

Усачев Евгений Иванович, студент,
Государственный университет аэрокосмического
приборостроения, г. Санкт-Петербург

ЭТАПЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ STAGES OF IMPROVEMENT OF DIAGNOSTIC SUPPORT OF RADIO-ELECTRONIC EQUIPMENT

Аннотация: В данной статье рассмотрены этапы совершенствования диагностического обеспечения радиоэлектронной аппаратуры.

Abstract: This article discusses the stages of improving the diagnostic support of electronic equipment.

Ключевые слова: радиоэлектронная аппаратура, диагностическое обеспечение, диагностика, контроль работоспособности.

Keywords: radio-electronic equipment, diagnostic support, diagnostics, health monitoring.

Введение

Современные системы радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) важны в разных областях – от телекоммуникаций до обороны. Их эффективность зависит от надежности компонентов и своевременного выявления неполадок. Поэтому создание диагностического обеспечения РЭА является ключевой задачей для улучшения эксплуатации и обслуживания [1].

Согласно ГОСТ 20911-89, диагностическое обеспечение включает правила, методы и средства для диагностики на всех этапах жизненного цикла объекта. Это позволяет быстро находить и устранять неисправности, обеспечивая надежность производимой аппаратуры.

Диагностическое обеспечение радиоэлектронных (РЭС) развивалось поэтапно, отражая технологический прогресс, рост сложности аппаратуры и необходимость повышения надежности. Методы диагностики трансформировались от простого визуального контроля до сложных автоматизированных систем на основе машинного обучения.

Подходы к построению диагностического обеспечения радиоэлектронных средств до появления вычислительной техники

Начальный этап развития диагностического обеспечения радиоэлектронной аппаратуры связан с появлением машиностроения и первых механических устройств. Диагностика основывалась на визуальном контроле, ручном анализе и тестировании компонентов. Качество диагностики зависело от квалификации инженеров, поскольку специализированного оборудования и методов объективной оценки тогда не было [2].

На этом этапе использовались неавтоматизированные стенды для проверки электроники, то есть с самого начала начинались попытки автоматизации процессов контроля и диагностики.

Рисунок 1 демонстрирует структурную схему диагностического комплекса для контроля радиоэлектронных средств. Комплекс включал осциллографы, генераторы, авометры, источники питания, переходное устройство и объект контроля. Переходное устройство оснащалось набором полей и трафаретами для настройки режимов работы, позволяя менять схемы подключения объектов к приборам.



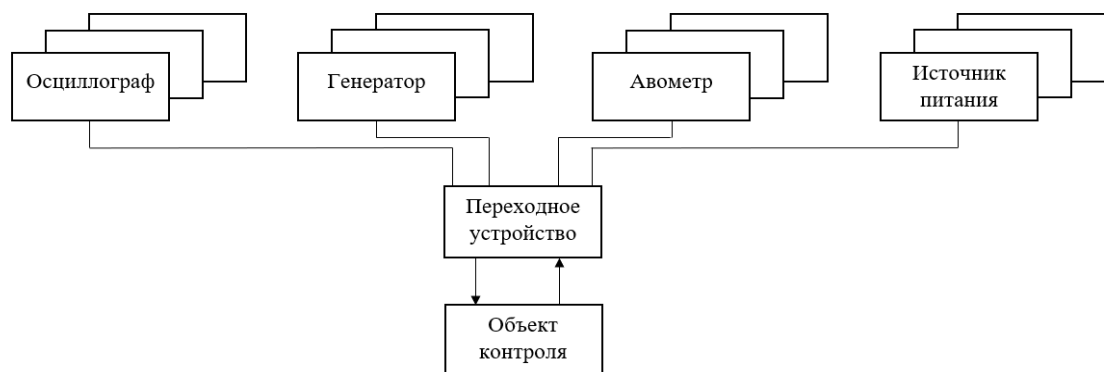


Рисунок 1 – Структурная схема диагностического комплекса для проверки радиоэлектронных средств

Частичная автоматизация диагностики РЭА была сложной из-за отсутствия вычислительной техники, однако ранние методы диагностики имели достоинства: тщательная визуальная проверка позволяла оперативно выявлять проблемы, комплексный подход оценивал состояние системы в разных условиях, использование интуитивных методов помогало адаптироваться к уникальным ситуациям, а работа с аналоговыми приборами развивала технические навыки. Несмотря на эти преимущества, традиционные методики были ограничены по точности и скорости, зависели от квалификации специалистов, не позволяли обрабатывать большие объемы данных и были недостаточно стандартизованы. Эти недостатки стимулировали дальнейшее развитие диагностического обеспечения РЭА.

