
**НОВЫЕ ПРИБОРНЫЕ РАЗРАБОТКИ
И МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЙ**

УДК 621.374.3

© В. Г. Деменков, Б. В. Журавлев, П. В. Деменков

**ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ЭКСПАНДИРОВАНИЯ
ИНТЕРВАЛОВ ВРЕМЕНИ ЗА СЧЕТ КОМПЕНСАЦИИ
ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПОРОГА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ**

Обсуждаются аналоговые структуры изменения масштаба времени, сфера их применения и технические средства реализации. Предложена версия нейтрализации девиации порога при расширении интервалов методом время-амплитуда-время (t-A-T). Представлены схемы компенсации величины временного порога и устройство формирования его эквивалентной длительности.

Кл. сл.: измерение малых интервалов, преобразование время-амплитуда-время (t-A-T), флуктуации порога, компенсация временного порога, эквивалентная длительность, периодическая коррекция

ВВЕДЕНИЕ

Изучение спектрально-кинетических характеристик люминесценции и поиск лазерно-активных сред, измерение времени жизни уровней возбуждения нейтральными и заряженными частицами, фундаментальные и прикладные исследования ядерных превращений, процессов физики высоких энергий и физики быстрых нейтронов нередко связаны с прецизионной временной спектроскопией [1–5]. Высокая точность измерений необходима для лазерного зондирования космических объектов и планет солнечной системы [6]. В работе представлена версия технического решения, повышающая точность и стабильность измерений коротких интервалов времени.

**АНАЛОГОВЫЕ СТРУКТУРЫ ИЗМЕНЕНИЯ
МАСШТАБА ВРЕМЕНИ**

Среди электронных средств измерения интервалов времени нано- и субнаносекундных диапазонов широко применяется техника аналого-временной трансформации их длительности. Ее основу составляет метод t-A-T (время-амплитуда-время), который является наиболее востребованным среди методов косвенного кодирования [7]. Эти методы и их модификации служат основой для прецизионного измерения коротких интервалов времени.

При экспандировании длительности интервала его начало независимо от метода косвенного кодирования фиксируется сигналом СТАРТ. Окончание интервала связывается с сигналом СТОП. Длительность интервала времени, заключенная

между ними, выделяется схемой селектора измеряемого интервала времени (СИИВ) и запоминается схемой аналогового трансформатора масштаба времени (АТМВ) в виде заряда на накопительном конденсаторе. Это устройство модифицирует масштаб времени путем заряда и разряда конденсатора разными по величине и полярности токами. Естественно, что ток заряда I_3 всегда больше (в десятки и более раз) тока разряда I_p , т. е. $I_3 \gg I_p$. Их отношение, т. е. коэффициент трансформации $k = I_3 / I_p$, показывает, во сколько раз увеличился входной интервал t : $T = k t$, где T — выходной сигнал схемы АТМВ.

Расширенный интервал T с помощью преобразователя время-код (ПВК) переводится в цифровой эквивалент измеряемого интервала, поступившего на вход измерителя временных интервалов (ИВИ). Точность измерения интервала t определяется шириной Δ канала ИВИ, которая равна $\Delta = T_0 / k$, где T_0 — период следования импульсов генератора таймерной серии в ПВК, а k — коэффициент трансформации в схеме АТМВ.

Известны схемы АТМВ на базе двух однополярных, но разных по величине токов [8]. За измеряемый интервал t конденсатор заряжается одним током I_3 , а затем дозаряжается до установленного потенциала другим током I_d . Эти токи выбираются из условия $I_3 \gg I_d$. Особенностью данного метода изменения масштаба времени является обратная временная шкала, т. е. большой входной длительности соответствует малый расширенный интервал и наоборот — малый интервал преобразуется в большую длительность.

