

# РАЗРАБОТКА ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ СИНХРОННОГО ЗАПУСКА ОСЦИЛЛОГРАФОВ

Б. В. Цыганков, В. В. Хвостов

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

В ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» создается линейный индукционный ускоритель электронов ЛИУ-Р [1], предназначенный для использования в импульсной рентгенографии быстропротекающих процессов. Для проведения экспериментальных работ по изучению и оптимизации параметров и режимов его функционирования создан ускоритель ЛИУ-Р-Т (10 МэВ,  $\leq 20$  кА, 60 нс). Для проведения современных физических экспериментов на мощном импульсном линейном ускорителе электронов с характерными временами процессов в единицы и десятки наносекунд создана скоростная многоканальная измерительная автоматизированная системы регистрации (АСР) [2], где в качестве оцифровывающих устройств используются четырехканальные регистраторы с внешним запуском TDS3034В фирмы Tektronix [3].

Учитывая особенности проводимых экспериментов, большое количество осциллографов и время регистрируемых сигналов, разрабатываемая централизованная система синхронного запуска осциллографов (ССЗ) для автоматизированной системы регистрации должна соответствовать следующим требованиям:

- гальваническая изоляция каждого осциллографа друг от друга и от запускающей системы не меньше 6 кВ;
- разброс запуска осциллографов не более  $\pm 1$  нс.

ССЗ имеет блочно-модульный принцип построения, и ее структурная схема системы приведена на рис. 1.

МПГПС генерирует пусковой импульс на одном электрическом выходе, демультиплексор оптических сигналов – выполняет функцию размножения и электрооптического преобразования. Пусковой импульс подается по персонализированным оптическим линиям связи на каждый осциллограф АСР, где впоследствии преобразовывается в электрический сигнал с помощью разработанного оптоэлектронного преобразователя. Каждый преобразователь располагается на задней панели осциллографа и подсоединяются к нему с помощью выходного BNC разъема. Питание каждого преобразователя осуществляется от своего осциллографа напряжением 15 В. Упрощенная электрическая принципиальная схема одного из каналов ССЗ изображена на рис. 2, где демультиплексор оптических сигналов – слева, оптоэлектрический преобразователь – справа.

