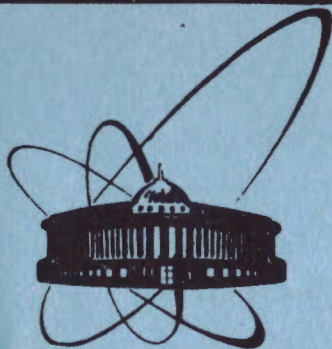


2/11/84



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P13-84-249

Ф.Е.Зязюля*, С.М.Коренченко, В.С.Смирнов

ТЕНЗОМЕТР УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ
ДЛЯ МНОГОПРОВОЛОЧНЫХ КАМЕР

Направлено в журнал
"Приборы и техника эксперимента"

* Институт физики АН БССР, Минск

1984

ВВЕДЕНИЕ

Основой координатных датчиков универсального магнитного спектрометра АРЕС^{/1/} является набор из 18 коаксиально расположенных цилиндрических многопроволочных камер /МПК/. Отдельный регистрирующий слой МПК содержит многие сотни проволочек /нитей/, при этом общее число только сигнальных нитей превышает 15000^{/2/}. Соответствующие суммарные усилия со стороны элементов конструкции, растягивающих МПК, составляют сотни килограммов. В то же время натяжение отдельной сигнальной нити составляет 50 г, и должно выдерживаться с точностью в несколько процентов. Недостаточное натяжение приводит к прогибу и расхождению нитей при включении рабочего напряжения, что искажает конфигурацию электрических полей в камере и нарушает ее работоспособность. Превышение предела упругих деформаций приводит к обрыву нитей и коротким замыканиям^{/3/}. Поэтому при изготовлении и, периодически, при эксплуатации МПК требуется контроль натяжения каждой нити. Такой контроль совершенно необходим при технологии монтажа камер, предусматривающей временный сброс натяжения для удаления технологической оснастки.

Контроль нитей МПК спектрометра АРЕС в рабочем состоянии осложняется высокой плотностью оборудования и коммуникаций детектирующей части, размещенной внутри цилиндрического магнита. Это делает практически невозможным доступ даже к контактным площадкам нитей на фланцах камер. Относительно доступными являются лишь односторонние выводы нитей у входов регистрирующей электроники МПК, отводимые из рабочего объема специальными миниатюрными ленточными кабелями длиной около 2,5 м.

Указанные условия делают невозможным применение устройств, которые требуют механического или хотя бы визуального доступа к системе МПК, двустороннего контакта с выводами нити, поднесения специального электрода или магнита. Большое количество нитей требует максимальной автоматизации измерений.

По этим причинам ряд известных устройств^{/4/} непригоден для измерения. Применение автоматизированного устройства^{/5,6/}, удовлетворяющего указанным условиям измерений, ограничивается заметным снижением точности при подключении устройства к выводам нитей через применяемые ленточные кабели в связи с их существенными паразитными емкостями, которые приводят к различного сорта наводкам по высокой частоте, используемой в качестве несущей для измерений.

Ниже описаны принцип работы и схема тензомера ударного действия, основанного на новом методе^{7/} определения частоты собственных колебаний нити МПК, обеспечивающем достаточную точность при указанных условиях измерений. Устройство пригодно для измерения натяжения нитей камер различных конструкций, несложно в эксплуатации и позволяет достичь высокой производительности.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАТЯЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ УДАРНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ

Напомним, что частота собственных колебаний ω_0 натянутой нити /струны/ однозначно связана с ее длиной l , площадью поперечного сечения s , плотностью ρ и натяжением N :

$$\omega_0 = \frac{\pi}{l} \sqrt{\frac{N}{s\rho}} \quad /1/$$

Как правило, величины l , s , ρ известны, поэтому для определения величины N достаточно измерить значение ω_0 . Использование этой зависимости позволяет применять электронные методы для измерения механической величины N .

В известных электронных устройствах /например, ^{4, 5/} / для этих целей используется явление резонанса. Колебания нити возбуждаются различными периодическими воздействиями: акустическим, электрическим, электромагнитным и т.д. Регистрация резонанса производится по максимальной амплитуде колебаний или по сдвигу фаз между вынуждающим воздействием и колебаниями нити с помощью электрических сигналов, лазерного луча и др.

