

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 004.415.25

doi 10.54708/22259309_2025_1325

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ (ПО) ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА ПЕРВИЧНЫХ И ВТОРИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ СИММЕТРИЧНЫХ КАБЕЛЕЙ СВЯЗИ

З. З. ГАЛЕЕВ¹, М. С. БУТКИН²

¹ gazuza050603@gmail.com, ² MMax521@bk.ru

^{1, 2} ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» (УУНИТ)

Аннотация. Рассмотрен программный продукт, который автоматически рассчитывает первичные и вторичные параметры симметричных цепей кабелей связи на основе введенных пользователем данных о кабеле, тем самым позволяя уменьшить затраты ресурсов и увеличить скорость расчёта, по сравнению с ручными методами.

Ключевые слова: разработка ПО; автоматизированный расчет; первичные параметры; вторичные параметры; симметричные цепи; кабели связи; технологии связи; программное обеспечение.

ВВЕДЕНИЕ

Данное ПО было написано с помощью языка программирования Python, так как в сравнении с другими языками он является наиболее подходящим и востребованным в области обработки данных (от англ. DataSourcing).

ПО представляет собой обычное приложение с разрешением «.exe», которое может быть запущено как на Windows, так и на MacOS и Linux.

При написании были задействованы некоторые каталоги, в частности библиотеки:

1. «math» – библиотека предоставляет доступ к математическим операциям (вычисление функций, логарифмов и т.д.);

2. «Tkinter» – библиотека предназначена для создания графического интерфейса пользователя (GUI), а также разработки кроссплатформенных приложений (приложений, способных работать на любых ОС без изменения в программном коде);

3. «Scipy» – библиотека, позволяющая работать такими с численными методами, как интегрирование, дифференцирование и многие другие.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Программа вычисляет следующие первичные и вторичные параметры симметричной пары:

1) Активное сопротивление R

Для симметричной кабельной цепи оно состоит из трех слагаемых:

- сопротивления постоянному току $R_{пт}$;
- сопротивления за счет поверхностного эффекта $R_{пз}$;
- сопротивления за счет эффекта близости $R_{бл}$.

$$R = R_{пт} + R_{пз} + R_{бл}.$$

Если расписывать подробнее

$$R = 2R_0\chi \left(1 + F(kr) + \frac{pG(kr)\left(\frac{d}{a}\right)^2}{1 - H(kr)\left(\frac{d}{a}\right)^2} (1 + \alpha_R(t - 20)) \right),$$

где R_0 (Ом/км) – сопротивление постоянному току;

χ – коэффициент укрутки проводников;

a (мм) – расстояния между центрами проводников;

d (мм) – диаметр голого проводника;

p – коэффициент, учитывающий вид скрутки (при парной скрутке $p = 1$, при звездной – $p = 5$, при двойной парной – $p = 2$);

$F(kr)$, $G(kr)$, $H(kr)$ – специальные функции, полученные с использованием видоизменённых функций Бесселя;

α_R – температурный коэффициент сопротивления, зависящий от материала проводника;

t – температура, °С.

Сопротивление проводника постоянному току R_0 (Ом/км):

$$R_0 = \frac{4000\rho}{\pi d^2},$$

где ρ (Ом·мм²/м) – удельное электрическое сопротивление материала жилы, также зависящее от материала проводников.

Величина kr вычисляется по определенным формулам для соответствующих материалов.

2) Индуктивность L

Для симметричной кабельной цепи определяется суммой внешней $L_{вн}$ и внутренней L_a индуктивностей

$$L = L_{вн} + L_a = \chi \left(4 \ln \left(\frac{a-r}{r} \right) + \mu Q(kr) \right) \cdot 10^{-4},$$

где μ – относительная магнитная проницаемость проводника (для медных и алюминиевых проводников $\mu = 1$, для стальных проводников $\mu = 130$);

r (мм) – радиус оголенного проводника.

3) Емкость C

Для кабельной цепи с учетом близости соседних пар:

$$C = \frac{\chi \varepsilon_3 \cdot 10^{-6}}{36 \ln \left(\frac{\alpha \psi}{r} \right)},$$

где ε_3 – эквивалентная относительная диэлектрическая проницаемость изоляции, зависящая от типа кабеля и частоты.

ψ – поправочный коэффициент, характеризующий близость металлических проводников, зависит от типа скрутки.

4) Проводимость G

$$G = \frac{1}{R_{из}} + \omega C \operatorname{tg} \delta_3,$$

где $R_{из}$ – сопротивление изоляции междугородных кабелей нормируется величиной 10^{10} Ом/км;

ω – круговая частота ($\omega = 2\pi f$);

$\operatorname{tg} \delta_3$ – эквивалентная величина тангенса угла диэлектрических потерь, зависящая от типа изоляции.