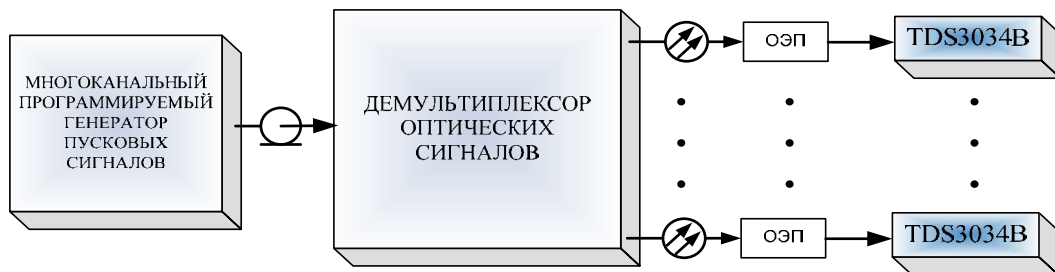


Рис. 1. Структурная схема ССЗ

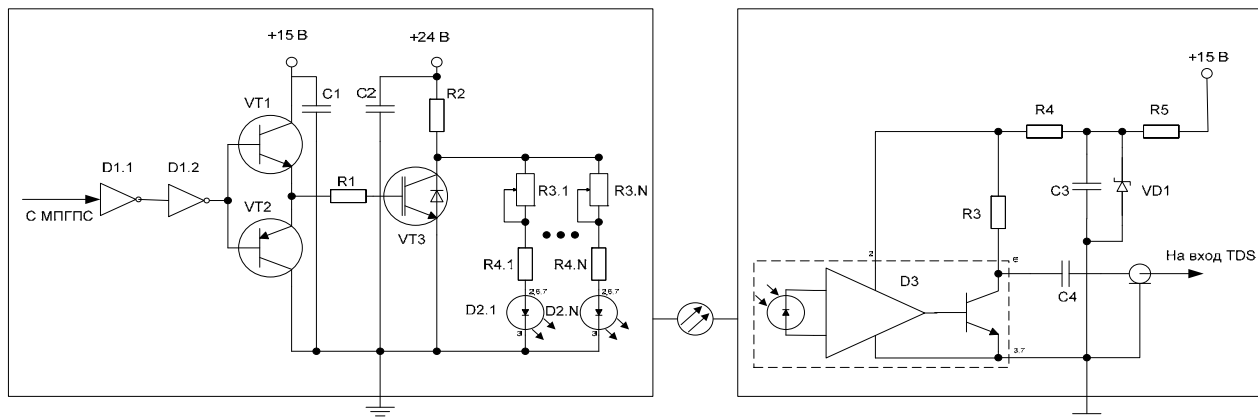


Рис. 2. Электрическая принципиальная схема одного из каналов ССЗ

На схеме: D1 – микросхема K561ПУ7 для согласования сигналов разных уровней; VT1 и VT2 – комплементарная пара транзисторов; C1 и C2 – фильтрующие конденсаторы для напряжения +15 и +24 В соответственно; R1, R2 и R4 – токоограничивающие резисторы; VT3 – мощный переключающий IGBT транзистор; R3 – токозадающие резисторы; D2 – оптоволоконный передатчик HFBR1414MZ; D3 – оптоволоконный приемник HFBR2412T; R4 – токоограничивающий резистор для транзистора выходного каскада приемника; R5, R6 и C3 – фильтр для напряжения питания; R6 и VD1 – стабилизатор входного напряжения; C4 – выходной конденсатор.

В исходном состоянии на электрическом выходе МППС – логический «0». После микросхемы D1 на выходе второго вентиля D1.2 – логический «0». Транзистор VT1 – закрыт, база транзистора VT3 соединена с общей шиной через открытый транзистор VT2, таким образом, транзистор VT3 закрыт и весь ток ограниченный резистором R2 поступает на передающие каскады. В зависимости от R4 и регулировочных резисторов R3.1...R3.N ток делится и поступает на светодиоды оптических передатчиков D2.1...D2.N каждого каскада. Светодиоды передатчиков излучают свечение, которое по оптоволоконным кабелям передается на фотодиоды приемников. На каждом приемнике через открытый транзистор выходного каскада приемника D3 протекает ток ограниченный резистором R4. Конденсатор C4 разряжен. На входе внешнего запуска осциллографа напряжение 0 В.

С приходом фронта нарастания стартового импульса с МППС на выходе второго вентиля D1.2 – логическая «1» напряжением 15 В. Транзистор VT2 – закрывается, а ток через открывающийся транзистор VT1 ограниченный резистором R1 поступает на базу транзистора VT3, который впоследствии открывается, пропуская через себя весь ток ограниченный резистором R2 на общую шину. Светодиоды в передатчиках D2.1...D2.N прекращают свечение. Транзистор выходного каскада приемника D3 закрывается и начинается процесс зарядки конденсатора C4. При длительности стартового импульса конденсатор C4

полностью заряжается. На входе внешнего запуска осциллографа появляется постоянная составляющая питания.

С приходом фронта убывания стартового импульса схема возвращается в исходное состояние и конденсатор C4 начинает разряжаться. По фронту убывания напряжения на конденсаторе пускается осциллограф.

Измерение несинхронности срабатывания осциллографов осуществлялась по структурной схеме изображенной на рис. 3.

На первые каналы осциллографов подавался реперный сигнал частотой 100 МГц с генератора нестабильностью 5,0E-8. На второй канал одного из осциллографов был подключен пусковой сигнал после оптоэлектронного преобразователя. Временная диаграмма с этого осциллографа представлена на рис. 4, где первый канал – реперный сигнал частотой 100 МГц, второй канал – фронт убывания стартового сигнала.