В то же время известно, что если нить /струну/ отклонить от положения равновесия и отпустить, то возникнут ее затухающие колебания, описываемые уравнениями ^{8/}:

$$x = A e^{-\delta t} \cos(\omega_1 t - \alpha), \quad /2/$$

$$\omega_1^2 = \omega_0^2 - \delta^2, \quad /3/$$

$$\omega_1^2 = \omega_0^2 \left(1 - \frac{1}{4Q^2}\right), \quad /3a/$$

где x - смещение от положения равновесия; A и α - константы, зависящие от начальных условий; δ - коэффициент затухания; Q - добротность; ω_0 - собственная частота /циклическая/.

Поскольку коэффициент затухания для нитей пропорциональных камер мал /обычно $\delta < 0,01 \omega_0$ /, то $\omega_1 \approx \omega_0$, и ω_1 слабо зависит от неодинаковой добротности нитей.

Подобные соотношения также выполняются для нити, возбуждаемой кратковременным ударом^{8/}. Поэтому для измерения натяжений можно нанести по нити кратковременный удар и измерить величину

ω_1 /или условный период $T = 2\pi/\omega_1$ / в качестве аналога натяжения. При этом нет необходимости в перестройке частоты возбуждающего воздействия, т.к. возникающие колебания близки к собственным. Ударное возбуждение колебаний с их последующей регистрацией положено в основу данного устройства.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И БЛОК-СХЕМА УДАРНОГО ТЕНЗОМЕТРА

В описываемом устройстве "удар" и регистрация колебаний производятся электронными методами. Катодная поверхность камеры используется в качестве вспомогательного электрода, и на нее подается через токоограничивающий резистор R постоянное высокое напряжение от источника BC , как показано на блок-схеме рис.1. Измеряемая нить "заземлена" через резистор $R_{вх}$ и испытывает электростатическое притяжение к катоду /подобно провисанию струны в поле силы тяжести/. Кратковременное снятие высокого напряжения путем замыкания высоковольтного ключа $ВВК$ эквивалентно своеобразному удару по нити, что вызывает ее затухающие колебания. Так как высокое напряжение через несколько миллисекунд восстанавливается, то колебания нити происходят в постоянном электрическом поле. Вследствие этого на резисторе $R_{вх}$ возникает переменное напряжение, частота которого равна частоте колебаний нити. Этот сигнал усиливается усилителем-ограничителем $У$ и преобразуется в последовательность прямоугольных импульсов такой же частоты следования, используемых для определения периода колебаний.

При такой схеме поле, создаваемое от одного высоковольтного источника, служит как для возбуждения, так и для регистрации колебаний. Задержка в восстановлении поля на несколько миллисекунд после его снятия, определяемая емкостью катода и вели-

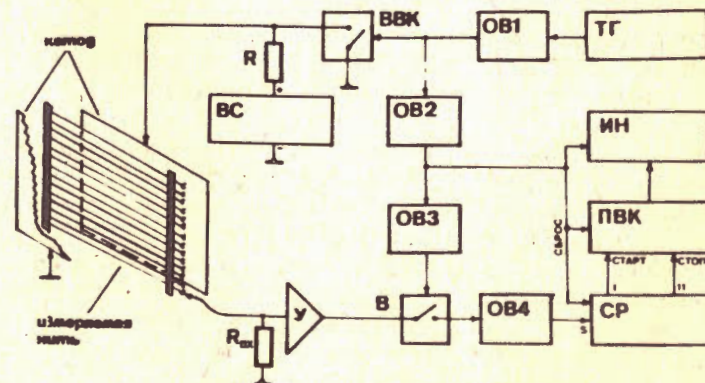


Рис.1. Блок-схема тензомера ударного действия.

