

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

P13-85-215

Л.М.Онищенко, А.Л.Шискин

**АППАРАТУРА
С ГАЗОРАЗРЯДНЫМИ ДЕТЕКТОРАМИ
ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ
И МЕТОДЫ ЕЕ ДИАГНОСТИКИ**

Направлено в ПТЭ

1985

ВВЕДЕНИЕ

Наличие средств диагностики необходимо для любой аппаратуры, измеряющей физические параметры полей радиации.

Особенно жесткие требования предъявляются к информационно-измерительным системам контроля радиационной безопасности^{/1/}, так как от надежности и достоверности измерений уровней ионизирующих излучений зависит, в конечном итоге, безопасность людей, работающих на территории, контролируемой системой. Для таких систем диагностика ее детекторов и регистрирующих электронных схем имеет первостепенное значение.

Наибольшее распространение к настоящему времени получили способы диагностики с использованием радиоактивных источников или по фоновому излучению^{/2,3/}.

Однако проверка по уровню фона занимает много времени /5 ÷ 10 мин / и часто не обеспечивает достаточной достоверности контроля^{/2/}. Применение же радиоактивных источников, особенно для многоканальных автоматизированных систем, не всегда возможно.

Так, для датчиков на основе газоразрядных коронных детекторов типа СММ-14^{/4/} известные устройства /например, бленкер/ с контрольными радиоактивными препаратами использовать нельзя, так как бета-частицы от контрольного источника создают в коронном счетчике слабый сигнал, не выделяемый на фоне шумов коронного разряда, а в случае альфа-источника его частицы практически полностью задерживаются в стенках детектора.

Кроме того, сам по себе радиоактивный источник представляет определенную опасность, и работа с ним требует соблюдения специальных мер предосторожности.

Ниже описываются методика и средства диагностики аппаратуры без применения радиоактивных источников.

1. МЕТОДИКА ДИАГНОСТИКИ УСТРОЙСТВ С КОРОННЫМИ СЧЕТЧИКАМИ ТИПА СММ-14

Устройство детектирования нейтронов на основе коронного счетчика СММ-14 описано в^{/5,6/}. На рис.1а показана одна из возможных схем, используемых в многоканальных системах^{/1/} измерения полей нейтронов. Она содержит блок детектирования нейтронов /БДН/ со счетчиком СММ-14 и предусилителем /У/, блоки развязки /БР/ сигнала

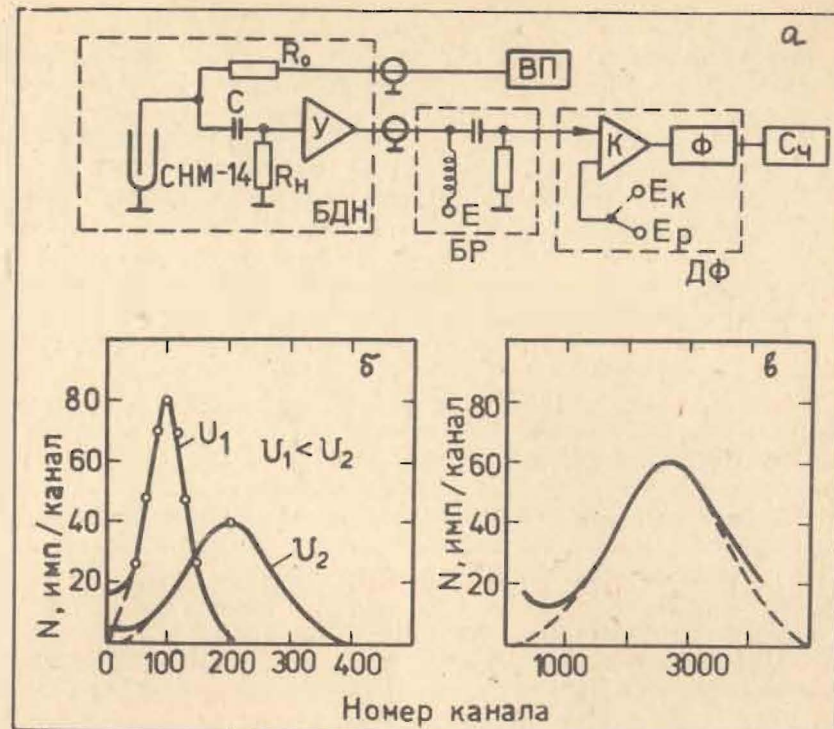


Рис.1. Блок-схема устройства детектирования нейтронов / а/ и амплитудные спектры сигналов на выходе СММ-14: шумов короны / б/ и альфа-частиц / в/ реакции $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$ /—●— эксперимент; - - - - аппроксимация нормальным распределением/.

