

# Разработка источника питания для рентгеновского аппарата, реализующего двухэнергетичный способ съемки

И. М. Баранов<sup>1</sup>, В. А. Оборозный<sup>2</sup>, А. А. Клянчина<sup>3</sup>

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

<sup>1</sup>ibaranov@gmail.com, <sup>2</sup>vaoborozhnyi@stud.etu.ru, <sup>3</sup>klyanchinaanna@gmail.com

**Аннотация.** Описан блок питания рентгеновской трубки, обеспечивающий работу источника излучения в режиме непрерывного перестроения по напряжению. Блок позволяет изменять амплитуду рабочего напряжения в 2–4 раза с частотой свыше 30 Гц, что дает возможность реализовать двухэнергетическую схему рентгеновской съемки в режиме реального времени по принципу «один источник – один приемник», существенно повышая аналитические и эксплуатационные возможности рентгенодиагностических систем.

**Ключевые слова:** двухэнергетическая съемка, рентгенография, регистрация в режиме реального времени

## I. ВВЕДЕНИЕ

Двухэнергетическая рентгеновская съемка является одним из передовых методов рентгенодиагностики, позволяющим улучшить распознаваемость рентгеновских изображений. В настоящее время данный метод реализуется двумя подходами. В первом исследуемый объект подвергается воздействию рентгеновского излучения двух различных энергий, при этом зачастую используются два источника излучения. Во втором применяется многослойный приемник, способный регистрировать мягкое и жесткое рентгеновское излучение. Данные подходы позволяют улучшить распознаваемость рентгеновских изображений, однако есть и недостатки: применение многослойного приемника приводит к ощутимому росту стоимости аппаратуры; двухэнергетическая съемка с двумя источниками приводит к потере резкости рентгеновских изображений ввиду совмещения изображений.

Источник, изменяющий рабочее напряжение в диапазоне нескольких десятков герц, предоставляет возможность применения метода двухэнергетической съемки без недостатков описанных выше подходов и позволяет повысить эффективность работы рентгеновских систем, работающих в режиме реального времени.

## II. КОНЦЕПЦИЯ УСТРОЙСТВА

В связи с вышеизложенным, кафедрой электронных приборов и устройств СПбГЭТУ проводится разработка схемы управления питанием рентгеновского аппарата РАП-200 [1].

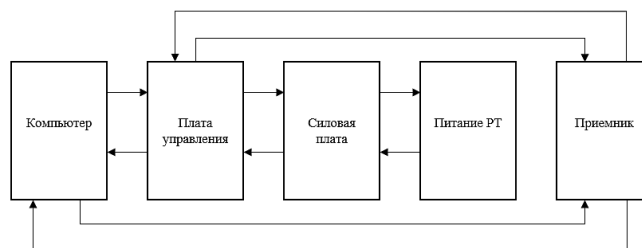


Рис. 1. Схематичное изображение взаимодействия

Управление источником рентгеновского излучения представляет собой комплекс аппаратных и программных средств, регулирующих параметры работы рентгеновской трубки. Основными компонентами данной системы являются силовая плата и плата управления, обеспечивающие стабильную работу источника излучения.

Источник питания платы управления представляет собой преобразователь из напряжения постоянного тока 12 В с силовой платы в напряжение постоянного тока 3,3 В с выходным током 1 А для питания микроконтроллера, остальных микросхем и дисплея для возможности работы без ПК.

Плата управления включает в себя микроконтроллер с напряжением питания 3,3 В и тактовой частотой 72 МГц, который выполняет обработку команд, поступающих от оператора через персональный компьютер посредством Ethernet контроллера. Данный протокол позволяет передавать управляющие сигналы и получать диагностические данные о состоянии системы.

После обработки команд от оператора микроконтроллер генерирует аналоговые сигналы с помощью встроенного цифро-аналогового преобразователя (ЦАП). Для данной задачи микроконтроллер имеет три 12-битных модуля, позволяющих с разрешающей способностью 0,805 мВ регулировать сигналы. Эти сигналы представляют собой управляющие параметры, такие как напряжение и ток рентгеновской трубки.

Ввиду необходимости обеспечения стабильности параметров рентгеновской трубки используются аналоговые сигналы обратной связи, обрабатываемые тремя встроенными 16-битными аналого-цифровым преобразователями (АЦП) с разрешающей способностью 0,05 мВ.

Для усиления сигнала с ЦАП и сигналов обратной связи источника питания рентгеновской трубки применяются операционные усилители в исполнении неинвертирующего усилителя с напряжением питания, равным 12 В, и выходным напряжением до 12 В и током до 15 мА.

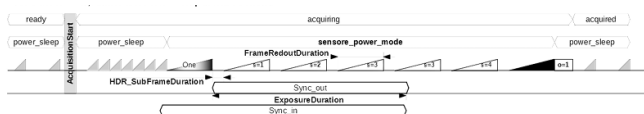


Рис. 2. Тактовые диаграммы работы детектора

Для синхронизации работы рентгеновского источника с плоскпанельными приемниками в системе предусмотрены выходы и входы для синхронизации у приемника и платы управления. Детектор вместе с его прошивкой и программным обеспечением образует универсальную систему для рентгеновской визуализации.

В дополнение к получению одного изображения в системе реализована возможность хранить несколько изображений в буфере. В таком случае может быть получено несколько изображений, каждое из них с более низкой экспозицией. Полученные изображения затем усредняются и поскольку все вычисления происходят внутри детектора, передается только одно результирующее изображение. Это позволяет микроконтроллеру синхронизировать свои действия с

приемником, обеспечивая поочередное снятие изображений на двух различных энергиях с частотой порядка десятков Гц.

В настоящее время проводятся испытания опытного образца и его тестирование в непрерывном режиме работы с частотой до 50 Гц в диапазоне от 20 кВ до 180 кВ.

### III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение предлагаемого метода съемки с использованием одного источника и детектора позволит расширить возможности рентгенодефектоскопических систем и рентгеновской компьютерной томографии на различных напряжениях [2].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Метод двухэнергетичной рентгенографии в режиме реального времени с использованием одного источника рентгеновского излучения / Баранов И.М., Александрова А.А., Гук К.К., Холопова Е.Д., Хлебникова Е.А., Грязнов А.Ю. // X Всероссийская научно-практическая конференция производителей рентгеновской техники. Программа и материалы конференции, Санкт-Петербург, 24 нояб. 2023 / Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Санкт-Петербург, 2023. С. 59-61.
- [2] В.Б. Бессонов, А.Ю. Грязнов, И.А. Ларионов [и др.]. Разработка алгоритма поиска дефектов на томографических срезах для исследования композитных материалов методом микрофокусной томографии // Физические основы приборостроения. 2020. Т. 9. № 4(38). С. 60-63.