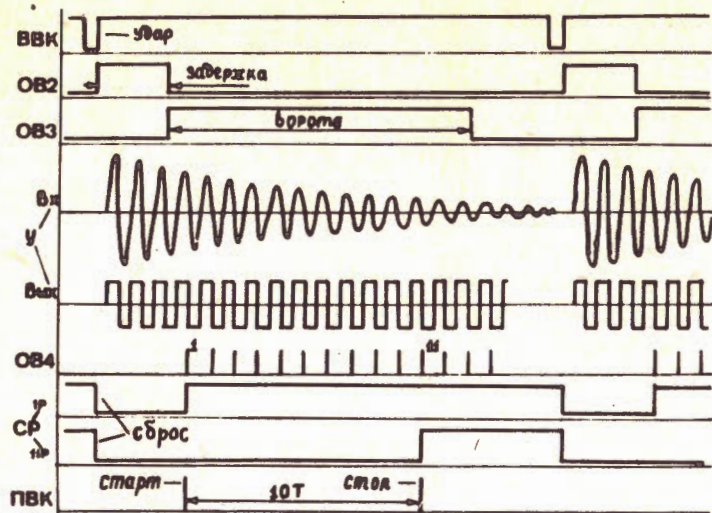


Рис.2. Временные диаграммы устройства.

чиной R , уменьшает перегрузку регистрирующей части устройства от возникающих при ударе различных переходных процессов.

Отметим, что термин "удар" весьма условен, так как амплитуда колебаний нитей, достаточная для работы устройства, не превышает $0,2 \pm 0,3$ мм и не представляет для них опасности.

Временные диаграммы, поясняющие работу устройства, приведены на рис.2. Цикл измерения начинается по сигналу тактового генератора ТГ и автоматически повторяется каждые 1,5 с. Длительность импульса одновибратора ОВ1 задает время замыкания ВВК, то есть длительность удара ~ 2 мс/. Сигнал с измеряемой нити, преобразованный в последовательность прямоугольных импульсов, с выхода У проходит через ворота В, отпираемые /с задержкой/ одновибратором ОВ3 на 500 мс. Задержка отпираания ворот В определяется длительностью сигнала ОВ2 ~ 100 мс/ и введена для того, чтобы регистрация колебаний начиналась после затухания переходных процессов, возникающих в измерительных цепях в момент удара. Одновибратор ОВ4 укорачивает импульсы, которые подаются для измерения периода их следования на соответствующую схему, содержащую 11-разрядный сдвиговый регистр СР, преобразователь время-код ПВК и 4-разрядный десятичный цифровой индикатор ИН.

С целью повышения точности измерений в данном устройстве измеряется временной интервал между десятью последовательными импульсами, то есть $10T$. Первый поступивший на α -вход СР сигнал запускает ПВК, а 11-й его останавливает. Содержимое ПВК, представляющее собой конечный результат измерений, отображается на ИН.

Перед отпираением ворот сигнал от ОВ2 в каждом такте измерения сбрасывает содержимое от предыдущих измерений в СР, ПВК и ИН. Таким образом, каждые 1,5 с происходит измерение периода колебаний выбранной нити. В течение 1 с результат измерения отображается в виде 4-значного числа на цифровом индикаторе.

Поскольку для измерений используется низкочастотный сигнал, применение соединительных кабелей со значительными емкостями для подключения входа устройства к измеряемой нити не сказывается на его работоспособности. Для уменьшения низкочастотных помех вторую катодную поверхность рекомендуется заземлять, как показано на рис.1.

ПРИНЦИПАЛЬНАЯ СХЕМА

Основная часть принципиальной схемы устройства приведена на рис.3. Назначение основных узлов схемы соответствует в основном блок-схеме рис.1.

