

сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
дубна

Ц71  
Г-912  
2472/84

10-84-116

М.Грушецки, С.Лодойсамба

ГЕНЕРАТОР СТАТИСТИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСОВ  
ДЛЯ КОНТРОЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ  
МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

1984

## ВВЕДЕНИЕ

При изучении энергетической и угловой корреляции между фрагментами, образующимися в реакциях с тяжелыми ионами, а также идентификации их по массе  $A$  и атомному номеру  $Z$ , детектирующим устройствам и измерительной аппаратуре приходится работать в условиях сильных загрузок от высокоэнергетических упруго- и неупругорассеянных частиц, а также интенсивного фона  $\beta, \gamma$  и нейтронного излучения<sup>/1/</sup>. Интенсивные "фоновые" загрузки приводят не только к ухудшению энергетического разрешения, но и к заметному изменению эффективности регистрации<sup>/2/</sup>.

В этих условиях повышается роль оперативного контроля за качеством набираемой информации в ходе эксперимента, так называемой диагностики эксперимента.

Основными параметрами, подлежащими контролю в ходе эксперимента, являются:

- а/ эффективность регистрации продуктов реакции;
- б/ отношение истинных к случайным корреляциям;
- в/ временное разрешение корреляции;
- г/ стабильность усиления измерительных трактов;
- д/ стабильность временных и амплитудных характеристик детекторов.

Для контроля работы измерительной аппаратуры была спроектирована и создана система многоканального опорного генератора, которая может быть использована как в ходе эксперимента, так и в подготовительном периоде для наладки аппаратуры.

Регулируемые по амплитуде и подобранные по форме к детекторным сигналам выходные импульсы генератора направляются затем на тестовые входы предусилителей всех измерительных трактов. Этим методом контроля симулируются рабочие условия для измерительной аппаратуры всей установки.

## КОНТРОЛЬ АППАРАТУРЫ В ХОДЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

Электронная аппаратура для проведения корреляционных экспериментов на пучке тяжелых ионов циклотрона У-300 ОИЯИ обеспечивает одновременную регистрацию энергетических и временных спектров двух фрагментов - продуктов реакции, измеряемых двумя телескопами полупроводниковых детекторов<sup>/14/</sup>. Для целей контроля эксперимента параллельно с записью каждого события проводилось формирование двухмерных спектров  $\Delta E - E$  - для каждого из телескопов и спектра временных корреляций между телескопами.

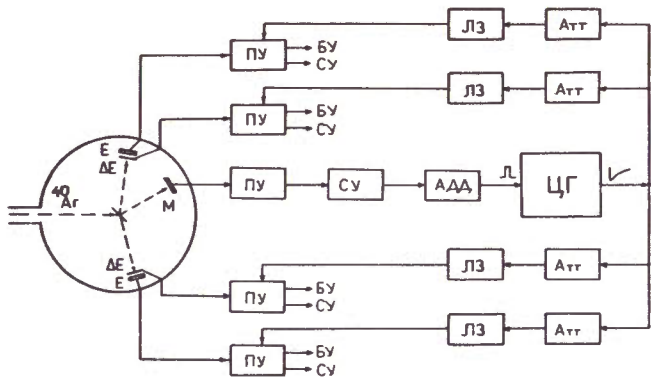


Рис.1. Схема контроля работы измерительной аппаратуры в ходе эксперимента. ЦГ - центральный генератор, ПУ - предусилитель, СУ - спектрометрический усилитель, БУ - быстрый усилитель, ААД - амплитудный дифференциальный дискриминатор, А<sub>ТТ</sub> - аттенюатор, ЛЗ - линии задержки, ΔЕ, Е, М - полупроводниковые детекторы.

