

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МОБИЛЬНЫХ АНТЕННЫХ УСТРОЙСТВ

*Исаев В.О., Дубовик И.А.,
адъюнкты УО «ВА РБ», г. Минск, Республика Беларусь
Научный руководитель – Бойкачев П.В., канд. техн. наук, доцент*

Современное развитие радиоэлектронного оборудования обусловлено стремительным развитием функциональных устройств обмена цифровой информации. Это связано с широким развитием таких сфер применения радиоэлектроники, как космическая, спутниковая, персональная и сотовая связь, телекоммуникации, гигабитные системы передачи данных и т.д. С другой стороны, необходимость создания новых радиоэлектронных устройств стимулируется достаточно противоречивыми требованиями к радиоэлектронным системам: с одной стороны миниатюризацией устройств приемо-передающего тракта, а с другой – увеличением скорости и объемов передачи информации, а также появлением новых поколений антенных устройств (АУ).

Перспективные АУ СВЧ диапазона 4G (5G)-телекоммуникации изготавливаются на основе функциональных композиционных материалов, микроволновые характеристик (диэлектрическая и магнитная проницаемость, потери) которых зависят от внешних температурных факторов [1]. В свою очередь, характеристики АУ (входное сопротивление) находятся в прямой зависимости от микроволновых свойств материала, и также сильно зависят от внешних температурных факторов [2]. Такое изменение импеданса АУ, при эксплуатации мобильных устройств, приводят к потерям мощности передаваемого или принимаемого сигнала из-за чего, нередко, имеют место ситуации, при которых они не способны обеспечить потребителя устойчивой радиосвязью. Таким образом, возникает необходимость в анализе влияния температуры на характеристики современных мобильных АУ при отсутствии согласующего устройства (СУ).

Основная часть. В качестве примера рассмотрим модель компактной многополосной плоской монополярной антенны, используемая в мобильных телефонах (рис. 1) [3] и работающая в LTE (LTE2300/2500), WWAN (GSM850/900/DCS1800/PCS1900/UMTS2100), 5G (LTE3500) диапазонах частот. Диэлектрическая проницаемость материала, из которого она изготовлена, зависит от его температуры и частоты проходящего радиосигнала.

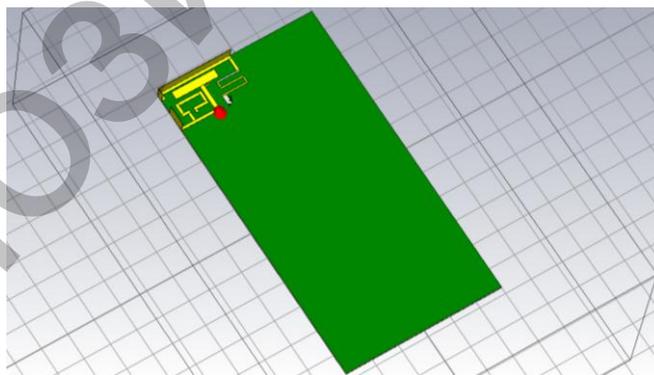


Рисунок 1 – Модель многополосной антенны, используемая в мобильных телефонах [3]

