

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



Ц 71
Т-761

1/xII-75
10 - 9153

А.С.Трофимов, Л.П.Челноков

469712-75

ЦИФРОВОЙ АВТОМАТИЧЕСКИЙ Q-МЕТР

1975

10 - 9153

А.С.Трофимов, Л.П.Челноков

ЦИФРОВОЙ АВТОМАТИЧЕСКИЙ Q -МЕТР

Объединенный институт
ядерных исследований
СИБИРСКАЯ БИБЛИОТЕКА

Введение

Увеличение надежности работы импульсных циклических ускорителей У-300 и У-200 Лаборатории ядерных реакций приводит к необходимости непрерывного автоматического контроля их некоторых параметров, одним из которых является добротность резонансной системы Q . Непрерывный контроль за состоянием резонаторов ускорителей необходим по следующей причине: в циклотронах для перестройки резонаторов применяются закорачивающие пластины, ограничивающие их объем. Электрическая цепь резонатора замыкается подвижными контактами пластины, которые рассеивают значительные мощности, а это ведет к их подгоранию. Сопротивление подгоревших контактов возрастает, вызывая уменьшение добротности резонатора, и это, в итоге, приводит к выходу ускорителя из строя.

Для предупреждения аварийной ситуации и необходим контроль за состоянием контактов закорачивающей пластины во время работы ускорителя. Его можно осуществить путем постоянного измерения добротности резонансной системы работающего ускорителя, так как она в значительной степени определяется величиной переходного сопротивления "закоротки".

Измерить добротность резонаторов работающего в импульсном режиме ускорителя наиболее просто можно подсчетом числа периодов свободно затухающих колебаний в резонаторе, амплитуда которых уменьшается в заданное число раз после прекращения подачи в.ч. мощности в резонатор, так как известно, что от-

ношение напряжений двух амплитуд в колебательном контуре (резонаторе) для режима свободно затухающих колебаний равно:

$$\frac{U_k}{U_{k+n}} = e^{-\frac{n\pi}{Q}}, \quad (1)^{1/}$$

где n - любое целое число периодов свободно затухающих колебаний, Q - добротность контура, e - основание натурального логарифма. Из выражения (1) следует, что если

$$\frac{U_k}{U_{k+n}} = e^{-\pi}, \quad \text{то } Q = n. \quad (2)^{1/}$$

Из приведенных соотношений видно, что точность измерения добротности зависит от погрешности определения числа периодов свободно затухающих колебаний, амплитуда которых уменьшается в $e^{-\pi}$ раз. Погрешность измерения Q может быть уменьшена путем усреднения нескольких замеров, например суммированием M измерений, что приводит к необходимости рассчитывать величину $\frac{U_k}{U_{k+n}}$, при которой произведение $n \cdot M$ (M - число замеров Q) должно быть равно Q .

Цифровой автоматический Q -метр

В разработанном измерителе добротность представляется в виде десятичного числа на пересчетном приборе (например, ПП-9-1). Величина добротности оценивается по 16 замерам, и результат выдается в целых числах без учета младшего разряда, а выражение (1) становится равным:

$$\frac{U_k}{U_{k+n}} = e^{-\frac{\pi}{1,6}} = 7,128. \quad (3)$$

Q -метр (рис. 1) состоит из двух независимых интегральных дискриминаторов D_1 и D_2 , с разными уровнями дискриминации U_1 и U_2 , которые через нормально открытые ключи $НОК_1$ и $НОК_2$ соединены со входами цифрового компаратора N_1 и N_2 , а также из управляю-

