

ОСНОВНЫЕ КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Е.С. Ильин, А.Н. Потапов

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация: в статье проведен всесторонний анализ основных показателей работоспособности радиотехнических комплексов и аппаратуры. Исследование охватывает три фундаментальных аспекта: энергоэффективность, устойчивость к внешним воздействиям и эксплуатационную надежность оборудования.

Ключевые слова: радиотехнические устройства, РЭУ, эффективность, энергетические параметры, мощность передатчика.

MAIN CRITERIA FO REVALUATINGTHE EFFICIENCY OF RADIOENGINEERING DEVICES

E.S. Ilyin, A.N. Potapov

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract: The article presents a comprehensive analysis of the key performance indicators of radio engineering systems and equipment. The study covers three fundamental aspects: energy efficiency, resistance to external influences, and operational reliability of the devices.

Keywords: radio engineering devices, RED, efficiency, energy parameters, transmitter power.

Работоспособность современных радиотехнических комплексов определяется комплексом взаимосвязанных параметров, формирующих их эксплуатационные характеристики. Эти показатели позволяют объективно оценить возможности оборудования в различных условиях применения.

Центральное место в оценке радиосистем занимает анализ их энергетических характеристик. Способность оборудования эффективно передавать и принимать информационные сигналы напрямую зависит от нескольких ключевых параметров.

Мощность передающего устройства является критически важным показателем, определяющим максимальную дальность устойчивой связи. В радиолокационных станциях увеличение мощности излучения расширяет зону обнаружения целей. Однако следует учитывать, что чрезмерное повышение мощности влечет за собой ряд негативных последствий: перегрузку выходных каскадов, рост энергопотребления и необходимость применения дополнительных систем охлаждения.

Не менее значимым параметром является чувствительность приемного оборудования. Этот показатель характеризует минимальный уровень сигнала, при котором сохраняется возможность его корректной обработки. Особую важность высокая чувствительность приобретает при работе со слабыми сигналами в системах спутниковой связи или при приеме информации от удаленных объектов[1].

Коэффициент полезного действия отражает эффективность преобразования потребляемой энергии в полезный радиосигнал. Низкие значения КПД приводят к существенным проблемам в эксплуатации: повышенному тепловыделению, сокращению срока службы компонентов и необходимости использования массивных теплоотводящих конструкций. Эти факторы значительно увеличивают массогабаритные показатели оборудования и снижают его экономическую эффективность.

Оптимизация работы радиотехнических систем требует тщательного анализа всех перечисленных параметров с учетом конкретных условий эксплуатации. Современные разработки в этой области направлены на поиск оптимального баланса между энергетическими характеристиками, надежностью работы и экономической целесообразностью использования оборудования.

Таблица 1 – Сравнения энергетических параметров различных РЭУ

Параметр	Радиомодем (КВ-диапазон)	Радиолокационная станция	Спутниковый приемник
Мощность передатчика	10 Вт	100 кВт	5 Вт
Чувствительность	0.5 мкВ	1 мкВ	0.2 мкВ
КПД	60%	40%	75%

Из таблицы 1 видно, что спутниковый приемник обладает высокой чувствительностью и КПД, что позволяет ему эффективно работать с слабыми сигналами. В то же время радиолокационная станция требует значительной мощности для обеспечения большой дальности действия [2].

В современных условиях перегруженного радиочастотного спектра способность радиотехнических устройств сохранять работоспособность при наличии помех приобретает особое значение. Эта характеристика во многом определяет практическую применимость оборудования в реальных условиях эксплуатации.

Качество связи в значительной степени зависит от соотношения полезного сигнала к шумам (SNR). Этот параметр имеет критическое значение для различных систем передачи данных. В цифровом телевидении, например, при снижении SNR ниже порогового значения 15 децибел наблюдаются заметные искажения видеосигнала, проявляющиеся в виде артефактов изображения и прерываний трансляции.

Частотная избирательность оборудования позволяет эффективно выделять целевой сигнал среди множества соседних частотных составляющих. Эта характеристика особенно важна для систем сотовой связи, где одновременная работа большого количества абонентов в ограниченном частотном диапазоне требует высокой селективности приемопередающей аппаратуры. Без должного уровня избирательности невозможно обеспечить стабильное соединение в условиях плотной застройки или при массовых мероприятиях.

Современные технические решения активно используют цифровые методы обработки сигналов для повышения помехоустойчивости. Алгоритмы цифровой обработки сигналов (DSP) позволяют автоматически

идентифицировать и подавлять различные виды помех. Ярким примером эффективного применения таких технологий являются системы активного шумоподавления в микрофонной аппаратуре, где адаптивные фильтры в реальном времени анализируют акустическую обстановку и компенсируют нежелательные шумовые составляющие. Подобные принципы находят применение и в других областях радиотехники, существенно повышая качество работы оборудования в сложных эфирных условиях.

Таблица 2 – Помехоустойчивости различных систем

Система	SNR (дБ)	Избирательность (дБ)	Используемые технологии
Цифровое ТВ (DVB-T2)	20	50	OFDM, коррекция ошибок
Сотовая связь (5G)	15	60	MIMO, адаптивные антенны
Авиационная радиосвязь	25	70	Шумоподавление, фильтры

Как видно из таблицы 2, авиационная связь требует высокого SNR и избирательности, так как отказ системы может привести к критическим последствиям. В то же время 5G-сети используют сложные алгоритмы для работы в условиях высокой загрузки [3].

