

## ПРОГРАММНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОГЛАСОВАНИЯ ШИРОКОПОЛОСНЫХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ТРАКТОВ

*Мин Ту Аунг, магистрант*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
Институт информационных технологий,  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Бойкачëв П. В. – канд. техн. наук, доцент*

Современные радиотехнические системы, включая радиолокационные станции, системы связи и телекоммуникационные сети, активно используют широкополосные сигналы для повышения пропускной способности и помехоустойчивости. Одной из ключевых проблем при проектировании и эксплуатации таких систем является обеспечение качественного согласования радиотрактов, поскольку рассогласование приводит к потерям мощности, искажению сигналов и снижению эффективности оборудования.

В современных радиотехнических системах обеспечение правильного согласования и минимизация потерь сигнала являются ключевыми факторами успешной передачи данных. Программно-измерительный комплекс предназначен для мониторинга и анализа согласования и поведения сигнала в широкополосных радиотехнических трактах.

Программно-измерительный комплекс сочетает аппаратные и программные средства для анализа и оптимизации широкополосных радиотехнических трактов. В его состав входят:

- Широкополосные антенны, принимающие сигналы в различных диапазонах.
- Векторные анализаторы цепей (VNA) для анализа согласования и параметров передачи (рисунок 1).
- Программа «Прометей» – реализован графический интерфейс пользователя, который отображает результаты измерений в виде графиков и таблиц, позволяет сохранять данные для последующего анализа.



Рисунок 1 – Векторный анализатор NanoVNA

Эти компоненты работают совместно для оценки согласования, распределения мощности и уровня гармонических искажений на широком диапазоне частот.

Программно-измерительный комплекс анализирует несколько важных параметров:

- Коэффициент стоячей волны (КСВ) – определяет эффективность передачи сигнала и уровень отражений.
- Потери на отражение – показывают уровень сигнала, возвращаемого из-за несогласованности.
- Спектральный анализ сигнала – изучает частотный состав и возможные помехи.
- Анализ гармонических искажений – выявляет нежелательные частотные компоненты, ухудшающие качество передачи.

Программно-измерительные комплексы используются в различных областях:

- Широкополосные системы связи – для оптимизации эффективности передачи данных в спутниковых, радиолокационных и беспроводных системах.
- Контроль и калибровка антенн – для корректировки параметров и минимизации потерь в РЧ-системах.
- Радиоэлектронная разведка и борьба с помехами – для анализа радиочастотных сигналов и обнаружения помех.
- Промышленное тестирование РЧ-устройств – для проверки характеристик беспроводных устройств и IoT в широкополосных средах.

Типовая конфигурация измерительного комплекса включает:

- Широкополосные антенны, расположенные в различных точках для приема сигналов.
- Векторный анализатор цепей (VNA), подключенный к передающему тракту для анализа КСВ в реальном времени.
- Программное обеспечение, отображающее результаты измерений, включая потери на отражение и поведение сигнала.

Инженеры анализируют коэффициенты отражения, согласование и искажения, чтобы обеспечить оптимальные условия передачи сигнала.

Разработанный программно-измерительный комплекс (рисунок 2) обеспечивает высокоточный контроль согласования широкополосных радиотехнических трактов. Автоматизация измерений и обработки данных повышает эффективность диагностики, что делает комплекс перспективным для применения в радиотехнической отрасли.

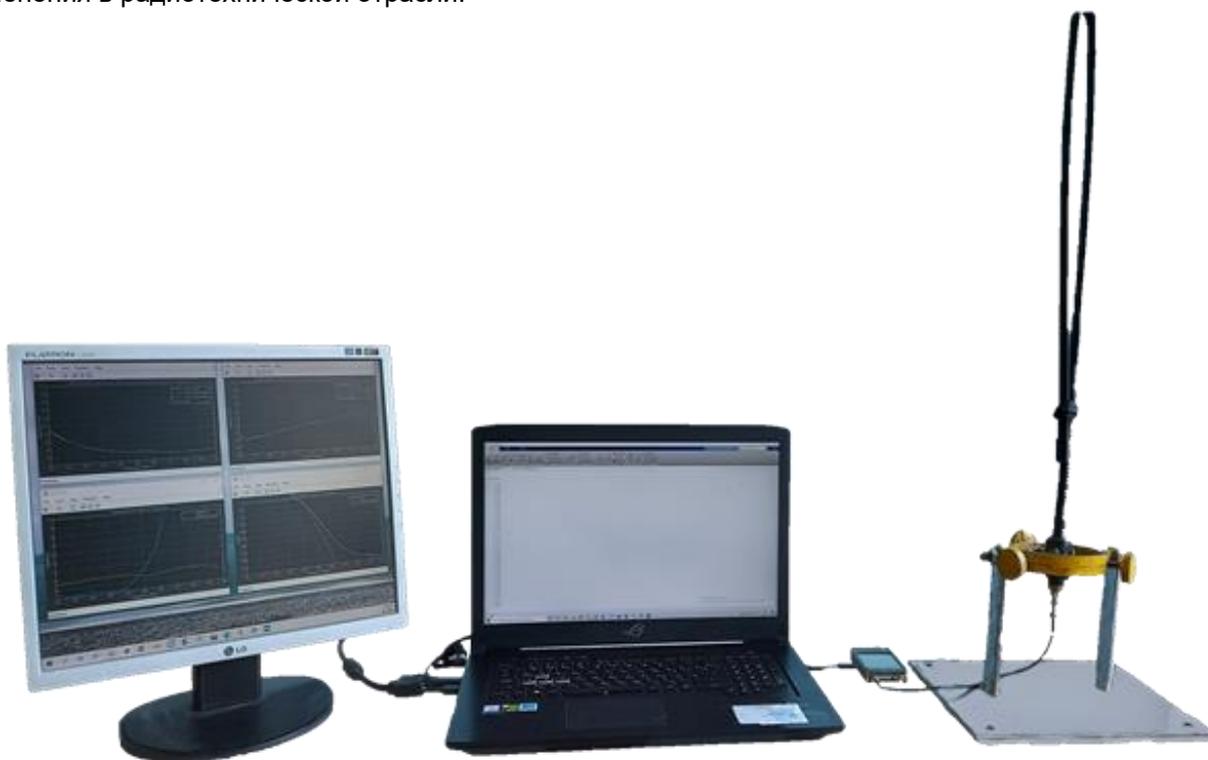


Рисунок 2 – Специализированный экспериментальный комплекс расчета и контроля функционирования согласующих устройств в РТС

Таким образом, программно-измерительный комплекс для широкополосных радиотехнических систем играет ключевую роль в обеспечении целостности сигнала, эффективности передачи и согласования в различных частотных диапазонах. С развитием широкополосных коммуникаций точные измерительные инструменты и аналитическое ПО останутся важнейшими инструментами для оптимизации радиочастотных систем.

#### Список использованных источников

1. Аллен В. Скотт, Рекс Фробениус, «РЧ-измерения для сотовых телефонов и беспроводных систем передачи данных», 2008 г.
2. Дуглас Х. Мораис, «Фиксированная широкополосная беспроводная связь: принципы и практическое применение», 2004 г.
3. Маркус Диллинджер, Камбиз Мадани, Нэнси Алонистоти, «Программно-определяемая радиосвязь: архитектуры, системы и функции», 2003 г.