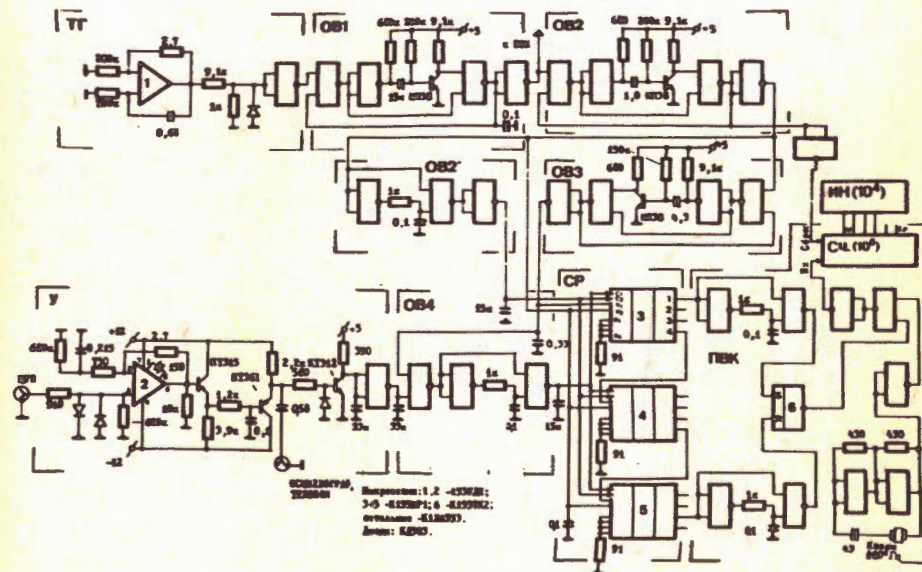


Рис.3. Основная часть принципиальной схемы тензомера.

Амплитудно-частотная характеристика /АЧХ/ усилителя У имеет вид, показанный на рис.4. Это достигается соответствующими цепями коррекции операционного усилителя. Поскольку АЧХ колебаний нити пропорциональна $1/\omega_0$, такая форма АЧХ линейризует чувствительность устройства в рабочем диапазоне частот /до 350 Гц/ и увеличивает помехоустойчивость по более высоким частотам.

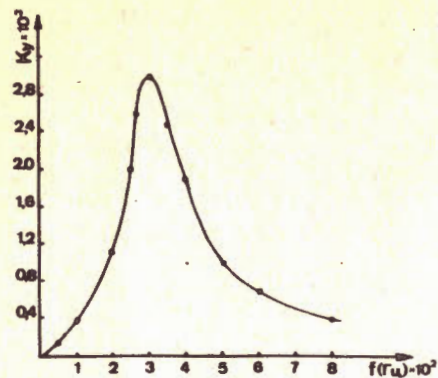


Рис.4. Амплитудно-частотная характеристика входного усилителя.

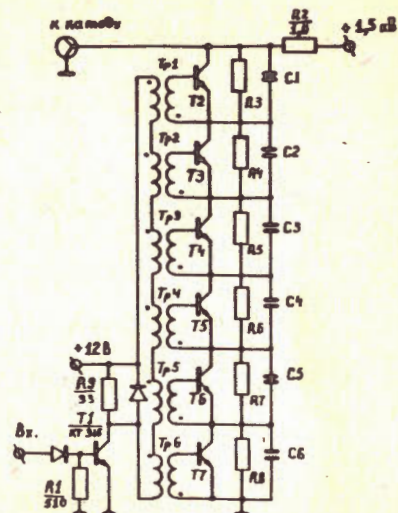


Рис.5. Высоковольтный ключ на составном транзисторе. $C_1 \div C_6$ - 100 пФ, $R_3 \div R_8$ - 68 МОм, $T_2 \div T_7$ - KT605A, $Tr_1 \div Tr_6$ - 100 вит: 100 вит на ферритовом кольце 2000 НН ϕ 20 x ϕ 10 x 8 мм.

В качестве ворот В /рис.1/ служит первый ключ, входящий в состав ОВ4 /рис.3/. Выходные сигналы ОВ2 и ОВ3 осуществляют режимы "Сброс", "Пересчет", "Индикация". Входящий в состав ПВК счетчик С4 /на рис.4 не детализован/ представляет собой обычный двоично-десятичный ТТЛ счетчик емкостью 10^6 . Схема ПВК содержит опорный кварцевый генератор. Схема ИН содержит, кроме семисегментных светодиодных матриц, соответствующий дешифратор.

Отдельно, на рис.5, приведена схема высоковольтного ключа ВВК, выполненного на составном транзисторе. Параллельно эмиттер-коллекторным переходам включены выравнивающие R-C цепочки.