Построение диагностического обеспечения радиоэлектронных средств с появлением персональных компьютеров

Появление персональных компьютеров (ПК) в 1980-1990-х годах значительно повлияло на развитие диагностического оборудования для радиоэлектронных средств, повысив уровень автоматизации, точности и эффективности. Благодаря ПК диагностика стала быстрее и точнее, а управление сложными процессами, сбор и анализ данных выполнялись с помощью улучшенных диагностических комплексов. Структурная схема диагностического комплекса с использованием ПК показана на рисунке 2. Метрологические приборы по-прежнему подключаются вручную через переходное устройство, но подключение установок тестового контроля (УТК) к ПК позволяло выполнять тесты одновременно и в реальном времени, сокращая время диагностики и повышая оперативность выявления неисправностей [3].

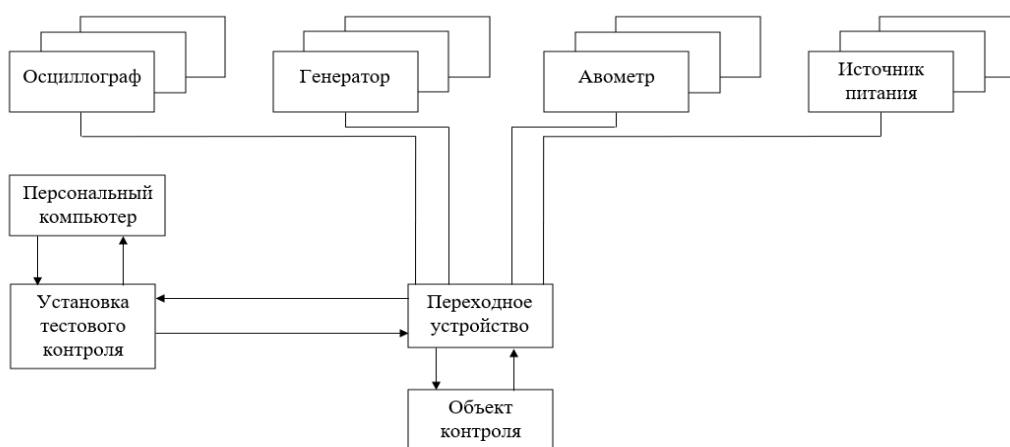


Рисунок 2 – Структурная схема диагностического комплекса с использованием ПК



Использование ПК в диагностике улучшило функциональные возможности оборудования, позволило прогнозировать отказы и анализировать параметры, что помогло специалистам лучше понимать работу устройств и предотвращать проблемы. Однако проблема избыточного количества измерительных приборов оставалась нерешенной.

Несмотря на перспективы, которые открыли ПК для диагностики РЭС, существовали и недостатки, которые необходимо было учитывать. Тем не менее, появление персональных компьютеров подняло диагностическое обеспечение РЭС на новый уровень, улучшив контроль, повысив производительность и снизив риски ошибок, что обеспечило повышенную надежность радиоэлектронных устройств.

Изменения в структуре диагностического обеспечения радиоэлектронных средств с появлением виртуальных метрологических приборов

Технический прогресс привел к значительным изменениям в диагностике радиоэлектронной аппаратуры, включая появление виртуальных метрологических приборов. Они обеспечили универсальность, гибкость и экономию ресурсов, интегрируясь с автоматизированными системами управления. Это позволило автоматизировать тестирование с помощью управления сложными диагностическими комплексами [4]. Рисунок 3 показывает схему комплекса с интерфейсным подключением приборов через ПК, заменяя ручное управление.

