

пературах до 750°С [4], и графита марки PGA [5] показало, что отечественные материалы типа ГМЗ и КИГ при рассматриваемых условиях облучения имеют более низкую скорость радиационной усадки (табл. 3).

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Скорость радиационной усадки образцов достигает максимума при температуре 450°С и снижается с повышением температуры облучения до 700—950°С.
2. Повышение температуры графитации материала марки ГМЗ до 2800—3000°С снижает скорость его усадки примерно в два раза.
3. Уплотняющие пропитки каменноугольным пеком практически не влияют на изменения размеров.
4. Наибольшей стабильностью обладают изотропные материалы на основе непрокаленного кокса.

5. При нейтронных дозах ниже $1 \cdot 10^{22}$ нейтр/см² и температурах 450—800°С «вторичное распухание» не возникает.

Поступило в Редакцию 27/XI 1972 г.
В окончательной редакции 2/III 1973 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петросьянц А. М. и др. «Атомная энергия», 1974, т. 31, вып. 4, с. 315—323.
2. Simmons J. Proc. of 3rd Conf. on Carbon, 1959, p. 579.
3. Henson R. e.a. «Carbon», 1968, v. 6, p. 789—866.
4. Nettle P. e.a. «Atom», 1968, № 146, p. 329.
5. Martin W., Price A. «J. Nucl. Energy», 1967, v. 21, p. 359—371.

Флюктуационный измеритель мощности и периода ядерного реактора

САПОЖНИКОВ А. И., КАЗАЧКОВ В. И.

УДК 621.039.564.2

В отечественных системах контроля ядерных реакторов используются токовый и импульсный методы измерения плотности нейтронного потока, основанные на измерении первого момента распределения сигнала нейтронного детектора. Однако в некоторых случаях целесообразно измерять плотность нейтронного потока и период реактора по дисперсии тока ионизационной камеры [1, 2].

На рисунке (а) показана структурная схема прибора, предназначенного для измерения плотности нейтронного потока Φ и периода реактора T по дисперсии тока ионизационной камеры. Флюктуационная составляющая сигнала ионизационной камеры ИК выделяется на нагрузке R_n , усиливается предварительным усилителем ПУ и подается на функциональный преобразователь ФП, в котором происходит выделение сигнала, пропорционального нейтронному потоку, и его логарифмирование. После дифференцирующего усилителя ДУ получается сигнал, пропорциональный обратному периоду реактора.

Предусилитель имеет следующие характеристики: коэффициент усиления 100; нестабильность коэффициента усиления в диапазоне температур 10—40°С не более 2%; полоса частот по уровню 0,7 от 300 до 2000 гц; приведенный ко входу уровень собственных шумов при замкнутом на 100 ком входе не более 3 мкв. Входное сопротивление прибора определяется величиной сопротивления R_n и составляет 100 ком. Для получения широкого динамического диапазона функциональный преобразователь ФП построен по типу последовательного суммирования [3]. Структурная схема ФП изображена на рисунке (б).

Функциональный преобразователь имеет логарифмический и линейный каналы. Элементарная ячейка ФП состоит из усилителя У, линейного выпрямителя ЛВ и ограничителя уровня ОГ. Напряжения элементарных ячеек складываются, и на выходе сумматора получается сигнал $I_{\text{лог}}$, пропорциональный логарифму нейтронного потока. Максимальное относительное отклонение реальной логарифмической характеристики от идеальной в зависимости от коэффициента усиления

К элементарной секции имеет вид [3]:

$$\delta U_{\text{лог}} = A - [\ln(\ln K) + 1] (\ln K)^{-1} A + [1 - (\ln K)^{-1} (A \ln K)],$$