Прибор имеет маломощный встроенный стабилизированный источник постоянного тока на 1,5 кВ, служащий в качестве источника высокого напряжения ВС /рис.1/. Он выполнен по обычной трансформаторной схеме.

РАБОТА С ПРИБОРОМ

Подготовительные операции состоят в подключении катодных поверхностей измеряемого слоя к прибору согласно рис.1.

Непосредственно измерения состоят в присоединении одноконтактного щупа к выводу измеряемой нити и считывании по прошествии более 1,5 с данных с цифрового индикатора ИН.

Предусмотрена также возможность передачи данных в ЭВМ через входной ТТЛ регистр в стандарте КАМАК. При этом команда "Начало измерения" осуществляется нажатием кнопки на передней панели после присоединения щупа к выводу выбранной нити.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТРОЙСТВА

Диапазон измеряемых натяжений определяется диапазоном измеряемых частот, который в данном варианте составляет 20÷300 Гц. Для золоченых вольфрамовых нитей длиной 60 см и диаметром 20 мкм это соответствует диапазону натяжений 0,5÷70 г.

Для нитей с другими параметрами диапазон определяется в соответствии с выражением /1/. Относительная погрешность измерений - не более 2%. Абсолютное значение показаний прибора может зависеть в пределах нескольких процентов от величины напряжений питания высоковольтного источника и конструкции камеры.

Прибор с устройствами питания выполнен в стандарте "Вишня".

ЛИТЕРАТУРА

1. Коренченко С.М., Мицельмахер Г.В., Некрасов К.Г. ОИЯИ, Р13-9542, Дубна, 1976.
2. Коренченко А.С. и др. ОИЯИ, 13-83-479, Дубна, 1983.
3. Заневский Ю.В. Проволочные детекторы элементарных частиц. Атомиздат, М., 1978.
4. Burns K.V. et al. NIM, 1973, vol.106, p.171; Chase R.L. NIM, 1973, vol.113, p.395; Cavalli-Stozza M. et al. NIM, 1973, vol.124, p.73; Borghesi A. NIM, 1978, vol.153, p.379; Calvetti M. et al. NIM, 1980, vol.174, p.285; Coene V., Linssen L. NIM, 1981, vol.190, p.511; Regan Th. NIM, 1984, vol.219, p.100.
5. Зязюля Ф.Е. Авт.свид.СССР № 690342 от 05.10.79 г. Бюлл. ОИПОТЗ, 1979, № 37, с.140.
6. Зязюля Ф.Е., Коренченко С.М., Некрасов К.Г. ПТЭ, 1980, № 5, с.45.
7. Зязюля Ф.Е., Коренченко С.М., Смирнов В.С. Авт.свид.СССР № 1076781 от 29.02.84 г. Бюлл. ОИ, 1984, № 8, с.137.
8. Стрелков С.П. Введение в теорию колебаний. Гостехиздат, М.-Л., 1951.

Рукопись поступила в издательский отдел
13 апреля 1984 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
D11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
D1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
D1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
D2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.
D2,4-83-179	Труды XV Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Дубна, 1982.	4 р. 80 к.
	Труды УШ Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Протвино, 1982 /2 тома/	11 р. 40 к.
D11-83-511	Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982.	2 р. 50 к.
D7-83-644	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.	6 р. 55 к.
D2,13-83-689	Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.	2 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Зязюля Ф.Е., Коренченко С.М., Смирнов В.С. P13-84-249
Тензометр ударного действия
для многопроволочных камер

Описан новый метод измерения натяжения нитей многопроволочных камер с помощью ударного возбуждения механических колебаний и измерения их периода. Приведена схема автоматизированного электронного тензометра, обеспечивающего высокую производительность и возможность измерений в условиях затрудненного доступа к системе многопроволочных камер.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод О.С.Виноградовой

Zyazyulya F.E., Korenchenko S.M., Smirnov V.S. P13-84-249
Shock-Tensiometer for Multiwire Chambers

A new method for wire tension measurement by shock excitation of mechanical vibration and determination of its period is proposed. The scheme of automatic electronic shock-tensiometer which provides a high productivity and operational possibility under unaccessibility of multiwire chambers is described.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984