На рис.1 приведена схема подключения опорного генератора к измерительной аппаратуре корреляционного эксперимента. На входы предусилителей обоих ΔЕ-детекторов и обоих Е-детекторов подавались подобранные по амплитуде, форме и времени задержки импульсы от "центрального генератора" /ЦГ/ с внешним запуском. Запуск ЦГ осуществлялся импульсами с мониторингового детектора, регистрирующего упругорассеянные ионы под углом 30°. При таком запуске генератор имитирует импульсную структуру пучка и, следовательно, обеспечивает контроль работы электроники, именно в момент попадания сгустков пучка на мишень. Амплитуды и задержки импульсов генератора подобраны таким образом, чтобы генераторные пики помещались в желаемой зоне энергетических и временных спектров. Зарегистрированные в ходе эксперимента тестовые генераторные импульсы являются основой для оценки качества работы измерительной аппаратуры в рабочих условиях. Путем обработки генераторных пиков получают такие параметры, как эффективность регистрации, временное и энергетическое разрешение, стабильность усиления измерительных трактов.

#### КОНСТРУКЦИЯ ГЕНЕРАТОРА

В конструктивном исполнении генератор состоит из одного центрального генератора и блоков разветвления на 4 канала регистрации /рис.1/. Таким образом облегчается задача создания специализированных модулей и есть возможность увеличения числа каналов

генератора в будущем при одном центральном генераторе. При этом ЦГ имеет на выходе постоянную амплитуду и форму, усредненную для всех каналов регистрации. Все регулировки для отдельных каналов выполняются в блоках разветвления, которые подключаются к тестовым входам предусилителей /ПУ/. Основные требования к ЦГ сводятся к имитации статистической последовательности и формы импульсов полупроводникового детектора /ППД/. Широко распространенный метод имитации с помощью "ртутного генератора" в нашей системе не нашел применения из-за невозможности статистического запуска. Однако форма его импульса с крутым фронтом и экспоненциальным спадом явилась образцом для создания специального электронного генератора. Имитация импульса ППД генератором обосновывалась необходимостью создания одинаковых условий для измерительной аппаратуры при регистрации детекторных и тестовых импульсов. При использовании ППД р-типа толщиной 13 мкм - 3,5 мм<sup>13/</sup> время нарастания импульса - 10-100 нс, а спад определяется своими временами предусилителя /20-30 мкс/.

В литературе известны разработки генераторов, имитирующих детекторные импульсы, но не подходящих к нашим условиям по параметрам выходных импульсов, либо по своей конструкции /3-12/.

Один из принципов их работы заключается в использовании накопительного конденсатора, который заряжается и разряжается с помощью определенных схем. Частота срабатывания такого генератора ограничена переходными процессами в накопительном конденсаторе, если не допускать искажения формы импульсов за счет наложения на экспоненциальный спад /3-9/.

Этими недостатками не обладает другой принцип, в котором используется зарядочувствительный усилитель, допускающий высокую частоту срабатывания. При этом получают наложенные импульсы без искажения их амплитуды и формы, что имитирует моноэнергетический радиоактивный источник /10-12/. Разработанный нами центральный генератор основан на первом принципе и отличается простой и экономной конструкцией, универсальностью и надежностью работы. ЦГ выполнен в стандарте КАМАК в виде модуля единичной ширины.

#### ОПИСАНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА

Генератор, блок-схема которого показана на рис.2, состоит из генератора отрицательных "детекторных" импульсов /ГОИ/, генератора положительных "детекторных" импульсов /ГПИ/, повторителей постоянного напряжения /ПН1, ПН2/, выходных повторителей-согласователей /ПС1, ПС2/ и схемы логики, содержащей четыре одновибратора /ОВ1, ОВ2, ОВ3 и ОВ4/.

