

ГЕНЕРАТОР ЗАПУСКА ЛИНЕЙНОГО РЕЗОНАНСНОГО УСКОРИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОНОВ TRIGGER GENERATOR OF LINEAR RESONANCE ELECTRON ACCELERATOR

М. В. Сусяков, С. М. Придчин
M. V. Suslyakov, S. M. Pridchin

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»,
пр. Мира, 37, Саров, Нижегородская область, 607188, Россия
Russian Federal Nuclear Center – All-Russian Research Institute of Experimental Physics
(RFNC-VNIIEF)

Генератор запуска предназначен для работы в составе пульта управления линейного резонансного ускорителя электронов в качестве тактового генератора, обеспечивающего формирование управляющих сигналов (сигналов запуска) на модулятор магнетрона (ММ) и модулятор электронной пушки (МЭП), с параметрами, задаваемыми оператором при помощи органов управления прибора.

A trigger generator is meant for operation as a component of control desk of linear resonance electron accelerator as a clock generator, providing formation of control signals (initiation signals) on a magnetron modulator (MM) and an electron gun modulator (EGM), with parameters, specified by the operator with the aid of device controls.

При использовании отдельного высоковольтного питания магнетрона и инжектора электронов, в отличие от использования одного импульсного модулятора, появляется возможность расширения режимов работы ускорителя при проведении экспериментов по воздействию ускоренного пучка электронов на облучаемые объекты [1]. На линейных резонансных ускорителях электронов ЛУ-10-20, ЛУ-7-2, ЛУ-8-2 [2,3], эксплуатируемых в РФЯЦ-ВНИИЭФ, реализовано отдельное питание модулятора магнетрона (ММ) и модулятора электронной пушки (МЭП). При проведении экспериментов по воздействию ускоренного электронного пучка на мишени, материалы и приборы возникает необходимость формирования на выходе ускорителя различных серий импульсов тока – от однократного до непрерывной последовательности. Возникает необходимость настройки частоты следования импульсов, длительности этих импульсов, а также смещения импульсов запуска модулятора электронной пушки относительно импульсов запуска модулятора магнетрона.

Для реализации указанных требований были разработаны несколько модификаций электронных блоков (отличающиеся по конструкции), обеспечивающие генерацию сигналов запуска ММ и сигналов запуска МЭП в соответствии с заданными параметрами, определяющими: число импульсов, формируемых на выходе ускорителя в

сеансе работы; длительность импульсов; частоту следования импульсов; задержку (смещение) импульса запуска МЭП относительно импульса запуска ММ.

Управление задержкой обеспечивает выполнение быстрого перехода из режима стабилизации СВЧ системы (при максимальной задержке) в режим генерации пучка электронов (совмещение импульсов с заданной задержкой).

Параметры могут быть заданы при помощи элементов управления и индикации с передней панели электронного блока – блока запуска или из управляющей программы компьютера пульта управления ускорителя.

Внешний вид панели управления блока запуска показан на рис. 1.

Во включенном состоянии блок запуска может находиться в одном из трех режимов: ручной режим, режим установки параметров, автоматический режим.

При подаче питания на блок запуска он переходит в ручной режим. При этом, на выходе блока формируется две импульсные последовательности с параметрами, заданными в предыдущем сеансе работы. Но значение задержки устанавливается максимальным – импульсы запуска разведены, импульсы тока на выходе ускорителя не формируются. В ручном режиме возможна подстройка параметров, а также ручное «сведение» импульсов запуска.



Рис. 1. Элементы управления и индикации блока запуска

В режиме установки параметров выполняется задание значений параметров выходных сигналов и их фиксация в энергонезависимой памяти. Переход в режим установки параметров выполняется из ручного режима при нажатии любой кнопки установки параметра («ЗАДЕРЖКА», «УСТАВКА», «ЧАСТОТА», «ДЕЛИТЕЛЬ», «ДЛИТЕЛЬНОСТЬ»), при этом соответствующее поле параметра на индикаторе («d», «УСТАВКА», «Fm», «D», «t») подсвечивается курсором.

Параметр «Задержка» определяет смещение импульса запуска МЭП относительно импульса запуска ММ, устанавливается в диапазоне от микросекунд 1 до 12 мкс с шагом 0,1 мкс.

