

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 550.835.232

Медведева  
Мария Владимировна

**«Амплитудный тракт энергетического спектрометра гамма-излучения»**

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук  
по специальности 1-39 81 03 «Информационные радиотехнологии»

---

Научный руководитель

Сацук Сергей Михайлович  
доцент, кандидат технических наук

---

Минск 2020

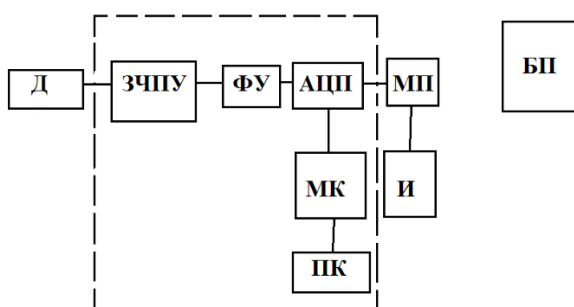
# АМПЛИТУДНЫЙ ТРАКТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СПЕКТРОМЕТРА ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ

Спектрометр - оптический прибор, используемый в спектроскопических исследованиях для накопления спектра, его количественной обработки и последующего анализа с помощью различных аналитических методов. Анализируемый спектр получается путём регистрации флуоресценции после воздействия на исследуемое вещество каким-либо излучением (рентгеновским или лазерным излучением, искровым воздействием и др.). Обычно измеряемыми величинами являются интенсивность и энергия излучения. Порядок преобразования сигнала в спектрометрическом тракте происходит под действием внешнего ионизирующего излучения в детекторе, где формируется сигнал, который направляется далее в предусилитель. В предусилителе (ПУ) импульс тока с детектора преобразуется в импульс напряжения, величина которого пропорциональна энергии поглощенного излучения. Предусилитель помещается на минимальном расстоянии от детектора для минимизации уровня шума на его выходе. От предусилителя сигнал передается на усилитель. С помощью усилителя сигналы, поступающие с предусилителя, формируются и усиливаются в соответствии с требованиями последующего анализа. В результате линейного усиления на выходе получают сигналы с амплитудой до 10В. Коэффициент усиления может программно регулироваться в широком диапазоне. Функция формирования сигнала принципиально важна для получения высококачественного спектра, в результате оптимизации отношения сигнал/шум. Преобразование амплитуд сигналов, поступающих с усилителя, выполняет АЦП. На выходе АЦП поступает сигнал в двоичном коде пропорциональный амплитуде поступившего от детектора сигнала. Цифровой сигнал обрабатывается в программной среде.

В данной диссертации по теме: «Амплитудный тракт энергетического спектрометра гамма-излучения» поставлены цели: разработать и спроектировать амплитудный тракт энергетического спектрометра гамма-

излучения. Проектируемое устройство должно обладать схожими или превосходящими характеристиками по сравнению с уже производимыми устройствами. Задачи работы: проанализировать различные спектрометрические тракты и их составляющие части, имеющиеся на рынке. По результатам анализа определить наиболее оптимальные варианты схемотехнических и конструктивных решений для данного изделия; разработать принципиальные электрические схемы и конструкцию изделия; используя полученные результаты изготовить отдельные узлы амплитудного тракта энергетического спектрометра, используя для этого необходимые электронные компоненты. Произвести технико-экономическое обоснование затрат на производство данного изделия. Осветить вопрос охраны труда в области нормализации акустических условий труда при проектировании и производстве изделия.

Несмотря на все достоинства цифровых спектрометрических трактов гамма-излучения, на мой взгляд, аналоговые им не уступают. В данном случае аналоговые спектрометрические тракты имеют довольно значимое превосходство, так как при проектировании и создании данного тракта, он является на много дешевле, что играет важную роль в данном проекте. На рисунке 1 представлена структурная схема амплитудного спектрометрического тракта гамма-излучения, где пунктиром обозначена часть, разработка и проектирование которой осуществляется в данной работе.



Д – детектор, ЗЧПУ – зарядочувствительный предусилитель, ФУ – формирующий усилитель, АЦП – аналого-цифровой преобразователь, МК – микроконтроллер, ПК – персональный компьютер

Рисунок 1 – Структурная схема спектрометрического тракта

Для снижения времени возвращения сигнала к нулевому уровню, фильтрации собственных шумов детектора и исключения возможной нестабильности связи между детектором и усилителем-формирователем сигнала в спектрометрических трактах применяется так называемая схема компенсации полюса нулем. Работа предложенной схемы спектрометрического тракта была смоделирована в программном симуляторе *Spice*. По результатам симуляции можно сделать вывод, что усилитель-формирователь кроме масштабирования сигнала значительно укорачивает экспоненциальный спад импульса, снимаемого с ФЭУ, и формирует импульс квазигауссовой формы. Сигнал с ДНУ переходит из высокого в низкий уровень при снижении амплитуды импульса до величины опорного напряжения, приводя систему в исходное состояние. Это позволяет дискриминировать наложенные импульсы и минимизировать влияние шумов на получаемые данные о принятом гамма-кванте.