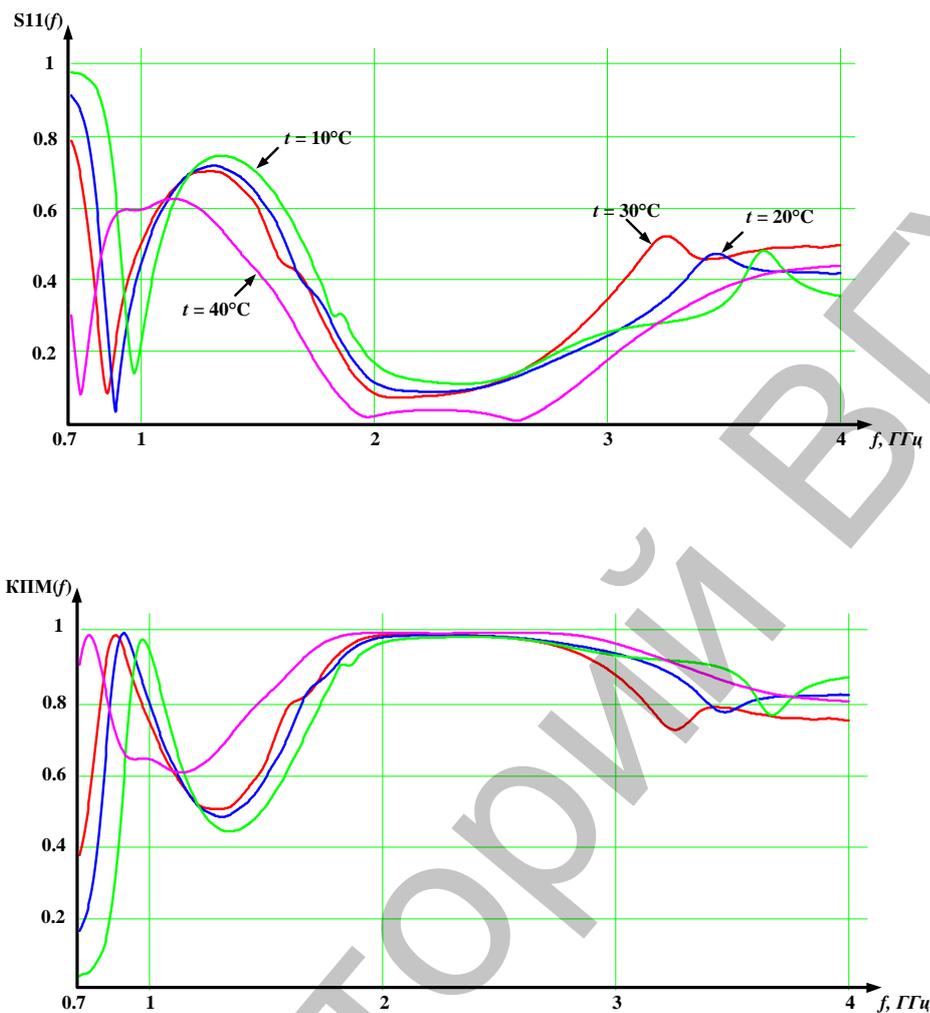


Рисунок 2 – Зависимость изменения коэффициента S11 и КПМ многополосной мобильной антенны в различных температурных режимах

На рисунке 2 представлены зависимость коэффициента отражения S11 и коэффициента передачи по мощности (КПМ) антенного модуля при различных значениях диэлектрической проницаемости, связанной с изменением температурного режима работы представленного антенного модуля.

Проанализировав полученные зависимости (рис. 2), можно сделать вывод о том, что при изменении температуры происходит смещение не только рабочего диапазона частот, но и уровня коэффициента отражения S11, что, в свою очередь, приводит к уменьшению КПМ на 5...35%.

Такое изменение уровня КПМ приводит к уменьшению дальности радиосвязи на 2,5...20 %, что составляет 175...1400 м устойчивой радиосвязи в зоне прямой видимости при $R_{\max} = 7000$ м.

Заключение. Анализ представленных результатов позволяет сделать вывод о том, что изменение температурного режима работы приводит к изменению характеристик АУ во всем рабочем диапазоне частот, а на определенных частотах изменения весьма значительны. Отсутствие согласующей цепи в АУ приводит к падению уровня КПМ и, соответственно, уменьшению дальности радиосвязи и большему энергопотреблению.

