал № 1 (236) / ВолГГТУ. – Волгоград, 2020. – (Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении». – С. 88–90.