Генераторы отрицательных и положительных "детекторных" импульсов запускаются короткими импульсами с выходов одновибратора ОВ1 и выдают на выходах "детекторные" импульсы соответствующей полярности. Одновибратор ОВ1 срабатывает на переднем фронте

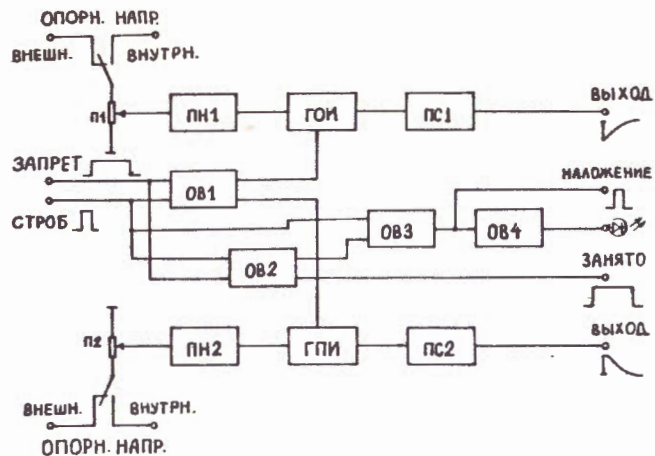


Рис.2. Блок-схема центрального генератора.

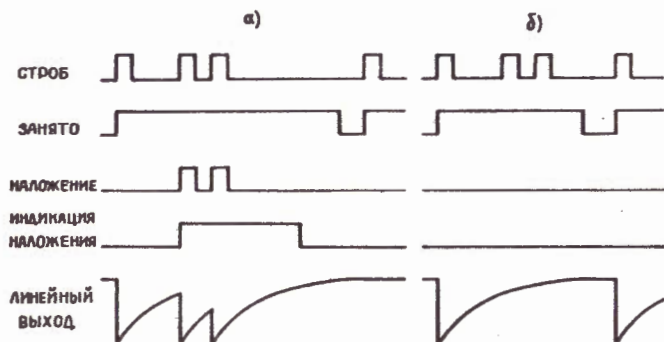


Рис.3. Временная диаграмма работы генератора: а/ режим постоянной эффективности; б/ режим постоянной амплитуды.

положительного импульса ТТЛ, который подается на вход "Строб". Для блокировки работы одновибратора ОВ1 на произвольное время применяется внешний сигнал ТТЛ положительной полярности, который поступает на вход "Запрет". Одновибратор ОВ2 формирует логический импульс "Занято", длительность которого соответствует длительности "детекторных" импульсов. Длительность импульса "Занято" определяется кратностью постоянной времени спада в зависимости от точности системы регистрации <sup>10</sup>. Если во время импульса "Занято" приходит на вход "Строб" следующий импульс, то он вызывает меньший перепад амплитуды на линейном выходе /рис.3а/. В этом случае появляется на выходе одновибратора ОВ3 импульс "Наложение" и соответственно одновибратором ОВ4 формируется импульс, который используется для индикации интенсивности наложения.

Амплитуда импульсов на линейном выходе задается с помощью внутреннего или внешнего источника опорного напряжения. В обоих случаях возможна плавная регулировка с помощью потенциометров /П1, П2/. Правильная работа обоих генераторов обеспечивается низкоомным выходом опорного напряжения, для чего используются повторители напряжения /ПН1, ПН2/. Согласование с нагрузкой 50 Ом для передачи по коаксиальным кабелям осуществляется на согласующих повторителях /ПС1, ПС2/.

Предусмотрены два режима работы генератора:

1/ Режим постоянной эффективности

В этом режиме каждым импульсом на входе "Строб" вырабатывается на выходе "детекторный" импульс. Вероятность уменьшения перепада импульса на линейном выходе - в зависимости от интенсивности запусков на входе "Строб" /рис.3а/.

2/ Режим постоянной амплитуды

В этом режиме выход "Занято" подключается к входу "Запрет" и таким образом в течение длительности "детекторного" импульса генератор не запускается поступающими импульсами на вход "Строб" /рис.3б/. Поскольку запуск генератора разрешается только после окончания импульса "Занято", то этим обеспечивается постоянство амплитуды на линейном выходе в пределах допускаемой точности.