ла от источника питания усилителя, дискриминатор-формирователь /ДФ/, счетчик импульсов /СИ/ и блок высоковольтного питания /ВП/.

В работе^{/5/} предложен способ контроля работоспособности схемы /рис.1а/ по изменению скорости счета шумов коронного разряда СММ-14 с амплитудой импульсов выше заданного контрольного порога. Для этого компаратор К /рис.1а/ блока ДФ должен иметь два опорных уровня: низкий (E_k) - для регистрации сигналов от шумов короны и от нейтронов ($N_k + N_n$); высокий (E_p) - для регистрации, в основном, сигналов, рожденных нейтронами (N_n).

Сущность способа поясняется амплитудными спектрами сигналов СММ-14: коронного разряда /рис.1б/ и импульсов от продуктов реакции $^{10}\text{B}(n,\alpha)^7\text{Li}$ /в основном, от альфа-частиц/.

Амплитудное распределение сигналов коронного разряда имеет простой вид и достаточно хорошо аппроксимируется нормальным распределением^{7/}.

Спектр рабочих сигналов состоит из двух частично перекрывающихся пиков, содержащих по-50% всех рабочих сигналов. Первый пик располагается в области "шумов" коронного разряда. В рабочем режиме он дискриминируется вместе с импульсами короны. Второй пик показан на рис.1в. Для практических оценок его можно аппроксимировать тоже нормальным распределением.

При неизменных параметрах схемы измерения /рис.1а/ и счетчика СММ-14 форма спектров и, соответственно, контрольный счет от импульсов коронного разряда не меняется.

Реализация этого способа не сложна, т.к. полное количество импульсов N_{k0} от короны значительно больше обычной загрузки по нейтронам /в^{7/} показано, что $N_{k0} \approx /2 \div 3/ \cdot 10^{+5} \text{ с}^{-1}$ /, а амплитуда основной части рабочих импульсов в $10 \div 20$ раз выше амплитуды импульсов от короны. Поэтому практически всегда можно выбрать такие значения порогов, при которых погрешности измерения и контроля будут минимальными, т.е. $N_k \gg N_n$ при контрольном пороге E_k и $N_k = N_{\phi} / N_{\phi} - \text{фон}$ / при рабочем пороге E_p .

В качестве иллюстрации ниже анализируются возможные ситуации отказов аппаратуры и возможности предлагаемого способа ее диагностики.

1.1. Изменились коэффициент усиления предусилителя и пороги дискриминации. В этих случаях произойдет сдвиг пиков спектров распределения в соответствующую сторону относительно установленных порогов, что приведет к изменению рабочего и контрольного счета, причем предварительным выбором величин E_k и E_p /относительно положения пиков на рис.1в,б/ можно обеспечить требуемую чувствительность (η) контроля: $\eta = \delta_k / \delta_p$, где δ_k - относительное изменение контрольного счета, δ_p - относительное изменение рабочего счета на одинаковое изменение параметров схемы измерения.

1.2. Изменилось напряжение питания счетчика. Вариация в широком диапазоне напряжения U питания СММ-14 сравнительно слабо изменяет амплитудное распределение рабочих импульсов. Это связано с физической особенностью процесса газового усиления в коронном разряде^{8/}. Однако такое же по величине изменение U может привести к очень сильному изменению спектра коронных импульсов, а следовательно, контрольного счета.

В предельном случае скорость счета контрольных импульсов изменяется от максимальной $/2 \div 3/ \cdot 10^5 \text{ с}^{-1}$ до фоновой $/\sim 2 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}/$.

На рис. 1б,в показаны распределения для двух значений U . Видно, что пик распределения коронных импульсов с ростом напря-

жения сдвигается вправо, а распределение рабочих сигналов остается неизменным.

В этом случае предлагаемый способ позволяет на самой ранней стадии обнаружить данную неисправность и принять необходимые меры, иногда задолго до полного отказа аппаратуры.