Отметим схему АТМВ с двумя накопительными конденсаторами разной величины и одним ис-

точником тока [6]. Входной интервал запоминают на емкости C_1 , а затем сразу же начинают заряжать тем же током другой конденсатор C_2 , причем $C_2 \gg C_1$. При равенстве их потенциалов фиксируется расширенная длительность, и обе емкости разряжаются. Можно отметить схему АТМВ с одним источником тока и одним конденсатором [9]. Заряжая конденсатор, запоминают входной интервал, а затем, коммутируя цепи его заряда и разряда, разряжают его тем же током, фиксируя удвоенную длительность входного интервала. Такой временной экспандер можно применять как для линейного, так и для нелинейного кодирования интервалов [10].

НЕЙТРАЛИЗАЦИЯ ДЕВИАЦИИ ПОРОГА ПРИ ЭКСПАНДИРОВАНИИ ДЛИТЕЛЬНОСТИ МЕТОДОМ (t-A-T)

Дестабилизирующие факторы, связанные с девиацией масштаба времени при такой трансформации интервалов, обусловлены двумя аспектами. Один из них проявляется в виде неустойчивости коэффициента преобразования в схеме АТМВ и определяется неустойчивостью токов заряда и разряда накопительного конденсатора. Другой фактор, влияющий на девиацию масштаба времени, связан с неустойчивостью порога ИВИ. Флуктуации порога содержат две составляющие — "быструю" и "медленную". Первая из них проявляется в схеме СИИВ при выделении и фиксации на временной оси измеряемого интервала. Вторая возникает при выделении преобразованной длительности этого интервала и имеет место в схеме АТМВ, входящей в состав ИВИ.

Вопросы снижения вклада деструктивных факторов в экспандирование интервалов уже обсуж-

дались ранее [11, 12]. Радикальным решением части этих проблем является компенсация временного порога ИВИ. Предложено сначала ввести его в ИВИ путем дополнительной задержки выделенного в схеме СИИВ сигнала СТОП. Затем, вычитая введенную величину порога из трансформированной длительности измеряемого интервала, компенсируют преобразованную в схеме АТМВ величину порога. Схема ИВИ с нейтрализацией порога приведена на рис. 1. Устройство компенсации длительности порога (УКДП) аналогового типа, с помощью которого в ИВИ в значительной мере снижается влияние флуктуации его порога, включено между схемами АТМВ и ПВК.

Схема УКДП, вычитая трансформированную величину порога, периодически с частотой в несколько герц запускает его преобразование. На входы заблокированного ИВИ одновременно подаются сигналы СТАРТ и СТОП, и схема СИИВ выделяет величину введенной задержки сигнала СТОП. Она трансформируется схемой АТМВ в преобразованную величину порога и сравнивается с эквивалентной величиной, формируемой схемой УКДП. Результат сравнения используется в этой же схеме для коррекции эквивалентной длительности временного порога.

КОМПЕНСАЦИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПОРОГА ИВИ И ТЕХНИКА ЕЕ РЕАЛИЗАЦИИ

Схема УКДП представлена на рис. 2. В измерении схема СИИВ к входному интервалу t добавляет дополнительную длительность τ . Полученный сигнал величиной $t^* = t + \tau$ запускает формирователь эквивалентной длительности (ФЭД) порога ИВИ.

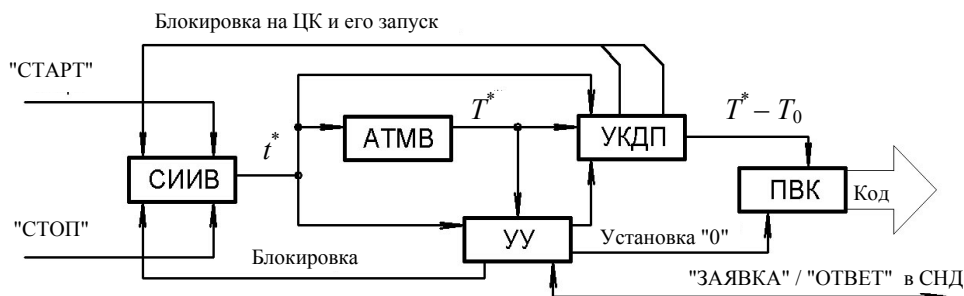


Рис. 1. Схема ИВИ с компенсацией длительности порога.