На рис.4 показана принципиальная схема линейной части центрального генератора. Опорное напряжение поступает через потенциометр П1/П2/ на повторитель напряжения. Он представляет собой два эмиттерных повторителя на транзисторах Т1, Т2 /Т8, Т9/ противоположной проводимости, которые компенсируют смещение постоянного уровня. Генератор "детекторных" импульсов построен на транзисторном ключе Т3/Т10/, конденсаторе С1/С2/ и двух полевых транзисторах Т4, Т5/Т11, Т12/. В исходном состоянии транзистор Т3/Т10/ закрыт, а конденсатор С1/С2/ заряжен до опорного напряжения. Запускающим импульсом положительной /отрицательной/ полярности с выхода одновибратора ОВ1 открывается ключ Т3/Т10/, разряжая конденсатор С1/С2/ на короткое время. По окончании этого импульса транзистор Т3/Т10/ закрывается, конденсатор начинает заряжаться через потенциометр П3/П4/. Таким образом, спад "детекторного" импульса регулируется потенциометром П3/П4/. Режим насыщения транзистора Т3/Т10/ подбирается потенциометром П5/П6/, который изменяет амплитуду запускающего импульса с длительностью 30 нс. Напряжение с ключа "детекторный" импульс снимается через буфер на транзисторах Т4, Т5 /Т11, Т12/, который разделяет накопительный конденсатор от выходного мощного повторителя - согласователя Т6/Т13/.

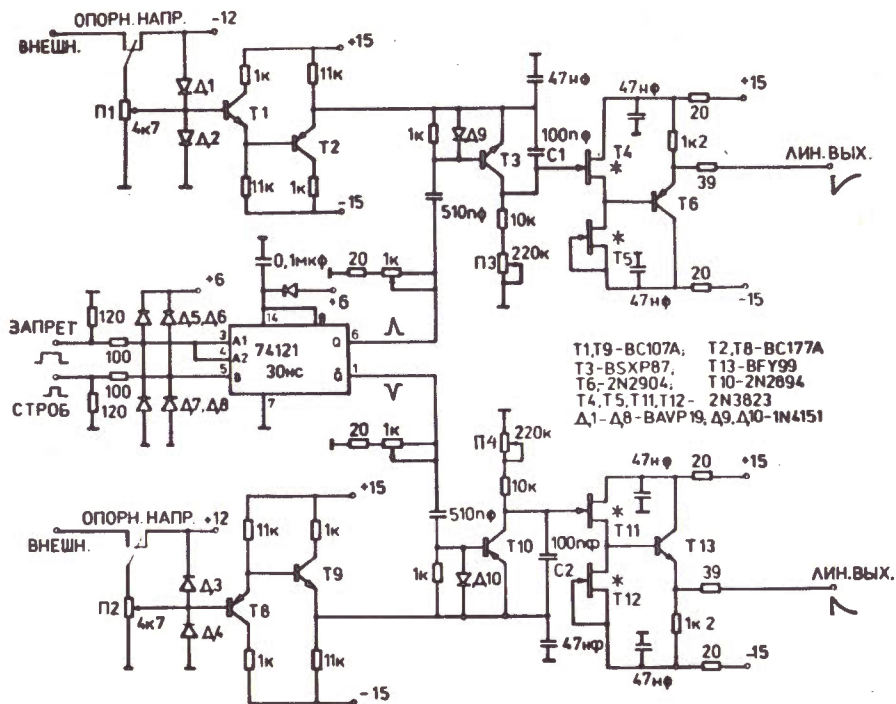


Рис.4. Принципиальная схема аналоговой части центрального генератора. Звездочкой\* обозначены транзисторы, которые подбираются.