1.3. Разгерметизация счетчика СММ-14. Процесс газового разряда в СММ-14, как, впрочем, и в других газоразрядных детекторах, чрезвычайно чувствителен к изменению газовой смеси. Поэтому, даже если разгерметизация счетчика происходит медленно, контрольный счет начинает изменяться раньше и сильнее, чем рабочий.

Здесь, как и в предыдущем случае, способ диагностики по шумам короны обладает значительно более высокой чувствительностью по сравнению с проверкой от радиоактивного источника и дает возможность быстро выявлять потенциально неисправные счетчики СММ-14, имеющие микротрещины /микроотверстия/.

Приведенные примеры, охватывающие все возможные неисправности измерительной схемы, показывают, что проверка работоспособности и стабильности аппаратуры по сигналам коронного разряда детектора обеспечивает необходимую точность и надежность контроля, при этом легко реализуется вариант с $\eta > 1$ /при проверке с радиоактивными источниками $\eta \approx 1$ /. Следовательно, достоверную информацию об изменениях параметров схемы измерения можно получить раньше, чем эти изменения приведут к отказу работы аппаратуры.

Несомненное достоинство предлагаемого способа - это возможность сократить время проверки и таким образом уменьшить "мертвое" время аппаратуры, в течение которого осуществляется диагностика и схема выводится из рабочего режима измерения.

Так, при скорости счета контрольных импульсов $10^3 \div 10^4 \text{ с}^{-1}$ достаточную контрольную статистику можно получить за время порядка 0,1 с.

Данная методика и схема контроля в настоящее время используются для проверки работоспособности автоматизированной многоканальной системы стационарного дозиметрического контроля^{1/} фазотрона ЛЯП ОИАИ.

Эксплуатация системы с 1982г. подтвердила описанные в настоящей работе достоинства методики. При этом надо отметить, что затраты на внедрение полностью окупались тем, что аппаратура, собранная по схеме 1а, дешевле аппаратуры, содержащей устройства с контрольными радиоактивными препаратами. При стабильной работе аппаратуры разброс контрольных счетов /каждое измерение длилось 0,1с/ за девять месяцев наблюдения не превысил +10% относительно средних значений, что соответствует /для $\eta \approx 2 \div 3$ / разбросу рабочих параметров 3 \div 5%.

Кроме того, в ходе настройки системы была выявлена дополнительная возможность использования схемы 1а для имитации воздей-

ствия на датчики системы реальных радиационных загрузок и, таким образом, для отладки аппаратуры и программ работы системы в условиях, близких к тем, которые ожидаются при работе ускорителя. Тем более что в современных системах контроля радиационной безопасности для повышения надежности их работы используются групповые методы оценки радиационной обстановки^{1/1/}, при которых выводы о создавшейся ситуации делают на основе анализа информации от группы датчиков. Поэтому для проверки программ работы таких систем необходимо смоделировать ряд экстремальных ситуаций, в том числе аварийную по группе датчиков. Использование для этих целей радиоактивных источников или самого ускорителя дорого и небезопасно для персонала. Настройка системы дозиметрического контроля фазотрона проводилась в режиме работы ДФ с контрольными опорными уровнями E_k /рис.1а/. Индивидуальным подбором величин E_k добивались требуемого соотношения скорости счета от датчиков системы. Возможность варьирования загрузки каналов в широких пределах позволила смоделировать любую ожидаемую радиационную обстановку и тем самым полностью подготовить систему к реальным измерениям.

2. ТРЕХЭЛЕКТРОДНЫЕ ДЕТЕКТОРЫ С КОРОНИРУЮЩИМ ЭЛЕКТРОДОМ

Примером дальнейшего развития методики использования коронного разряда для целей проверки работоспособности схемы измерения ионизирующих излучений является газоразрядный трехэлектродный детектор с контрольным элементом в виде дополнительного коронирующего электрода.

Упрощенные схемы детектора с плоскопараллельными электродами показаны на рис.2а, где 1 и 2 - основные электроды, 3 - камера с газом, 4 - изоляторы, 5 - дополнительный коронирующий электрод. Дополнительный электрод выполнен, например, в форме иглы и размещен, в одном случае, несимметрично относительно электродов /напротив электрода 2/, в другом случае - симметрично.