5) Коэффициент затухания α

В диапазоне высоких частот, измеренный в дБ/км, определяется выражением:

$$\alpha = 8,686 \left(\frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2} \sqrt{\frac{L}{C}} \right).$$

6) Коэффициент фазы β

$$\beta = \omega \sqrt{LC}.$$

7) Волновое сопротивление $Z_{\text{в}}$

Определяется, как и для цепи с распределенными параметрами, но для высоких частот, когда $\frac{\omega L}{R} > 3,5$:

$$Z_{\text{в}} = \sqrt{\frac{L}{C}}.$$

8) Скорость распространения ν

$$\nu = \sqrt{\frac{1}{LC}}.$$

РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате программирования и тестирования, получилось рабочее приложение для точного и корректного расчета параметров, которые были выделены выше.

The screenshot shows a software window titled "LR-1". It contains a list of input parameters on the left and their corresponding values or calculation buttons on the right. The parameters are:

- Материал: Медь (dropdown menu)
- Укрутка: 1.02 (spin box)
- Диаметр: 1.2 (spin box)
- Частота: 10000 (text box)
- Температура: 22 (slider bar)
- Скрутка: Парная (dropdown menu)
- Изоляция: Кордельно-бумажная (dropdown menu)
- Толщина: 1.4 (text box)
- Below these is a "Рассчитать" (Calculate) button.
- Below the button are seven output fields: Сопротивление, Индуктивность, Емкость, Проводимость, Затухание, Фаза, Скорость, and Волновое. Each field is currently empty.

Рис. 1. Начальная форма

С помощью данной формы можно задать необходимые параметры (материал жилы кабеля, коэффициент укрутки кабеля, диаметр жилы, частота, температура в °C, вид скрутки, материал изоляции и толщина изоляции).

При нажатии на кнопку «Рассчитать», необходимые результаты появятся в соответствующих окнах:

The screenshot shows a software window titled 'LR-1'. It contains two sections: input parameters and calculated results. The input parameters are as follows:

Параметр	Значение
Материал	Медь
Укрутка	1.02
Диаметр	1.2
Частота	10000
Температура	22
Скрутка	Парная
Изоляция	Кордельно-бумажная
Толщина	1.4

Below the input parameters is a button labeled 'Рассчитать'. Below this button are the calculated results:

Параметр	Значение
Сопротивление	3.244255e+01
Индуктивность	8.088808e-04
Емкость	2.470204e-08
Проводимость	8.536511e-06
Затухание	7.853350e-01
Фаза	2.808591e-01
Скорость	2.237131e+05
Волновое	1.809572e+02

Рис. 2. Результаты расчетов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате данной работы было получено программное обеспечение для вычислений специальных параметров на языке программирования Python.

Достоинством данной программы является простота. К минусам можно отнести «недостаточную» наглядность, то есть пользователь пока не может видеть формул, по которым вычисляются величины, а получает только готовый результат. Это можно доработать в следующих обновлениях данного ПО, кроме того, в перспективе – добавить в программу справочный раздел, в котором будут присутствовать объяснения полученных результатов.

Данное приложение хорошо показало себя при тестировании, что дает ему возможность быть востребованным при обучении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Парфенов Ю. А.** Кабели электросвязи. М.: Эко-Трендз, 2003. 256 с. [Yu. A. Parfenov. Telecommunication cables. M.: Eco-Trends, 2003. 256 p.]
2. **Власов В. Е., Парфенов Ю. А., Рысин Л. Г., Кайзер Л. И.** Кабели СКС на сетях электросвязи: теория, проектирование, применение. М.: Эко-Трендз, 2006. 280 с. [V. E. Vlasov, Yu. A. Parfenov, L. G. Rysin, L. I. Kaiser. SCS cables on telecommunication networks: theory, design, application. M.: Eco-Trends, 2006. 280 p.]
3. **Гроднев И. И., Верник С. М., Кочановский Л. Н.** Линии связи: Учебник для вузов. М., Радио и связь, 1995. [I. I. Grodnev, S. M. Vernik, L. N. Kochanovsky. Communication lines: Textbook for universities. M., Radio and communications, 1995]

ОБ АВТОРАХ

ГАЛЕЕВ Зуфар Забирович, студент каф. ТС

БУТКИН Максим Сергеевич, студент каф. ТС

METADATA

Title: Software development for automated calculation of primary and secondary parameters of symmetrical communication cables.

Authors: Z. Z. Galeev ¹, M. S. Butkin ²

Affiliation:

^{1,2} Ufa University of Science and Technology (UUST), Russia.

Email: ¹gazuza050603@gmail.com, ²MMMax521@bk.ru

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa University of Science and Technology), no. 1 (32), pp. 5-9, 2025. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: A software product is considered that automatically calculates the primary and secondary parameters of symmetrical communication cable circuits based on user-entered cable data, thereby reducing resource costs and increasing the calculation speed compared with manual methods.

Keywords: software development, automated calculation, primary parameters, secondary parameters, symmetric circuits, communication cables, communication technologies, software.

About authors:

GALEEV Zufar Zabirovich, Student. Dept. of Telecommunication Systems.

BUTKIN Maxim Sergeevich, Student. Dept. of Telecommunication Systems.