#### ИСПЫТАНИЕ ГЕНЕРАТОРА

Для испытания генератора согласно указанным требованиям проводились контрольные измерения /рис.5/. Внешний запуск ЦГ осуществляется из шумового источника через регулируемый дискриминатор. Линейный выход ЦГ подавался одновременно на спектрометрический тракт и на счетчик через дифференциальный дискриминатор. Измерения проводились в двух режимах работы: по постоянной эффективности /З/, и по постоянной амплитуде /А/. При разных интенсивностях запуска измерялись спектры на АЦП и выходные интенсивности. При этом контролировалось положение пика, его ширина на полувысоте. Интенсивности запуска менялись от  $20$  до  $2 \cdot 10^5$  импульсов в секунду статистической последовательности. Полученные данные показывают, что генератор сохраняет свою работоспособность в двух режимах при высоких нагрузках. Надо отметить, что численные результаты измерений зависят от постоянной времени спада экспоненты  $\tau$  и от времени импульса "Занято"

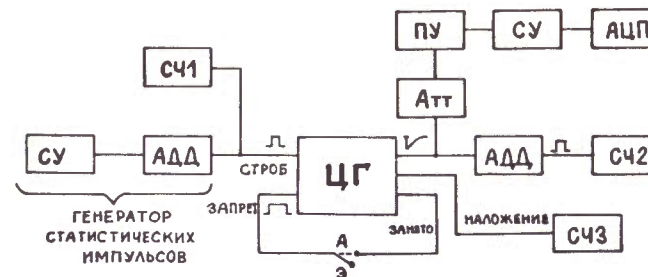


Рис.5. Блок-схема проверки генератора. СУ - спектрометрический усилитель, АДД - амплитудный дифференциальный дискриминатор, СЧ1 ÷ СЧ3 - счетчики, А<sub>ТТ</sub> - аттенуатор, ПУ - предусилители.

$T_0$ . В нашем случае отрегулировано  $\tau = 22$  мкс и  $T_0 = 140$  мкс, что дает кратность  $T_0 / \tau = 6,4$ .

Обеспечение 100% эффективности генератора ухудшает форму спектра в виде смещения пика и его уширения. Итак, для загрузки  $2 \cdot 10^4$  имп/с положение пика составляет 98% начального, а относительная ширина пика возрастает до 1,5%. Однако ухудшение формы спектра генератора не влияет на контроль эффективности регистрации, поскольку в ходе обработки данных после эксперимента можно разделить генераторные и детекторные спектры. Для этого регистрация спектров генератора при повышенной интенсивности должна сопровождаться записью признаков.

Обеспечение постоянной амплитуды занижает эффективность генератора за счет выбрасывания наложенных импульсов. Итак, для загрузки  $2 \cdot 10^4$  имп/с интенсивность на выходе падает до  $5 \cdot 10^3$  имп/с при постоянном положении пика  $-0,1\%$  и постоянной ширине пика  $+0,2\%$ . Занижение эффективности не влияет на возможность имитации моноэнергетического радиоактивного источника в этом режиме.

#### ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Кроме контроля эффективности регистрации продуктов реакции описываемый блок может быть применен для контроля временного и энергетического разрешения в корреляционном эксперименте. Для этого необходимы калибровочные модули как для временных, так и для амплитудных трактов. Калибровка должна производиться индивидуально для всех применяемых ПУ с учетом разброса их чувствительности по генераторным входам. При этом амплитуда импульса на ЦГ устанавливается усредненной для всех ПУ. Регулировка амплитуды может осуществляться как локально, так и дистанционно при помощи внешнего опорного напряжения. Такой ЦГ может быть

использован для имитации детекторных импульсов моноэнергетического излучения.