Достаточно большой фронт убывания стартового сигнала позволяет путем регулирования амплитуды стартового сигнала с большей точностью настраивать синхронность запуска осциллографов. Диаграммы проверки несинхронности срабатывания осциллографов приведены на рис. 5,а,б – диаграммы реперного сигнала с первого и второго осциллографов соответственно, после срабатывания ЦССЗО, рис. 5,в – результат графического наложения одной диаграммы на другую с общей точкой в момент запуска.

Из диаграммы 5,в видно разброс запуска осциллографов не превышает  $\pm 1$  нс, что полностью удовлетворяет поставленным требованиям.

Использование ССЗ на АСР электрических параметров линейного индукционного ускорителя позволяет исключить затраты на приобретение дорогостоящего специализированного дополнительного оборудования фирмы Tektronix, не использовать в качестве пусковых сигналов оцифровывающие каналы осциллографов, гальванически развязать каждый осциллограф друг от друга и от запускающей системы.

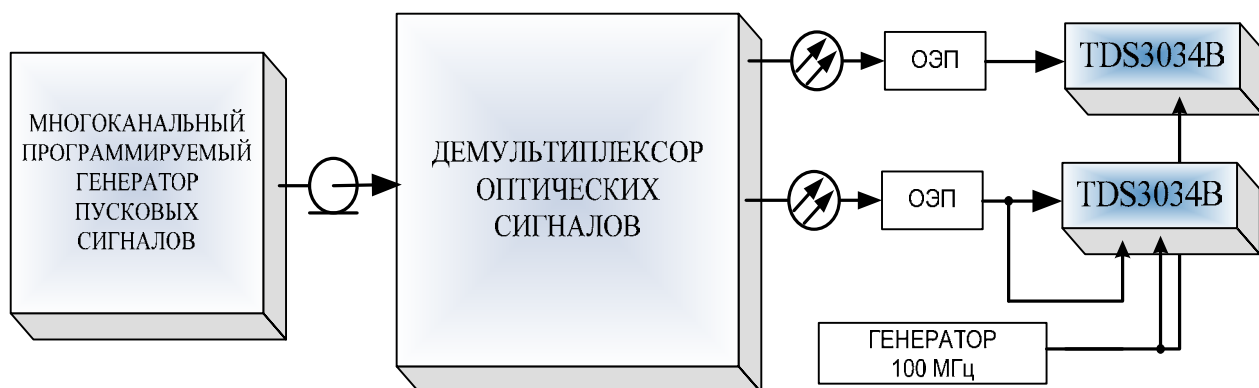