Амплитуды поступающих сигналов с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП) конвертируются в цифровые коды. В спектрометрических АЦП предъявляются жесткие требования к интегральной ( $< 0,1\%$ ) и дифференциальной ( $< 1\%$ ) нелинейностям. На входе такие АЦП содержат схему линейного пропускания, с помощью которой измерительный тракт блокируется на время преобразования каждого импульса. На входе этого тракта используется формирующий усилитель ФУ, имеющий постоянные времени формирующих цепей гораздо меньшей величины по сравнению с соответствующими постоянными в основном ФУ. Режектор наложений (РН) определяет факты наложений импульсов, т.е. случаи, когда с детектора приходят сигналы, сдвинутые во времени на величину, меньшую, чем длительность импульса на выходе ФУ. При этом формируется сигнал запрета, поступающий на управляющий вход схемы линейного пропускания в составе АЦП. Таким образом, в зависимости от характера наложения, запрещается преобразование одного или обоих сигналов в АЦП, так как их амплитуда

искажена наложением. Традиционный подход к проектированию аппаратуры регистрации для нейтронных и гамма-диагностик заключается в применении спектрометрических аналого-цифровых преобразователей (АЦП) и схем аналоговой обработки импульса.

В амплитудном спектрометрическом тракте могут быть использованы два вида блоков питания: блок питания низкого напряжения и блок питания высокого напряжения. Источник электропитания может быть интегрированным в общую схему, выполненным в виде модуля, или даже расположенным в отдельном помещении. Для питания узлов спектрометрического тракта приведен блок питания низкого напряжения. Входным напряжением для него является +7,5В, которое вырабатывается адаптером AC-DC из 220 В лабораторной сети.

Создание конструкции, наиболее полно отвечающей потребностям производства и эксплуатации, а также отвечающей основным критериям технологичности, это является основной задачей конструирования. В целях уменьшения габаритов и массы аппаратуры, обеспечения повторяемости параметров и использования оборудования выбран печатный монтаж. Все компоненты устройства будут расположены на печатной плате.

В данной диссертации по теме «Амплитудный тракт энергетического спектрометра гамма-излучения» была рассмотрена проблематика и опасность ядерного излучения для человека и окружающей среды в целом. Были произведены исследования спектрометрического тракта, Проанализировав различные спектрометрические тракты и их составляющие части, имеющиеся на рынке, по результатам анализа определился наиболее оптимальный варианты схемотехнических и конструктивных решений для данного изделия. Были рассмотрены различные варианты изготовления и эксплуатации, после чего был реализован оптимальный вариант изготовления составляющей части спектрометрического тракта в аналоговом исполнении, так как это является более целесообразным решением для поставленных задач, и экономически выгоднее. После рассмотрения теоретической части задачи, была рассмотрена

практическая реализация данного устройства, был произведен расчет и выбор комплектующих устройства, а также, реализация взаимодействия этих комплектующих. Разработаны принципиальные электрические схемы и конструкция изделия, а также используя полученные результаты были изготовлены отдельные узлы амплитудного тракта энергетического спектрометра, используя для этого необходимые электронные компоненты.

Также был произведен расчет себестоимости и цены амплитудного тракта энергетического спектрометра гамма-излучения. А также рассмотрен вопрос об охране труда при эксплуатации и реализации проекта.

Область применения спектрометрического тракта обширна, он может быть использован при создании спектрометрических систем, предназначенных для ядерных объектов, лабораторий или производств, занятых решением энергетических измерений ядерных материалов.

В данной работе были выполнены теоретические изыскания, разработка и проектирование устройства, соответствующего лучшим аналогам

#### Статьи в сборниках материалов научных конференций

[1-А.] Медведева М.В., Герард А.С., Особенности интерфейса LTE./ М.В. Медведева, А.С. Герард // Тезисы докладов 55-ой юбилейной научной конференции студентов, магистрантов, аспирантов в БГУИР (апрель 2019)., Минск. – Минск: БГУИР, 2018. – С. 111-113.

[2-А.] Медведева М.В., Герард А.С., Синхронизация данных мобильного приложения с данными вебсайта/ М.В. Медведева, А.С. Герард // Тезисы докладов 56-ой научной конференции студентов, магистрантов, аспирантов в БГУИР (апрель 2020)., Минск. – Минск: БГУИР, 2019. – С. 126.