Технические данные ЦГ

- Запуск генератора - импульсом ТТЛ положительной полярности;
- полярность выходного импульса - положительная и отрицательная;
- амплитуда выходных импульсов - 0,1-6 В на 50 Ом нагрузке;
- форма выходных импульсов - "детекторная";
- фронт выходных импульсов  $\leq 40$  нс;
- спад выходных импульсов /1,0-0,37/-1  $\div$  30 мкс;
- длительность импульса "Занято" - 5  $\div$  180 мкс;
- максимальная интенсивность -  $10^5$  имп/с;
- задержка "детекторного" импульса от импульса "Строб" - 70 нс;
- температурная нестабильность амплитуды - в диапазоне 10-40°C - 0,01%/°C;
- конструктивное выполнение - КАМАК 1 М.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность В.В.Волкову за поддержку и постоянный интерес к работе, Л.П.Челнокову, и А.Г.Артюху за полезные обсуждения и советы, Н.Ганбаатару, Н.Баатарху, Р.Хоролжаву за помощь в оформлении работы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Волков В.В. Ядерные реакции глубокоэластичных передач. "Энергоиздат", М., 1982.
2. Artukh A.G. et al. NIM, 1970, 83, p. 72.
3. Attwenger W., Gruber G., Patzelt R. NIM, 1969, 70, p. 103.
4. Goulding F.S. IEEE Trans. on N.S. 1966, 13/3, p. 514.
5. Millard J.K. Rev.Sc.Instr., 1968, 39/5, p. 681.
6. Williams C.W. IEEE Trans. on N.S. 1968, 15/1, p. 297.
7. Falk W.R. NIM, 1974, 114, p. 187.
8. Manfredi P.F., Maranesi P., Varoli V. NIM, 1974, 118, p. 487.
9. Матвеев А.В. В кн.: Вопросы атомной науки и техники. "Ядерное приборостроение", М., 1977, вып. 34-35, т. 2, с. 242.
10. Burtis D.W. IEEE Trans on N.S., 1971, 18/1, p. 282.
11. Burtis D.W., Brown M. IEEE Trans on N.S., 1973, 20/1, p. 209.
12. Pulse Generators, Catalog. B.N.C. Berkeley, 1983.
13. Артюх А.Г. и др. ОИЯИ, Р7-82-707, Дубна, 1982.
14. Артюх А.Г. и др. ОИЯИ, Д7-82-891, Дубна, 1982, с. 20.

Рукопись поступила в издательский отдел  
22 февраля 1984 года.

Грушецки М., Лодойсамба С.

10-84-116

Генератор статистических импульсов для контроля измерительной аппаратуры многопараметрических экспериментов

Для контроля работы измерительной аппаратуры корреляционных экспериментов на пучке тяжелых ионов циклотрона У-300 спроектирована и создана система многоканального опорного генератора. Система используется как в ходе эксперимента, так и во время подготовительного периода для наладки аппаратуры. Система состоит из одного центрального генератора /ЦГ/ и блоков разветвления на 4 канала. ЦГ запускается с монитормого детектора и имитирует статистическую последовательность и формы импульсов полупроводниковых детекторов. ЦГ состоит из генератора отрицательных "детекторных" импульсов, генератора положительных "детекторных" импульсов и схемы логики. ЦГ имеет два режима работы: а/ постоянной эффективности, б/ постоянной амплитуды. Представлена принципиальная схема аналоговой части, приведены технические характеристики и результаты испытания блока.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод Ё.С.Виноградовой.

Gruszecki M., Lodoysamba S.

10-84-116

Statistical Pulse Generator for Control of Measuring Apparatus for Multiparameter Experiments

To control for measuring apparatus of correlation experiments on heavy ion beam from the U-300 cyclotron a system of multichannel central generator has been designed. The system is used both during the experiment, and at the preliminary period for apparatus adjustment. It consists of a central generator (CG) and units of distribution to 4 channels. CG starts from a monitor detector and imitates statistical succession and pulse shape of semiconductor detectors. CG consists of a generator of negative "detector" pulses, generator of positive "detector" pulses and logic. CG operates in two regimes: that of constant efficiency, and of a fixed amplitude. Principal scheme of analogous part, technical characteristics, and unit test results are presented.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Reactions, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984