Рис. 3. Структурная схема для проверки несинхронности срабатывания осциллографов

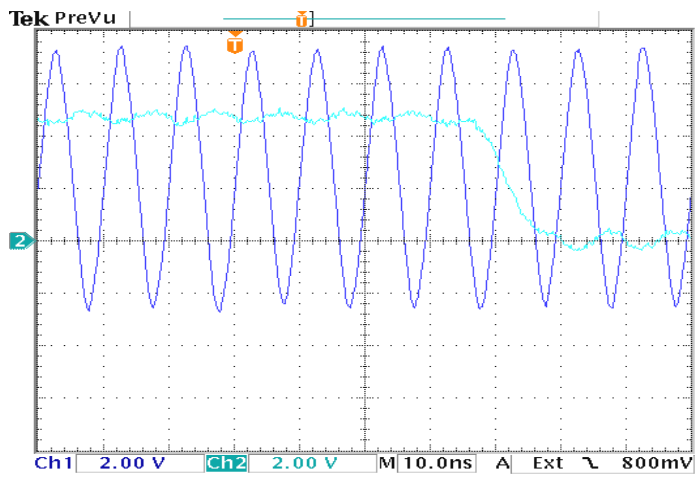
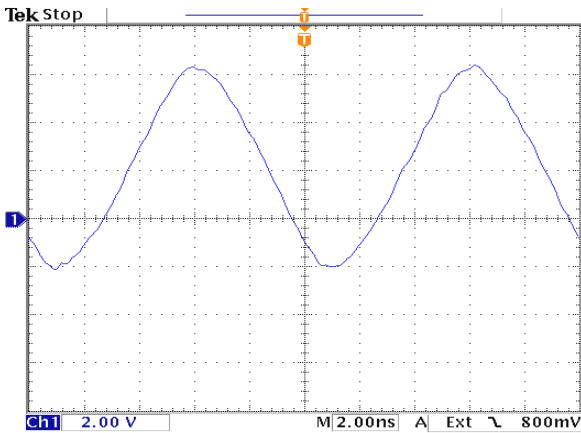
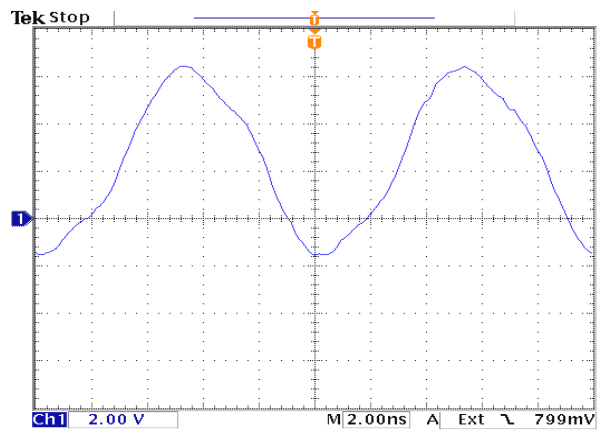


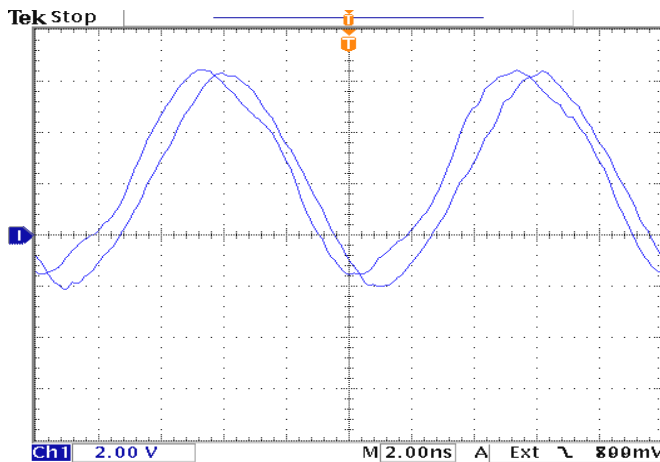
Рис. 4. Временная диаграмма работы системы запуска



а



б



в

Рис. 5. Временные диаграммы проверки разности срабатывания осциллографов (а, б, в)

## Литература

1. Gordeev V. S., Myskov G. A., Mikhailov E. S. Design of Linear Induction Electron Accelerator LIA-R. Problems of Atomic Science and Technology (Ukraine). Series: Nuclear Physics Investigations. 2006, N 2. (46). P. 40–42.
2. Цыганков Б. В., Хвостов В. В., Травкин В. В., Наумов Н. П. Автоматизированная система регист-

рации электрических параметров линейного индукционного ускорителя // Нижегородская сессия молодых ученых. Технические науки: Материалы докладов. Н. Новгород: Гладкова О. В. 2008. Вып. 13. С. 117.

3. TDS3000&TDS3000B Series Digital Phosphor Oscilloscopes. Programmer manual. Tektronix, Inc. P. O. Box 500, Beaverton, OR 97077. <http://www.tektronix.com>.