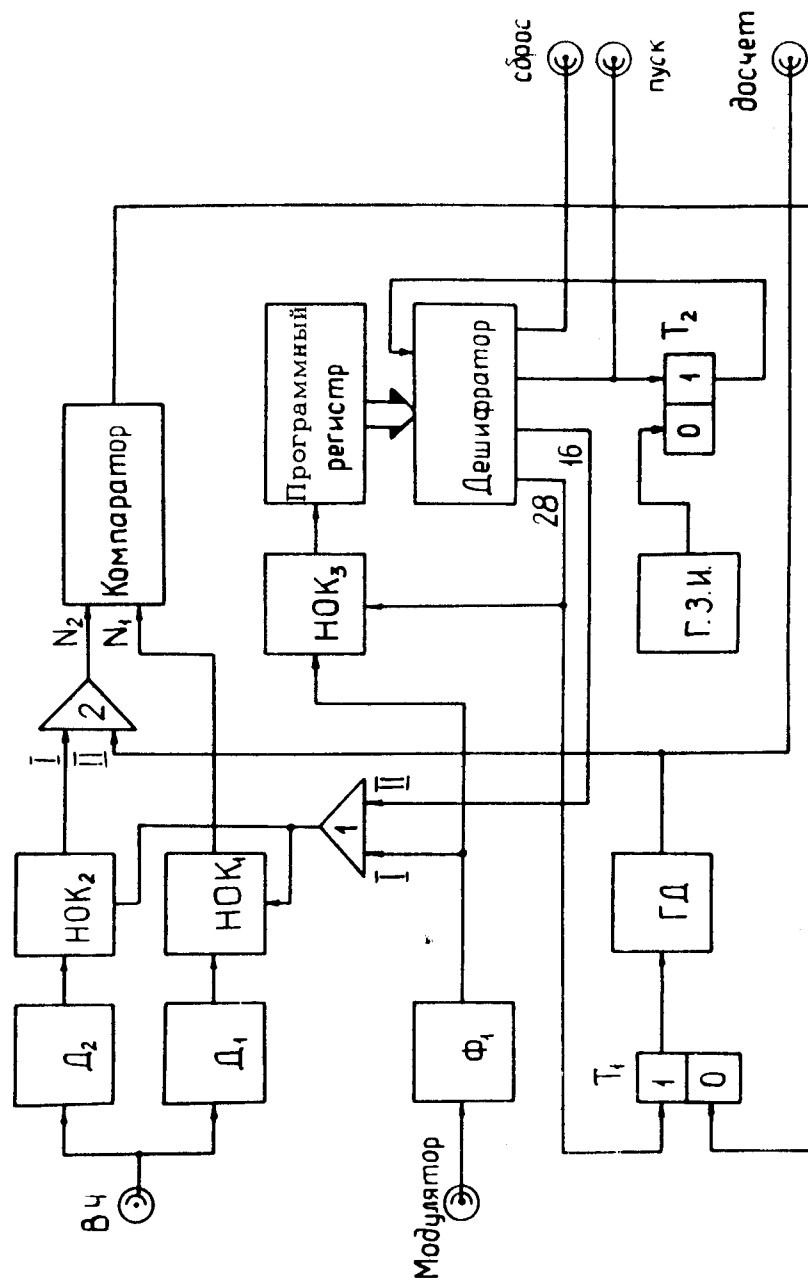


Рис. 1

шей логики, в свою очередь, содержащей программный регистр с дешифратором, управляющие триггеры T_1 и T_2 , генератор импульсов досчета ГД и генератор запуска цикла измерения ГЗИ, формирователь импульса модулятора в.ч. генератора Φ_1 , и схемы ИЛИ 1 и 2. Перед началом работы Q-метр должен быть откалиброван, то есть необходимо установить пороги срабатывания дискриминаторов (рис. 2) так, чтобы $U_2/U_1 = 7,128$. Наиболее просто, с высокой точностью, порядка 0,1%, калибровка осуществляется с помощью аналого-цифрового преобразователя АЦП следующим образом. Устанавливается порог срабатывания дискриминатора $D_1 - U_1$. АЦП регистрирует импульсы, амплитуда которых равна величине порога U_1 . Затем адрес A_1 , характеризующий величину порога U_1 , умножается на 7,128, что дает: $A_2 = 7,128A_1$. После чего увеличивается амплитуда калибровочных импульсов до значения A_2 , по которому определяется порог U_2 . Значение порогов U_1 и U_2 фиксируется шкалами гелинотов - и измеритель готов к работе.

