



ЯВЛЕНИЕ РЕЗОНАНСА В ЦЕПИ С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ

Райхонов Шухрат Зарипович

*Алмалыкский филиал Ташкентского Государственного
Технического Университета, Республика Узбекистан, г. Алмалык
Shuhrat Raykhonov
Almalyk Branch of Tashkent state technical University
Uzbekistan, Almalyk*

Аннотация

Резонанс в электрических цепях с последовательным соединением элементов является ключевым явлением, которое используется в различных областях техники. В статье рассмотрены теоретические основы явления резонанса, его использование в радиотехнике, энергетике, медицине и звуковой технике. Приведены примеры расчётов резонансной частоты, импеданса и тока. Также описаны основные проблемы, связанные с резонансом, и предложены методы их предотвращения.

Ключевые слова: резонанс, последовательная RLC-цепь, радиотехника, фильтрация сигналов, магнитно-резонансная томография, импеданс, резонансная частота.

Abstract

Resonance in electric circuits with series connection of elements is a key phenomenon utilized in various engineering fields. This paper examines the theoretical foundations of resonance, its application in radio engineering, power systems, medicine, and audio technology. Examples of calculations of resonance frequency, impedance, and current are provided. The main problems associated with resonance are described, along with proposed prevention methods.

Keywords: resonance, series RLC circuit, radio engineering, signal filtration, magnetic resonance imaging, impedance, resonance frequency.



Введение

Резонанс является важным физическим явлением, проявляющимся в различных областях науки и техники. В электрических цепях резонанс играет ключевую роль, особенно в схемах с последовательным соединением элементов, где он используется для усиления сигналов, фильтрации частот и повышения эффективности работы устройств.

Теоретические основы резонанса

Определение резонанса: состояние, при котором реактивные сопротивления индуктивного элемента и конденсатора в цепи взаимно компенсируются, и цепь становится чисто активной. Резонансная частота: $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ где L — индуктивность, C — ёмкость.

Резонанс в последовательной RLC-цепи

Характеристики цепи: В цепи с последовательным соединением резонанс возникает, когда индуктивное сопротивление ($X_L = \omega L$) и ёмкостное сопротивление ($X_C = 1/\omega C$) равны по модулю:

$$X_L = X_C \quad \text{или} \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} .$$

Импеданс цепи:

При резонансе общий импеданс минимален и равен только активному сопротивлению $Z=R$.

Ток в цепи: При резонансе ток максимален: $I = \frac{U}{R}$.

Примеры использования резонанса:

Радиотехника и связь: Резонансные контуры играют важнейшую роль в радиопередатчиках и приемниках:

Настройка на частоту: Используя резонансный контур, состоящий из катушки индуктивности и конденсатора, можно выделить сигнал нужной частоты и подавить остальные. Например, для приема сигнала FM-радиостанции на частоте 100 МГц, параметры L и C выбираются таким образом, чтобы:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 100 \times 10^6 \text{ Гц.}$$

такой подход обеспечивает высокую точность и избирательность приемников.

Фильтрация сигналов: Резонансные фильтры используются для удаления помех или гармоник в сигнале. Например, в передатчиках сотовой связи



резонансные цепи позволяют выделить полезный сигнал в условиях значительных шумов.

Электроэнергетика. Сглаживание гармоник: В системах передачи электроэнергии высоковольтные линии могут порождать гармонические искажения, которые приводят к потерям мощности и перегрузкам оборудования. Резонансные фильтры помогают снизить такие искажения, повышая эффективность работы системы.

Пример: В установках компенсации реактивной мощности применяются последовательно соединённые RLC-контуры, которые минимизируют колебания напряжения в сети.

Медицина. Магнитно-резонансная томография (МРТ): Резонанс атомов водорода в сильном магнитном поле лежит в основе работы МРТ. При воздействии радиочастотного сигнала на ткани организма, атомы водорода входят в резонанс, что позволяет получать детализированные изображения внутренних органов.

Звуковая техника: В акустических системах резонанс используется для усиления звуков на определённых частотах. Например, резонанс в корпусе динамиков усиливает низкие частоты, улучшая качество звучания.

Проблемы и риски резонанса

Перегрузка цепей: В энергетических системах резонанс может привести к чрезмерному росту тока или напряжения, что способно вывести оборудование из строя.

Пример: Резонанс в трансформаторах или линиях передачи может привести к перегреву обмоток.

Нежелательный резонанс: В системах электропитания гармоники могут вызывать случайный резонанс.