В настоящей работе на электрических схемах коронирующий электрод обозначен точкой /рис.2б/.

Если вблизи электрода 5 поддерживать напряженность электрического поля, достаточную для создания стабильного коронного разряда, то между основным /2/ и коронирующим электродами потечет ток. При этом, в зависимости от геометрии детектора и электродов, состава газовой смеси и параметров цепи питания, на фоне постоянного коронного тока возникают колебания одного из двух типов: нестационарные^{8/}/рис.3а/ и псевдорегулярные колебания релаксационного типа^{9/}/рис.3б/.

Контролируя параметры коронного разряда /например, скорость счета сигналов с амплитудой выше заданного порога или

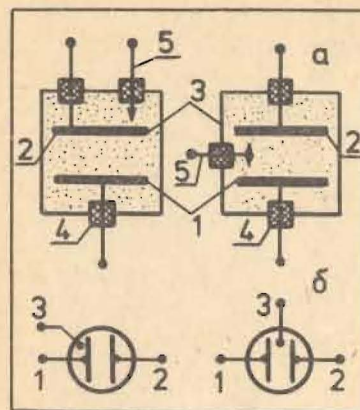


Рис.2. Устройство и обозначения трехэлектродного детектора с контрольным элементом.



Рис.3. Виды колебаний коронного разряда.

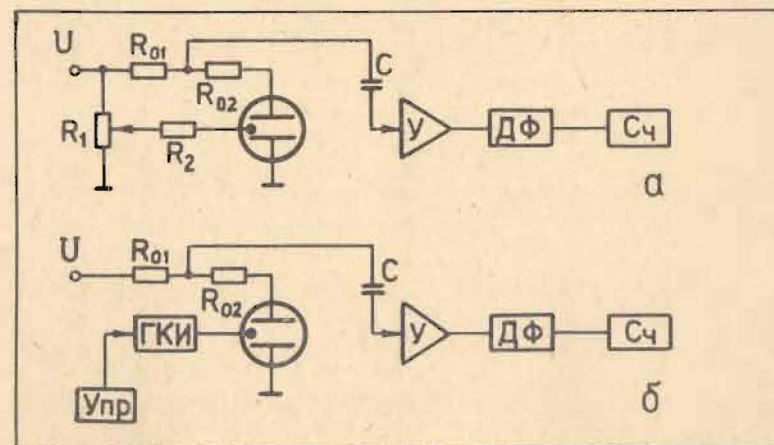


Рис.4. Импульсные схемы включения трехэлектродного детектора.

величину постоянного коронного тока/ можно однозначно установить работоспособность аппаратуры.

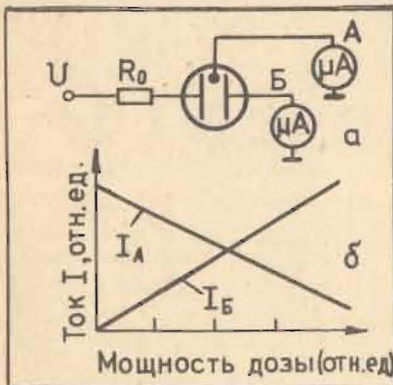
Работа трехэлектродного детектора в составе измерительной аппаратуры показана на примере трех типов схем включения.

На рис.4 показаны две возможные схемы импульсного включения трехэлектродного детектора. Схемы содержат сопротивления в цепи питания / R_{01} и R_{02} /, ограничивающие ток разряда, разделительную емкость / C /, усилитель / $У$ /, дискриминатор-формирователь /ДФ/ и счетчик импульсов / C_4 /. С помощью сопротивлений R_1 и R_2 /рис.4а/ подбирается потенциал питания дополнительного электрода.

Схема рис.4а предназначена для работы детектора с непрерывным коронным разрядом. В этом случае работа канала организована так же, как и для коронного счетчика СНМ-14, т.е. дискриминатор-формирователь имеет два порога: рабочий и контрольный.