АТМВ — аналоговый трансформатор масштаба времени; ИВИ — измеритель временных интервалов; ПВК — преобразователь время-код; СИИВ — селектор измеряемого интервала времени; СНД — система накопления данных; УКДП — устройство компенсации длительности порога; УУ — устройство управления

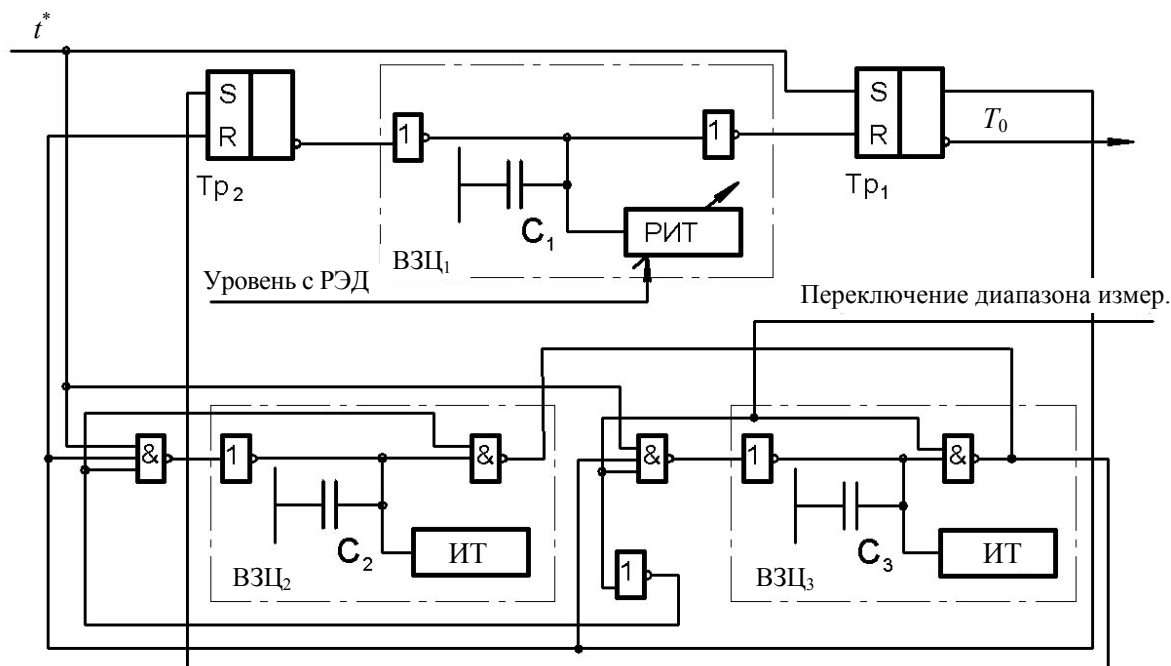


Рис. 3. Устройство формирования эквивалентной длительности порога ИВИ. ВЗЦ₁, ВЗЦ₂, ВЗЦ₃ — времязадающие цепи; ИТ — источники тока; РИТ — регулируемый источник тока; Tr₁, Tr₂ — триггеры

По окончании этого сигнала начинает функционировать ВЗЦ, связанная с выбранным диапазоном измерений ИВИ. По мере разряда в ней конденсатора изменяется уровень ее выходного инвертора, который взводит другой триггер Tr₂. Он инициирует работу ВЗЦ₁ (ее параметры регулируются в циклах коррекции), и ее емкость начинает разряжаться. Появление сигнала выходного инвертора ВЗЦ₁ устанавливает триггер Tr₁ в исходное состояние, завершая формирование эквивалентной длительности временного порога ИВИ. Изменением, уточнением ее в ЦК и вычитанием при измерении в значительной мере повышается точность измерений с помощью ИВИ такого типа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практика использования техники этого вида показала ее высокую эффективность в изучении ядерных превращений методами времени пролета в составе временных спектрометров ускорительного комплекса института [13].