где

$$A = \sum_{i=0}^n \frac{1}{K^i - 1}.$$

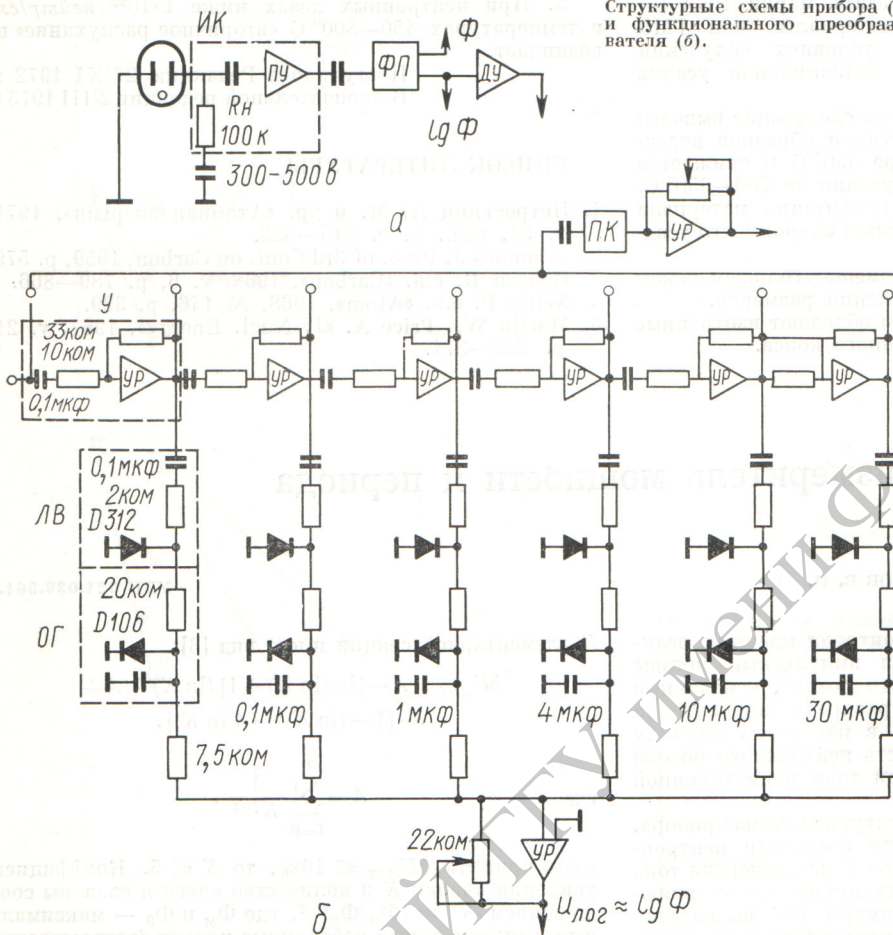
Если принять $\delta U_{\text{лог}} \leq 10\%$, то $K \leq 5$. Коэффициент усиления ячейки K и количество ячеек n связаны соотношением $K^n = (\Phi_m/\Phi_0)^{1/2}$, где Φ_m и Φ_0 — максимальный и минимальный нейтронные потоки соответственно. Отсюда при $\Phi_m/\Phi_0 = 10^6$ и $K = 3,3$ количество ячеек равно 6. Усилительная секция построена на операционном усилителе типа УР «Спектр-АДС» и имеет следующие параметры: коэффициент усиления $3,3 \pm 5\%$; нестабильность коэффициента усиления в диапазоне температур 10—40°С не более 5%; максимальная неискаженная амплитуда выходного сигнала ± 10 в на нагрузке 2 ком; приведенный ко входу шум не более 300 мкв в полосе частот 300—2000 гц. Линейный выпрямитель — диод типа Д312. В качестве ограничителя уровня используется кремниевый диод типа Д106.

Линейный канал состоит из переключателя диапазона измерения П, квадратичного выпрямителя КВ и усилителя УР. Среднее значение напряжения на выходе КВ пропорционально нейтронному потоку [1]. Основная приведенная погрешность измерения по линейной шкале не более $\pm 5\%$. В качестве КВ применен стандартный квадратичный преобразователь типа ПК комплекса «Спектр-АДС». Дифференцирующий усилитель собран на решающем усилителе УР.

Постоянные времени дифференцирования и сглаживающего фильтра могут быть установлены ступенями: 10, 5 и 1 сек. Прибор рассчитан на измерение периода реактора в диапазоне 10—100 сек.

Испытания прибора на исследовательском реакторе АМБФ в диапазоне нейтронных потоков 10^3 — 10^7 нейтр/см²·сек и при незначительном γ -фоне

Структурные схемы прибора (а) и функционального преобразователя (б).



показали, что погрешность измерения нейтронного потока в логарифмическом масштабе не превышала $\pm 10\%$ декады. Относительная погрешность измерения периода реактора не превышала $\pm 15\%$.

При испытаниях прибора на реакторе ИРТ-2000 в диапазоне нейтронных потоков $5 (10^4 \div 10^{10})$ нейтр/см²·сек и γ -фоне $2 \cdot 10^4$ р/ч погрешность измерения нейтронного потока в логарифмическом масштабе не превышала $\pm 10\%$ по току выходного прибора. Погрешность измерения линейного канала составила $\pm 5\%$. При γ -фоне, равном $3,5 \cdot 10^6$ р/ч, диапазон измерения составил $2 (10^6 \div 10^{10})$ нейтр/см²·сек. Погрешность измерения периода 40 сек составила $\pm 10\%$.

Камера КНТ-54 с предуслителем связана кабелем ПАТРЕ длиной 20 м и удельной емкостью 100 пф/м.

Предусилитель и функциональный преобразователь соединены кабелем типа РК-50 длиной 100 м.

Поступило в Редакцию 8/V 1973 г.
В окончательной редакции 28/IX 1973 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Могильнер А. И., Морозов С. А. «Атомная энергия», 1968, т. 24, вып. 2, с. 151.
2. Могильнер А. И., Морозов С. А. «Атомная энергия», 1969, т. 26, вып. 6, с. 491.
3. Волков В. М. Функциональные электронные усилители с широким динамическим диапазоном. Киев, «Техника», 1967.