Показатели надежности радиотехнических комплексов являются определяющим фактором при оценке их эксплуатационной пригодности. Эти характеристики позволяют прогнозировать срок бесперебойной работы оборудования в различных условиях окружающей среды [4].

Одним из ключевых параметров оценки надежности выступает среднее время наработки на отказ (MTBF). В профессиональных радиосистемах, таких как военные комплексы связи и радиолокационные станции, данный показатель может превышать несколько десятков тысяч часов непрерывной работы. Такие высокие значения достигаются за счет применения специальных схемотехнических решений и использования компонентов с повышенным запасом прочности.

Особое значение приобретает способность оборудования сохранять работоспособность при воздействии неблагоприятных внешних факторов.

Широкий температурный диапазон функционирования, устойчивость к повышенной влажности и вибрационным нагрузкам являются обязательными требованиями для устройств, работающих в экстремальных условиях. Морские радионавигационные системы должны выдерживать постоянное воздействие соленой воды и атмосферных осадков, тогда как аппаратура космической связи подвергается воздействию вакуума, радиации и экстремальных температурных перепадов.

Дополнительными факторами, влияющими на эксплуатационную надежность, являются:

1. Качество применяемых материалов и компонентов.
2. Степень защиты от коррозии.
3. Эффективность систем охлаждения.
4. Устойчивость к электромагнитным помехам.

Современные стандарты проектирования радиотехнического оборудования предусматривают комплексные испытания на надежность, включающие ускоренное старение компонентов, механические воздействия и проверку работоспособности в критических режимах эксплуатации.

Таблица 3 – Показатели надёжности

Устройство	MTBF (часы)	Диапазон температур	Влагозащита (IP)
Бытовой Wi-Fi роутер	30 000	0°C – 40°C	IP20
Морская радиостанция	50 000	-30°C – 70°C	IP67
Спутниковый передатчик	100 000	-50°C – 85°C	IP68

Из таблицы 3 наблюдается, что промышленные и военные РЭУ имеют значительно более высокие показатели надежности по сравнению с бытовыми устройствами [5].

Эффективность РЭУ зависит от множества факторов, включая энергопотребление, устойчивость к помехам и надежность. Оптимальное сочетание этих параметров позволяет создавать устройства, способные работать в самых сложных условиях. Современные технологии, такие как адаптивная обработка сигналов и новые материалы, продолжают расширять возможности радиотехники, делая ее более эффективной и долговечной.

Список литературы

1. Авторское свидетельство № 313314 А1 СССР, МПК H04N 17/00. Устройство для настройки радиотехнических устройств: № 1373163/26-9: заявл. 05.11.2023: опубл. 31.08.2023 / Е. В. Антонов, К. М. Демченко, Е. Ф. Каулин [и др.]. – EDN HLTAIZ.
2. Столбиков, А. В. Устройство для подгонки элементов радиотехнических устройств / А. В. Столбиков, Г. П. Шопин // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. – 2022. – Т. 3, № 2. – С. 24-28. – EDN OIEHPB.
3. Авторское свидетельство № 144640 А1 СССР, МПК H04L 7/04, H04L 5/26. Устройство для программной перестройки радиотехнических устройств на заранее заданные фиксированные частоты: № 688470: заявл. 10.12.2023: опубл. 01.01.2023 / Л. И. Гончар, А. И. Ставицкий. – EDN YGCLAQ.
4. Патент № 2124269 С1 Российская Федерация, МПК H04B 7/00, H04B 17/00, H04W 24/00. Устройство для оценки радиотехнических характеристик устройства мобильной связи: № 96124663/09: заявл. 27.12.2024: опубл. 27.12.2024 / К. Йонг-Ил; заявитель Самсунг Электроникс Ко., ЛТД. – EDN ZODZYS.

References

1. Author's Certificate No. 313314 A1 USSR, IPC H04N 17/00. Device for Tuning Radio Engineering Equipment: No. 1373163/26-9: filed November 5, 2023; published August 31, 2023 / E. V. Antonov, K. M. Demchenko, E. F. Kaulin [et al.]. – EDN HLTAIZ.
2. Stolbikov, A. V., & Shopin, G. P. Device for Adjusting Elements of Radio Engineering Equipment. In Collection of Scientific Papers Based on the Materials of the International Scientific and Practical Conference, 2022, Vol. 3, No. 2, pp. 24–28. – EDN OIEHPB.
3. Author's Certificate No. 144640 A1 USSR, IPC H04L 7/04, H04L 5/26. Device for Software Retuning of Radio Engineering Equipment to Predetermined Fixed Frequencies: No. 688470: filed December 10, 2023; published January 1, 2023 / L. I. Gonchar, A. I. Stavitsky. – EDN YGCLAQ.
4. Patent No. 2124269 C1 Russian Federation, IPC H04B 7/00, H04B 17/00, H04W 24/00. Device for Evaluating Radio Engineering Characteristics of a Mobile Communication Device: No. 96124663/09: filed December 27, 2024; published December 27, 2024 / K. Yong-Il; applicant: Samsung Electronics Co., Ltd. – EDN ZODZYS.