

**ПРИБОРЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ
В ЛАБОРАТОРИЯХ**

УДК 621.384.6

**ПРИМЕНЕНИЕ УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ УМП-300 В СИСТЕМЕ СВЧ-
ПИТАНИЯ ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОНОВ ЛИНАК-200**

© 2024 г. А. Н. Трифонов, Д. Е. Донец, В. В. Кобец, Д. О. Понкин, И. В. Шириков

Поступила в редакцию 19.07.2023 г.

После доработки 08.09.2023 г.

Принята к публикации 20.11.2023 г.

Линейный ускоритель электронов ЛИНАК-200 в Объединенном институте ядерных исследований (г. Дубна) предназначен для проведения исследований в области физики и техники ускорителей, разработки и создания детекторов элементарных частиц, а также фундаментальных и прикладных исследований в области материаловедения и радиобиологии [1].

Одной из основных подсистем ЛИНАК-200 является система СВЧ-питания. В системе предварительного возбуждения СВЧ-питания ускорителя в качестве первоначального синтезатора частоты используется серийный генератор SG384 компании Stanford Research Systems, который вырабатывает сигнал основной ускоряющей частоты 2856 МГц малой мощности. Сигнал частотой 2856 МГц усиливается по мощности до 100 Вт. Для усиления сигнала до 100 Вт используется самостоятельно разработанный предусилитель – усилитель мощности предварительный (УМП-300). Усиленный до 100 Вт СВЧ-сигнал возбуждает первый клистрон, основная часть мощности которого используется для питания чоппера, прегруппирователя, группирователя и первой секции ускорителя. Через аттенюатор (18 дБ) часть СВЧ-мощности первого клистрона разводится волноводом прямоугольного сечения по клистроном ускорительных станций.

Усилитель мощности УМП-300 предназначен для усиления по мощности сигналов частоты диапазона от 2450 до 2950 МГц. Максимальная мощность выходного сигнала составляет 300 Вт. Структурная схема УМП-300 представлена на рис. 1. Входной сигнал от источника сигнала с уровнем +2–4 дБ усиливается линейкой усилительных

Рис. 1

твердотельных модулей Ophir RF MODEL 5303023 до уровня 1–2 Вт и подается на вход двухкаскадного усилителя на триодных коаксиально-волноводных модулях 1УИ-03/02-1. Режим работы триодных каскадов – импульсный, с анодной модуляцией.

Импульсный модулятор выполнен на высоковольтных IGBT-транзисторах Ixus IXEL40N400. Длительность импульса анодного напряжения регулируется от 1 до 10 мкс, выходная мощность регулируется величиной амплитуды импульса анодного напряжения от 0 до 1.5 кВ, эта мощность может достигать величины 400 Вт и более в зависимости от уровня анодного напряжения.

Сигнал с выхода второго триодного каскада поступает на направленный ответвитель с развязкой между каналом прямой волны и каналами падающей и отраженной волн 30 дБ. Сигнал выхода прямого канала поступает на выходной разъем, а сигналы с каналов прямой и отраженной волн подаются на измерительную плату с СВЧ-детекторами и импульсными усилителями огибающей СВЧ-сигнала. Огибающая прямой и отраженной волн подается на выходные разъемы ПАД и ОТР, находящиеся на передней панели усилителя, и на АЦП блока управления и контроля.

Блок управления и контроля позволяет управлять выходной мощностью, задержкой и длительностью импульса модулятора, а также обеспечивает мониторинг основных параметров усилителя.

Для управления усилителем УМП-300 было разработано программное обеспечение, интегрированное в автоматизированную систему контроля и управления ускорителем ЛИНАК-200, которая разработана на основе инструментария Tango Controls.

Программное обеспечение Tango можно разделить на две части – серверную и клиентскую. На серверном уровне осуществляется обмен данными с усилителем по протоколу Modbus. Серверная часть программного обеспечения реализована на языке Python с использованием модулей PyTango [2] и PyModbus [3].