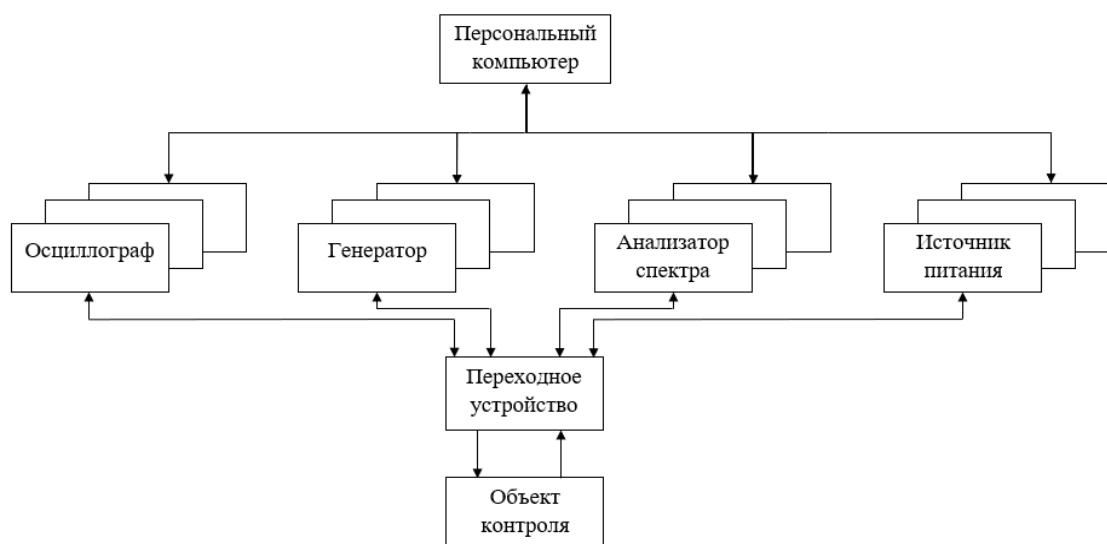


Рисунок 3 – Структурная схема диагностического комплекса с интерфейсным подключением метрологических приборов

Кроме как подключение метрологических приборов к ПК, одним из ключевых аспектов внедрения виртуальных метрологических приборов является возможность объединения нескольких функциональных возможностей в одном устройстве.

Программная основа виртуальных приборов сделала инструменты диагностики гибкими и легко адаптируемыми под разные задачи через обновление программного обеспечения, превосходя традиционные аналоги. Интеграция с автоматизированными системами повысило точность и скорость обработки данных, а также уменьшило ошибки. Однако возникли вызовы: безопасность данных, необходимость подготовки кадров и совместимость систем. Тем не менее, перспективы виртуальных приборов, особенно с развитием искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения, выглядят обнадеживающими.



Современные подходы к построению диагностического обеспечения радиоэлектронных средств

Современные подходы к диагностике радиоэлектронных средств направлены на повышение эффективности и снижение затрат на обслуживание. Ключевая тенденция – внедрение встроенных средств самодиагностики, позволяющих устройствам автоматически выявлять неисправности и информировать операторов. Интеллектуальные датчики отслеживают состояние системы в реальном времени, а ИИ и машинное обучение анализируют данные для предсказания сбоев, повышая надежность оборудования.

Модульный принцип построения РЭС упрощает диагностику и ремонт, сокращая затраты на техобслуживание. Автоматизация тестирования и диагностики реализуется с помощью автоматизированных стендов и систем мониторинга.

Развитие интернета вещей позволило осуществлять удаленный мониторинг и диагностику оборудования в реальном времени, вне зависимости от местоположения инженера. Стандартизация протоколов обмена данными между компонентами РЭС и внешними системами обеспечивает совместимость оборудования разных производителей, облегчая интеграцию и обслуживание. Учитываются внешние факторы, такие как температура, влажность, вибрации и электромагнитные помехи, чтобы точнее оценивать состояние оборудования и прогнозировать проблемы. Для моделирования поведения РЭС в различных условиях применяются цифровые двойники и виртуальные симуляции.

Таким образом, современные решения адаптированы под специфические потребности различных отраслей, что обеспечивает максимальную эффективность в определённых условиях эксплуатации.

Список литературы:

1. Столбинский Д.В., Бем П.П., Андреев В.А. Методы обеспечения надежности радиоэлектронных устройств // Научные технологии в космических исследованиях Земли. 2022. Т. 14. № 6. С. 3539.
2. История развития технической диагностики, URL: <https://studfile.net/preview/9488475/page:8/>
3. Появление персональных компьютеров и начало формирования новой «компьютерной» технологии, URL: <https://www.top-personal.ru/officeworkissue.html?35>
4. Атамалян Э. Г. Приборы и методы измерения электрических величин: Учеб. пособие для вузов. М.: Дрофа, 2005. 415 с.