На текущий момент, для решения данной проблемы предлагается представлять сложные импедансные нагрузки не в виде схемных реализаций, а в аналитической математической форме [4]. Данный метод позволяет не только анализировать любые изменения импеданса нагрузки в зависимости от условий эксплуатации, но и применять различные методы и способы широкополосного согласования, где наиболее предпочтительными являются адаптивные согласующие устройства, позволяющие, за счет перестройки параметров СУ, обеспечить максимальный уровень передачи мощности при изменении условий эксплуатации согласуемого устройства.

1. American Ceramic Society Bulletin, Ceramic materials for 5G wireless communication systems, ACSBA7, 98 (6) (2017) 20-25.
2. M.T. Sebastian, R. Uvic, H. Jantunen, Microwave Materials and Applications, John Wiley & Sons, New Jersey, 2017.
3. Y. Song, H. Zhou, C. Wang, Small-size planar printed loop antenna for octa-band WWAN/LTE smartphone application, IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1074 (2018) 1-7.
4. Исаев, В.О., Дубовик, И.А., Бойкачев, П.В., Сутько, А.А., Математическая модель радиотехнических устройств / В. О. Исаев, И. А. Дубовик, П. В. Бойкачев, А.А. Сутько // II Международная Научно-Практическая Конференция «Endless Light in Science», г. Нур-Султан, Казахстан, 2020. – С.27-33.

ОБ ОДНОМ ТИПЕ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ ШЕСТОЙ СТЕПЕНИ, РАЗРЕШИМЫХ В РАДИКАЛАХ

Кадырова О.С.,

*студентка ВГУ имени П.М. Машерова, г. Витебск, Республика Беларусь
Научный руководитель – Трубников Ю.В., доктор физ.-мат. наук, профессор*

Классической математической проблемой является вопрос о проверке разрешимости в радикалах алгебраических уравнений непосредственно по их коэффициентам без использования сложного математического аппарата. При этом, для конкретных классов уравнений, допускающих решение в радикалах, важна также разработка алгоритмов решения в символьном виде. С развитием вычислительной техники и современных программных средств это направление стало очень быстро развиваться, о чём свидетельствует, например, статья [1].

Цель исследования – получить в символьном виде выражения связи коэффициентов полинома комплексного аргумента шестой степени вида

$$P(z) = z^6 + c_1 z^5 + c_2 z^4 + c_3 z^3 + c_4 z^2 + c_5 z + c_6 \quad (1)$$

с коэффициентами семейства полиномов четвертой степени

$$Q_{4,i}(z) = z^4 + a_{1i} z^3 + a_{2i} z^2 + a_{3i} z + a_{4i} \quad (2)$$

при существовании конкретной нелинейной связи между корнями этих полиномов.

Материал и методы. Материалом исследования является конкретный тип алгебраических уравнений шестой степени, разрешимых в радикалах. Методы исследования – методы алгебры с использованием системы компьютерной математики *Maple 2019*.

Результаты и их обсуждение. Обозначим корни i -го полинома из семейства (2) через $p_{1i}, p_{2i}, p_{3i}, p_{4i}$, а все попарные комбинации их сумм и произведений через

$$q_1 = p_{1i} p_{2i} (p_{3i} + p_{4i}), \quad q_2 = p_{1i} p_{3i} (p_{2i} + p_{4i}), \quad q_3 = p_{1i} p_{4i} (p_{2i} + p_{3i}), \\ q_4 = p_{2i} p_{3i} (p_{1i} + p_{4i}), \quad q_5 = p_{2i} p_{4i} (p_{1i} + p_{3i}), \quad q_6 = p_{3i} p_{4i} (p_{1i} + p_{2i}).$$

Тогда справедлива следующая

Теорема. Числа q_j ($j=1, 2, \dots, 6$) являются корнями полинома (1) тогда и только тогда, когда разрешима относительно a_k ($k=1, 2, 3, 4$) система уравнений

$$c_1 = 3a_3, \quad (3)$$

$$2a_2 a_4 + 3a_3^2 - c_2 = 0, \quad (4)$$