Работает Q-метр следующим образом: импульсы в.ч. из резонатора ускорителя поступают на входы дискриминаторов D_1 и D_2 . На каждый период в.ч. колебания, амплитуда которого превышает порог дискриминации, дискриминатор выдает импульс стандартной длительности и амплитуды. С выходов дискриминаторов импульсы поступают на входы ключей, которые закрываются каждым импульсом модулятора через Φ_1 , ИЛИ₁ (вход 1), и поэтому на входы компаратора попадает только часть импульсов, которая относится к области свободного затухания в.ч. напряжения в резонаторе ускорителя. Из рис. 2 видно, что число импульсов, запомненных компаратором, которое характеризует добротность контура, равно: $n \cdot M = N_1 - N_2$. На рис. 3 представлена временная диаграмма полного цикла измерения Q, из которой видно, что программный регистр позволяет набирать числа N_1 и N_2 от 16 импульсов в.ч. На переднем фронте 16 импульса модулятора в.ч. генератора через схему ИЛИ 1 (вход II) поступает потенциал, закрывающий ключи НОК1 и НОК2.

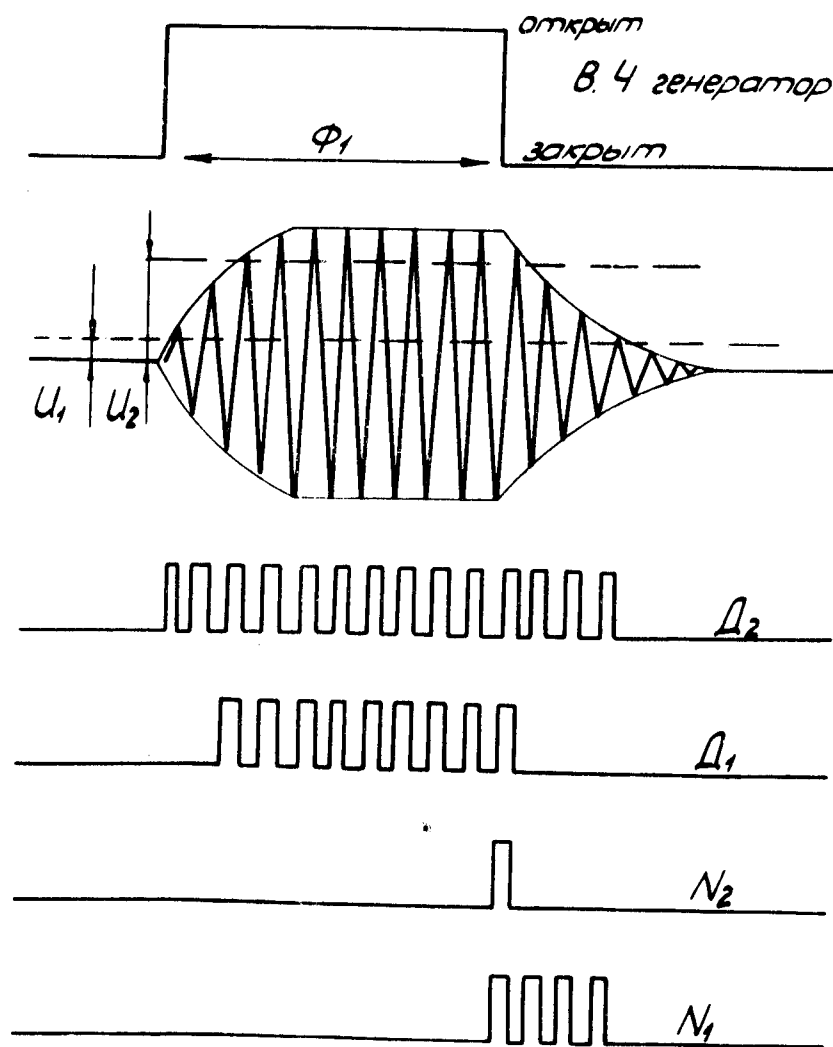


Рис. 2

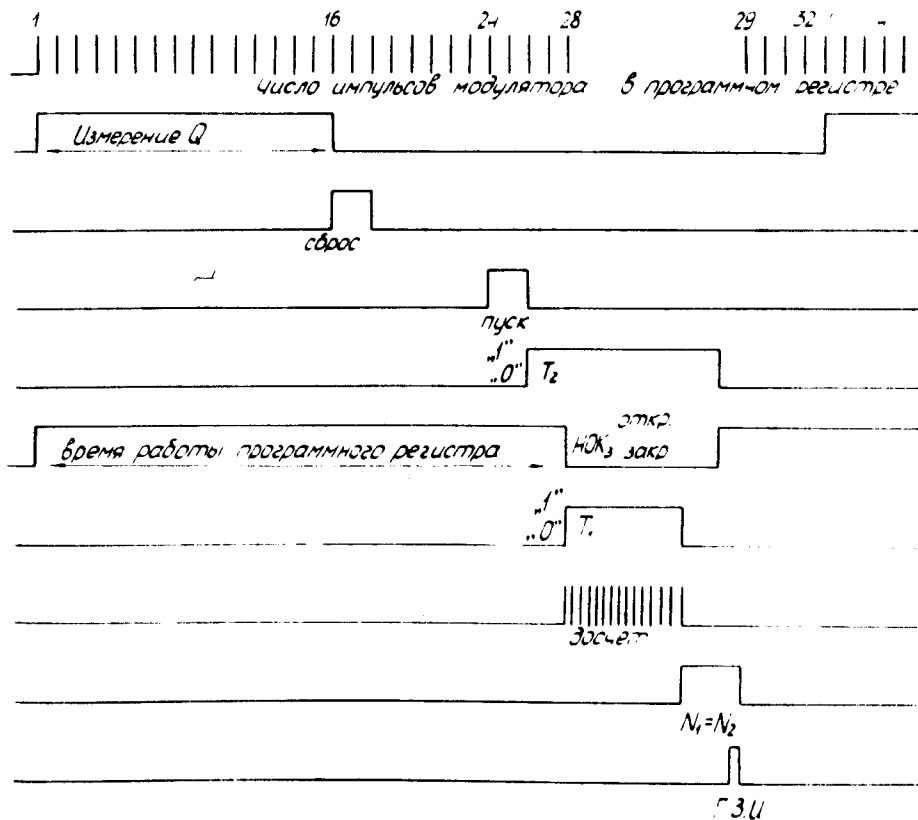


Рис. 3

Программный регистр, считающий импульсы модулятора, и дешифратор позволяют с 16 по 18 импульс модулятора формировать сигнал "сброс" ПП-9-1, с 24 по 26 - осуществлять "пуск" ПП-9-1 и установку в "1" триггера