

Ю.Ю. ЛОЗЕЕВ, Т.А. ЛОЗЕЕВА, Г.Б. ШАРКОВ, А.А. МОРОЗОВ  
*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия*

## **РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ НА БАЗЕ НИЯУ «МИФИ» СУММАТОРОВ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ**

Представлены результаты разработки и измерений набора сумматоров высокой высокочастотной мощности, входящих в состав твердотельных усилителей (ТТУ) для питания резонаторов ускорителей заряженных частиц. Рассмотрены примеры устройств, способных работать в VHF и UHF диапазонах частот с мощностями до сотен кВт в импульсном и непрерывном режимах. Различные принципы объединения мощности (вместе с возможностями электронных компонент) позволяют создать широкую линейку надежных твердотельных усилителей для питания ускорителей ионов и кольцевых ускорителей электронов.

Y.Y. LOZEEV, T.A. LOZEEVA, G.B. SHARKOV, A.A. MOROZOV  
*National Research Nuclear University MEPHI (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow, Russia*

## **R&D AND MANUFACTURING OF RF POWER COMBINERS FOR SOLID-STATE AMPLIFIERS BASED ON NRNU “MEPHI”**

The results of solid-state amplifier RF power combiners R&D and measurements are presented in this paper. These solid-state amplifiers are often used to power the cavities of particle accelerators. The combining devices capable of working in VHF and UHF bands with up to hundreds kW output power in CW and pulsed modes, using various combining techniques together with the capabilities of electronic components allow for the wide and reliable assortment of SSAs for ion linac and electron rings power.

В последние годы все больше ускорительных комплексов переходят на системы питания резонаторов на основе твердотельных усилителей [1-3]. Такие системы обладают высокой надежностью, ремонтпригодностью и хорошим качеством выходного сигнала. Достигается высокая надежность ТТУ прежде всего за счет модульности – усилитель состоит из некоторого количества независимых взаимозаменяемых усилительных ячеек. В такой структуре ТТУ одним из важных элементов является система суммирования мощности с усилительных ячеек. Суммирование при работе с большими уровнями мощности происходит в элементах ВЧ-трактов – волноводах и резонаторах. В данной статье представлены сумматоры мощности на основе коаксиального волновода прямоугольного сечения и сумматор на основе прямоугольного волновода.

Линейка сумматоров на рабочей частоте 81,25 МГц на основе коаксиальных волноводов прямоугольного сечения позволяет работать с уровнями мощности до 200 кВт в импульсном режиме при двух возможных архитектурах ТТУ. Компактный и удобный форм фактор дает разместить сумматоры непосредственно в усилительной стойке. Данная линейка сумматоров предназначена для питания резонаторов линейного ускорителя ионов.

Сумматор на основе прямоугольного волновода с возбуждающими антеннами предназначен для работы с уровнем мощности 500 кВт в непрерывном режиме на частоте 500 МГц. Сумматор имеет 16 входов, каждый из которых переносит около 32 кВт непрерывной мощности, антенны оснащены системой охлаждения. Такой сумматор может являться финальной ступенью объединения мощности в ТТУ для питания резонаторов колец электрон-позитронных коллайдеров, источников синхротронного излучения и т.д. Для отработки технологий производства такого сумматора был разработан, изготовлен, настроен и измерен макет сумматора на основе прямоугольного волновода на 4 входа. После настройки результаты измерений с высокой степенью точности соответствуют расчетным характеристикам макета. Сумматор 4-1 спроектирован и изготовлен силами центра проектирования и прототипирования НИЯУ «МИФИ».

Разработка, проектирование и изготовление линейки сумматоров мощности с различными характеристиками позволило наработать компетенции в области создания твердотельных усилителей.

### *Список литературы*

1. J. Jacob, J.-M. Mercier, M. Langlois, G. Gautier // Proc. of IPAC2011, San Sebastian, Spain, P. 71-73
2. A.D. Yeremian, C. Adolphsen, J. Chan, G. DeConteras, K. Fant and C. Nantista // Proc. of SRF2015, Whistler, BC, Canada, P. 562-565
3. D. Horan, D. Bromberek, N. P. DiMonte, A. Goel, T. Madden, A. Nassiri, G. Trento, G. J. Waldschmidt // Proc. of IPAC2021, Campinas, SP, Brazil, P. 2335-2338