Схема рис.4б работает в режиме периодического включения коронного разряда. В рабочем режиме детектора разность потенциалов между основным и коронирующим электродом, устанавливаемая меньше потенциала зажигания короны, подбирается таким образом, чтобы получить нужную чувствительность детектора к ионизирующему излучению. В работах /10,11/ показано, что чувствительность трехэлектродных детекторов можно изменять в несколько раз /2÷3/, изменяя потенциал дополнительного электрода. На время контроля /по сигналу от схемы управления - "Упр."/ разность потенциалов в коронирующем промежутке поднимают выше напряжения зажигания короны. Эту процедуру можно осуществлять с помощью управляемого генератора контрольных импульсов /ГКИ/, у которого верхний уровень соответствует режиму контроля, нижний - рабочему режиму.

На рис.5а приведена одна из схем токового включения трехэлектродного детектора в режиме работы с непрерывным коронным разрядом. Качественная зависимость отклика детектора на выходах А и Б мощности дозы ионизирующего излучения показана на рис.5б. Параллельное подключение выходов А и Б через регулируемые делители тока к измерителю тока позволяет непрерывно контролировать работу схемы по величине постоянного коронного тока с выхода А, а также с помощью делителей регулировать наклон зависимости суммарного тока от мощности дозы излучения. Определенный интерес представляет использование трехэлектродного детектора,



работу схемы по величине постоянного коронного тока с выхода А, а также с помощью делителей регулировать наклон зависимости суммарного тока от мощности дозы излучения. Определенный интерес представляет использование трехэлектродного детектора,

Рис.5. Токовая схема включения трехэлектродного детектора.

включенного по схеме 5а, в качестве элемента управления в схемах сигнализации, работающих в мощных полях радиации.

На рис.6 приведены примеры схем интегрально-импульсного включения трехэлектродного детектора в измерительную цепь.

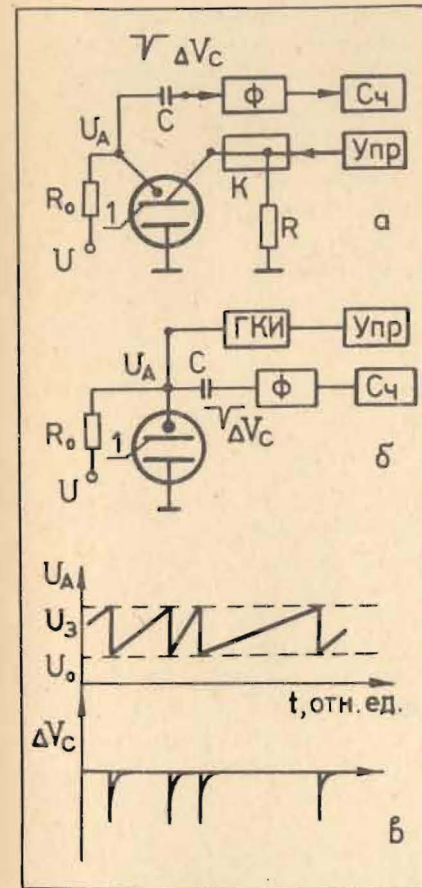


Рис.6. Интегрально-импульсные схемы включения трехэлектродного детектора.

Устройство работает следующим образом. Как только разность потенциалов между коронирующим и "собирающим" (1) электродами достигнет величины U_3 , достаточной для пробоя газового промежутка, между этими электродами возникнет разряд, в результате чего на собирающий электрод перенесется порция заряда, разность потенциалов между коронирующим и собирающим электродами станет меньше величины напряжения (U_3) зажигания и разряд прекратится. Затем под действием ионизирующего излучения этот разряд начинает компенсироваться ионизационным током и разность потенциалов на коронирующем промежутке вновь растет /рис.6в/. Процесс заряда-разряда периодически повторяется /рис.6в/. На выходе детектора появляются импульсы большой /десятки вольт/ амплитуды $\Delta U = (U_3 - U_0)$. Так как в среднем за один процесс коронного

разряда переносится в среднем одинаковый заряд q , величина которого определяется ΔU и C /емкость разрядного промежутка/, то интегральная доза облучения будет пропорциональна количеству импульсов, а длительность между соседними выходными импульсами будет обратно пропорциональна мощности дозы ионизирующего излучения /рис.6в/.

Схемы рис.6а и 6б отличаются лишь подключением цепи контроля. Принцип проверки работоспособности схемы рис.6б такой же, как и для схемы устройства рис.4б. В схеме рис.6а на время проверки по сигналу управления /Упр./ ключ (К) подключает собирающий электрод через известное сопротивление R к земле. В результате на выходе детектора должна появиться серия импуль-

сов. По количеству этих импульсов можно судить о работе всего устройства.