T_2 . На 26 импульсе модулятора закрывается ключ НОК₃, запрещающий поступление импульсов в программный регистр. На этом же 26 такте сбрасывается в "1" триггер T_1 , управляющий генератором досчета. Импульсы ГД поступают одновременно на вход N_2 компаратора и в ПП-9-1. В момент равенства чисел $N_1=N_2$ компаратор выдает сигнал, опрокидывающий T_1 в "0", и ГД - выключается. Таким образом число $n \cdot M = N_1 - N_2$ оказывается в регистре ПП-9-1, а схема останавливается в этом состоянии. Примерно через 10-20с ГЗИ опрокидывает T_2 в "0", и цикл измерения начинается снова и т.д. Q-метр позволяет измерять добротности резонаторов, работающих на частотах до 25 МГц.

Долговременная точность измерения Q не хуже 1%, а относительная погрешность нескольких измерений не хуже 0,5%.

В заключение авторы выражают благодарность академику Г.Н.Флерову за постановку задачи автоматического измерения добротности резонансных систем базовых установок Лаборатории ядерных реакций и постоянную поддержку в работе, а также И.А.Шелаеву за предложение метода измерения добротности и обсуждение блок-схемы прибора.

Литература

1. А.Л.Грохольский. Измерители добротности - куметры. Наука, Новосибирск, 1966.
2. Ф.Ф.Борейко и др. ОИЯИ, 13-6396, Дубна, 1972.

Рукопись поступила в издательский отдел
10 сентября 1975 года.