Работа выполнена при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований РФФИ и Калужского научного центра (грант 09-02-97515).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демчук М.И., Иванов М.А. Импульсная спектрометрия. Минск: Изд-во "Университетское", 1986. 208 с.
2. Дюжнев П.П., Полетаев Е.Д. Спектрально-кинетические характеристики люминесценции смесей. Обнинск: Препринт ФЭИ-2671, 1997. 24 с.
3. Ильишников В.С., Мискевич А.И. Установка для измерения времени жизни уровней, возбуждаемых заряженными частицами // ПТЭ. 1980. № 1. С. 212–214.
4. Никитюк Н.М. Специализированные схемы в экспериментах по физике высоких энергий. (Обзор) // ПТЭ. 1993. № 6. С. 8–44.
5. Физика быстрых нейтронов / Под ред. В.И. Стрижака. М.: Атомиздат, 1977. 288 с.
6. Артюх Ю.Н., Беспалько В.А. Прецизионная цифровая хронография. (Обзор) // ИКА. 1987. № 3. С. 15–24.
7. Мелешко Е.А. Наносекундная электроника в экспериментальной физике. М.: Энергоатомиздат, 1987. 216 с.
8. Зинов В.Г., Марьин Н.А., Селиков А.В. Многодиапазонный преобразователь время-код // ПТЭ. 1993. № 6. С. 111–114.
9. Деменков В.Г., Журавлев Б.В. Экспандер временных интервалов // ПТЭ. 1999. № 4. С. 104–108.
10. Рехин Е.И., Курашов А.А., Чернов П.С. Измерение интервалов времени в экспериментальной физике. М.: Атомиздат, 1967. 384 с.

11. Деменков В.Г., Журавлев Б.В., Деменков П.В. Девиация масштаба времени в аналоговых структурах линейного экспандирования // Научное приборостроение. 2008. Т. 18, № 3. С. 67–71.
12. Деменков В.Г., Журавлев Б.В., Деменков П.В. Снижение вклада порога в девиацию масштаба времени аналоговых устройств линейного экспандирования // Научное приборостроение. 2009. Т. 19, № 3. С. 83–87.
13. Кузьминов Б.Д. Роль комплекса ускорителей ГНЦ РФ ФЭИ в обеспечении ядерных технологий ядерными данными // Сб. труд. XIII Междунар. конф. по электростат. ускор. Обнинск: ГНЦ РФ ФЭИ, 2000. С. 5–12.

Обнинский институт атомной энергетики, филиал НИЯУ "МИФИ" (Деменков В.Г.)

Государственный научный центр РФ Физико-энергетический институт, г. Обнинск (Журавлев Б.В., Деменков П.В.)

Контакты: Деменков Василий Георгиевич, dem1@mail.ru

Материал поступил в редакцию 17.03.2010.

PRECISION IMPROVEMENT OF THE EXPANDETION TIME INTERVALS AT THE EXPENSE OF THRESHOLD TRANSFORMATION LENGTH COMPENSATION

V. G. Demenkov¹, B. V. Zhuravlev², P. V. Demenkov²

¹*State Institute of Nuclear Power Engineering of National Nuclear Scientific University "MIFI", Obninsk*

²*State Scientific Center of Russian Federation "Institute for Physics and Power Engineering named after A.I. Leypunskiy", Obninsk*

The analog structures of time scale changing, the spheres of their applications and its major components are discussed. The version of the neutralization of the deviation of the threshold by expansion time interval by means of time-amplitude-time converting (t-A-T) are suggested. The schemes of compensation timing threshold and device for forming equivalent length of the threshold are presented.

Keywords: measurement of the short intervals, time to amplitude to time converting (t-A-T), threshold fluctuation, compensation of the timing threshold, equivalent length, periodic correction