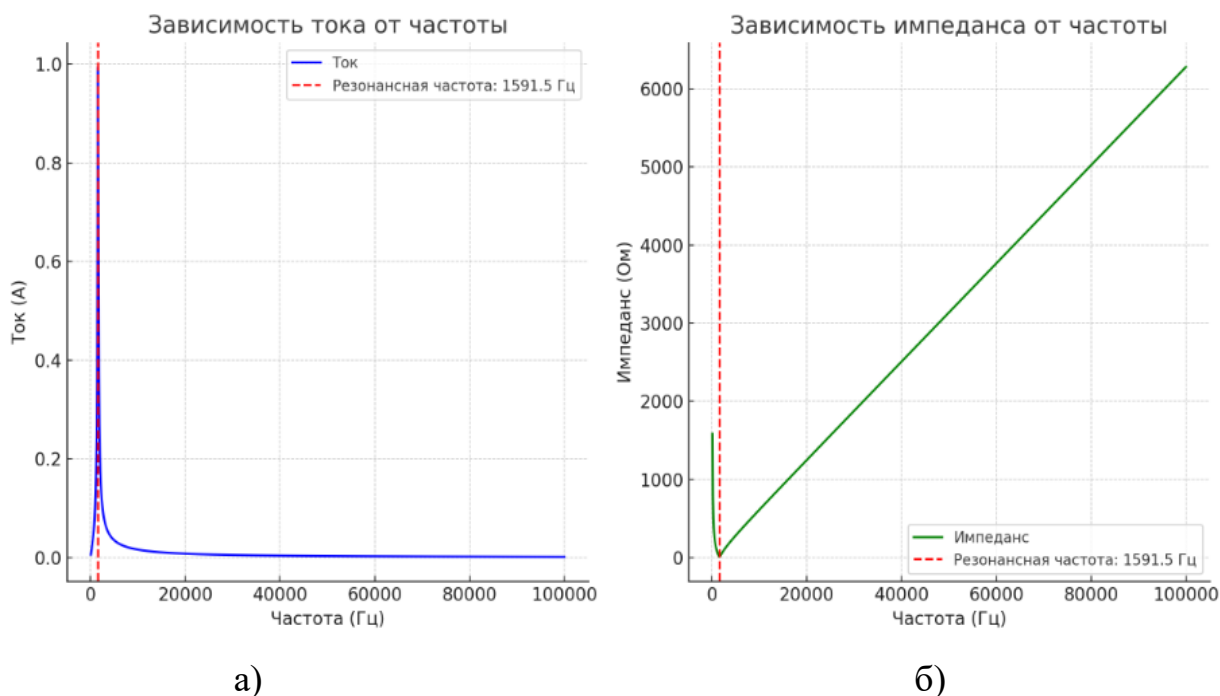
Решение: Установка демпфирующих резисторов или корректировка параметров цепи.

Для наглядности можно построить следующие графики: Зависимость тока от частоты в последовательной RLC-цепи. График демонстрирует, что ток максимален на резонансной частоте f_0 .

Импеданс цепи: Импеданс минимален на f_0 , что соответствует резонансу



Рисунок-1



а) зависимость тока от частоты. Ток максимален на резонансной частоте.

б) зависимость импеданса от частоты. Импеданс минимален на резонансной частоте.

Проблемы резонанса и методы их предотвращения

Перегрузка оборудования: В электрических системах резонанс может вызывать избыточный ток или напряжение, что приводит к выходу из строя компонентов.

Пример: В трансформаторах избыточный резонанс может вызвать перегрев обмоток и их повреждение.

Случайный резонанс в энергосистемах: Если параметры индуктивности и ёмкости в линии передачи совпадут с частотой внешних возмущений, может возникнуть нежелательный резонанс.

Решение: Установка демпфирующих резисторов или корректировка параметров цепи.

Резонанс в механических системах: Хотя здесь речь идет не об электрических цепях, важно отметить, что механический резонанс также может быть опасным. Например, разрушение мостов или зданий может быть вызвано резонансом, совпадающим с частотой вибраций.

Заключение



Резонанс в электрических цепях предоставляет огромные возможности для повышения эффективности и точности работы технических систем. Однако его использование требует тщательного контроля и понимания, чтобы избежать возможных рисков. Разработка более устойчивых к резонансу решений остаётся актуальной задачей в инженерии.

Список литературы:

1. А.И. Жданов. Теоретические основы электротехники. – Москва: Энергия, 2010. – 450 с.
2. В.Г. Поляков. Радиотехника: учебное пособие. – Москва: Высшая школа, 2015. – 380 с.
3. Н.И. Вавилов. Магнитно-резонансная томография: физические основы и применение. – Санкт-Петербург: Наука, 2013. – 290 с.
4. Ю.А. Коршунов. Электротехнические системы и сети. – Москва: Энергопресс, 2012. – 400 с.
5. Р. Клейн. Акустика в инженерии: современные подходы. – Лондон: Academic Press, 2018. – 320 с.
6. Муратов, Гуламжан Гафурович, et al. "Автоматизированные системы управления технологическими процессами." Точная наука 25 (2018): 16-19.
7. Муратов, Гуламжан Гафурович, et al. "Исследование применяемых в крановом электроприводе тиристорных систем." Вестник науки и образования 4-2 (58) (2019): 16-20.
8. Райхонов, Шухрат Зарипович. "Работоспособность ленточных конвейеров в условиях эксплуатации." Вопросы науки и образования 4 (49) (2019): 25-29.
9. Juraev, R. U. "POSSIBILITIES AND RESULTS OF STUDIES FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF DRILLING EQUIPMENT ON THE BASIS OF USEFUL UTILIZATION OF SECONDARY ENERGY RESOURCES." Proceedings of International Conference on Scientific Research in Natural and Social Sciences. Vol. 2. No. 8. 2023.
10. Сотиболдиев, Абдурахмон Юлдашевич. "ЦЕПИ ТРЕХФАЗНОГО ПЕРЕМЕННОГО ТОКА. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ." Лучшие интеллектуальные исследования 1.1 (2024): 32-41.
11. Сотиболдиев, Абдурахмон Юлдашевич. "ЦЕПИ ОДНОФАЗНОГО ПЕРЕМЕННОГО ТОКА. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ." Лучшие интеллектуальные исследования 1.1 (2024): 42-60.