Клиентский уровень, программное обеспечение которого реализовано на языке C++ с использованием фреймворка Qt5 и библиотеки QTango [4], предоставляет собой графический интерфейс для управления усилителем УМП-300. Клиентская часть программного обеспечения позволяет включать и выключать подачу сигнала на выходе усилителя, изменять значение анодного напряжения, а также контролировать значение мощности импульса на выходе усилителя.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена при поддержке Объединения молодых ученых и специалистов ОИЯИ (грант № 23-203-03).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Trifonov A., Brukva A., Gostkin M., Demin D., Kobets V., Nozdrin M., Shabratov V., Shirkov G., Yunenko K., Zhemchugov A., Zhuravlyov P.* // *Proceed. of Science.* 2022. V. 414. P. 1094. DOI: 10.22323/1.414.1094
2. PyTango. <https://pytango.readthedocs.io>
3. PyModbus. <https://pymodbus.readthedocs.io>
4. *Strangolino G., Asnicar F., Forch`I V., Scafuri C.* // *Proceed. of the 12th International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems (ICALEPCS2009)*, Oct. 12–16 2009. Kobe. 2009. P. 865.

Адрес для справок: Россия, 141980, Дубна, ул. Жолио-Кюри, 6; Объединенный институт ядерных исследований. E-mail: trifonov@jinr.ru

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис. 1. Структурная схема усилителя УМП-300.

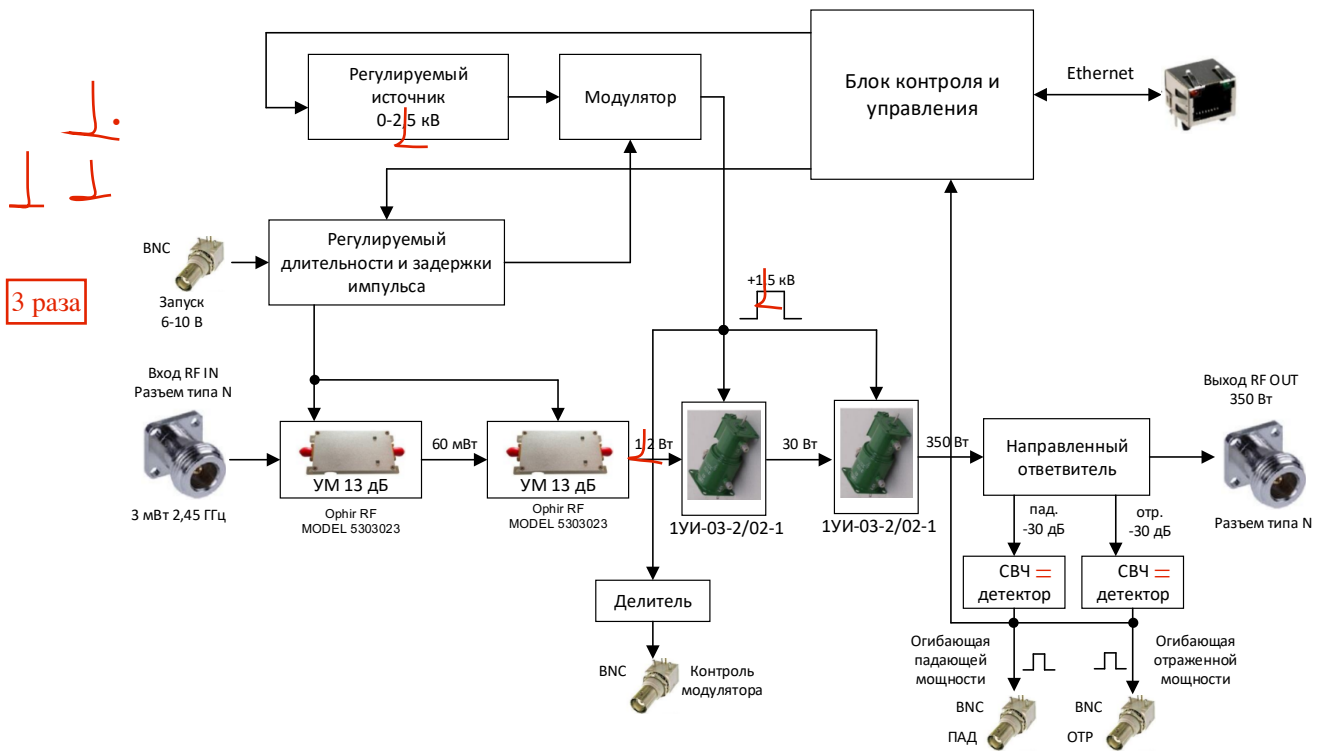


Рис. 1.

Для связи с автором:

Трифонов Алексей Николаевич

E-mail: trifonov@jinr.ru