Выводы

1. Показано, что диагностика работоспособности устройств с газоразрядными детекторами возможна без применения радиоактивных источников путем проведения контроля параметров коронного разряда в детекторах. При этом, как правило, обеспечиваются необходимые точность и достоверность измерений.

2. Данная методика диагностики обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционным контролем при помощи радиоактивных источников:

- а/ электронные схемы достаточно просты в изготовлении и позволяют автоматизировать процесс контроля;
- б/ для диагностики требуется меньше времени, при этом возможно в широких пределах варьировать чувствительность контроля к изменениям параметров цепи измерения;
- в/ данная методика пригодна для любых газоразрядных детекторов, в том числе и для многоэлектродных ионизационных камер;
- г/ устройства становятся более безопасными в обслуживании, т.к. в них нет радиоактивных источников.

В заключение авторы выражают признательность В.О.Грому и В.А.Панюшкину за поддержку в работе, а также В.И.Фоминых за полезные замечания и предложения при подготовке настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Громов В.О. и др. ОИЯИ, 10-84-687, Дубна, 1984.
2. Матвеев В.В., Хазанов В.И.: Приборы для измерения ионизирующих излучений, Атомиздат, М., 1972, с.357.
3. Карнаухов И.Н. Авторск.свид.СССР № 744397 от 11.04.78. Бюл.ОИПОТЗ № 24, 1980, с.177.
4. Горн Л.С., Хазанов Б.И. Избирательные радиометры, Атомиздат, М., 1975, с.308.
5. Будяшов Ю.Г., Шишкин А.Л., ОИЯИ, 13-82-743, Дубна, 1982.
6. Будяшов Ю.Г. и др. ОИЯИ, 13-80- 881, Дубна, 1980.
7. Шишкин А.Л. ОИЯИ, 13-80-616, Дубна, 1980.
8. Толченнов Ю.М., Чайковский В.Г., ПТЭ, 1963, №6, с.3.
9. Геннис А.А., Горштейн И.Л., Пугач А.Б. Приборы тлеющего разряда, "Техника", Киев, 1970, с.212.
10. Шепель В.С., Щетинин О.И., ПТЭ, 1976, № 5, с.79.
11. Дмитриев Л.Б. и др. ПТЭ, 1973, № 4, с.61.
12. Дмитриев А.Б. и др. ПТЭ, 1973, № 1, с.67.

Рукопись поступила в издательский отдел
28 марта 1985 года

Онищенко Л.М., Шишкин А.Л.
Аппаратура с газоразрядными детекторами
ионизирующих излучений и методы ее диагностики

P13-85-215

Описаны схемы устройств с газоразрядными детекторами ионизирующих излучений и методика проверки их работоспособности без применения радиоактивных источников.

Диагностика проводится путем контроля параметров коронного разряда в детекторах. Методика пригодна для любых газоразрядных детекторов, обладает рядом преимуществ перед традиционным способом контроля с помощью радиоактивных источников, требует мало времени / ~ 0,1 с/ для проверки аппаратуры и обеспечивает необходимую точность и достоверность измерений.

Электронные схемы устройств достаточно просты и позволяют легко автоматизировать процесс диагностики.

Результаты работы могут найти применение в приборах и многоканальных системах контроля уровней ионизирующих излучений.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1985

Перевод М.И.Потапова

Onishchenko L.M., Shishkin A.L.
Apparatus with Gas-Discharge Detectors
of Ionizing Radiation and Methods for
Its Diagnostics

P-13-85-215

Circuits of devices with gas-discharge detectors of ionizing radiation and methods for checking their serviceability without the use of radioactive sources are described. Diagnostics is carried out by controlling the parameters of the brush discharge in detectors. This technique is good for any gas-discharge detectors; it has a number of advantages over the traditional control with the use of radioactive sources, requires little time (0,1 sec) for checking the devices and ensures the necessary accuracy and reliability of measurements. Electronic circuits of the devices are quite simple and allow easy automation of the diagnostic process. Results of this work can be employed in instruments and multichannel systems for control over ionizing radiation levels.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1985