Параметр «Уставка» задает количество импульсов тока на выходе ускорителя в диапазоне от 1 до $(10^9 - 1)$.

Параметр «Частота» задает значение частоты следования импульсов запуска ММ в диапазоне от 50 до 1000 Гц с шагом 10 Гц.

Параметр «Делитель» задает частоту импульсов запуска МЭП (частота сигналов запуска МЭП формируется из частоты сигналов запуска ММ делением ее на 1, 2, 5, 10, 20, 50 или 100).

Параметр «Длительность» задает длительность импульсов запуска ММ и МЭМ в диапазоне от 1 до 7 мкс с шагом 0,1 мкс.

Изменение значений параметров вызывает соответствующие изменения импульсных последовательностей, формируемых на выходе блока. При завершении установки параметра (повторное нажатие кнопки изменяемого параметра – курсор на индикаторе гаснет), текущее значение параметра запоминается в энергонезависимой памяти для дальнейшего использования.

При установке параметра «Задержка» может быть подобрано рабочее значение задержки импульса запуска МЭП относительно импульса за-

пуска ММ (оптимальная задержка). Это значение фиксируется в энергонезависимой памяти нажатием на кнопку «ФИКС.0» и используется в автоматическом режиме. Значение оптимальной задержки отображается в поле «d» при нажатии на кнопку «КОНТР.0».

Переход в автоматический режим выполняется из ручного режима нажатием на кнопку «ПУСК». В автоматическом режиме на выходе ускорителя формируется серия импульсов тока с заданными параметрами. Число этих импульсов определяется параметром «УСТАВКА», а смещение импульса запуска МЭП относительно импульса запуска ММ определяется параметром «оптимальная задержка». При работе в автоматическом режиме в поле индикации «СЧЕТ» отображается число еще не сформированных импульсов тока. Переход из автоматического режима в ручной выполняется после завершения формирования всех импульсов тока, либо в любой момент нажатием на кнопку «СТОП».

Блок запуска реализован на базе микроконтроллера PIC16F874-20I/P фирмы Microchip и программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС) MAX7000S EPM7160STC100-10 фирмы ALTERA. Для индикации используется алфавитно-цифровой жидкокристаллический индикатор типа DV-20410. Синтез логической структуры и трассировка внутренних связей ПЛИС спроектированы с использованием языка VerilogHDL. Программа для микроконтроллера разработана на языке ассемблера.

Блок запуска реализован в трех конструктивных модификациях. Для ускорителя ЛУ-10-20 блок запуска изготовлен в конструктиве «ВИШНЯ». Для ускорителя ЛУ-7-2 проработана конструкция, обеспечивающая встраивание блока запуска в консоль пульта управления. Обеспечивается передача сигналов запуска по оптическим кабелям. Для ускорителя ЛУ-8-2 блок запуска реализован в виде двух конструктивных единиц: блока индикации и блока формирования сигналов. Блок индикации встроен в консоль пульта управления, а блок формирования сигналов размещен на задней панели стоки пульта управления. Обеспечивается взаимодействие блока запуска с управляющим компьютером по каналу RS-485.

Использование отдельного высоковольтного питания магнетрона и электронной пушки и разработанные и реализованные технические решения по генерации сигналов запуска позволяют выполнить генерацию выходного пучка ускоренных электронов в соответствии с требованиями проводимого эксперимента.

Список литературы

1. Дворников В. А., Кузьмин И. А., Щедрин И. С. Система управления током пучка в линейном ускорителе электронов У-40 // Научная сессия МИФИ-2006. Том 7. С. 209–210.

2. Гордеев В. С., Завьялов Н. В., Тельнов А. В. и др. Линейный резонансный ускоритель электронов ЛУ-8-2 для дистанционного обнаружения

ВОУ // Труды международной конференции XII Харитоновские тематические научные чтения. 2010, С.106–112.

3. Завьялов Н. В., Тельнов А. В., Хохлов Ю. А. и др. Промышленный линейный ускоритель электронов ЛУ-10-20 // Материалы XV Всесоюзного семинара по линейным ускорителям заряженных частиц. – ВАНИТ. – Сер. Ядерно-физические исследования. – Вып.2,3(29,30), 1997, С. 39–41.