

С 344.1И

П-34

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна.

P13 - 4446



А.Ф.Писарев, В.М.Шешунов

МЕТОД НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ
ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА ГАЗА

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

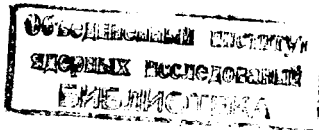
1969

P13 - 4446

А.Ф.Писарев, В.М.Шешунов

МЕТОД НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ
ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА ГАЗА

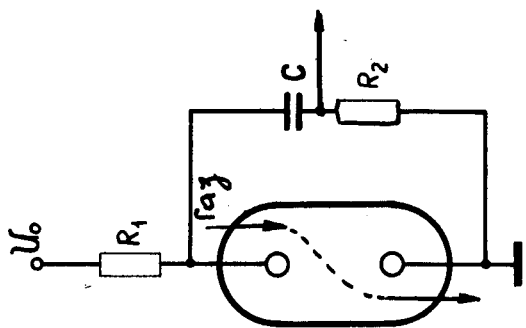
Направлено в ПТЭ



дн 1/1487

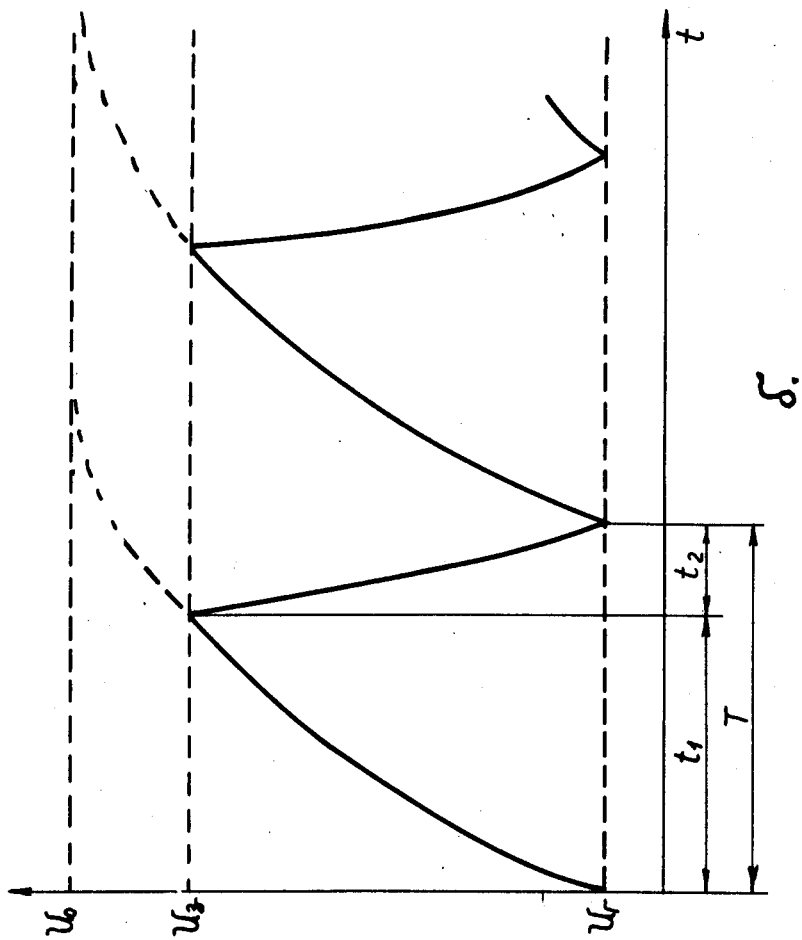
За последние годы в экспериментальной ядерной физике высоких энергий все большую роль отводят искровым и стримерным камерам больших объемов. Это обстоятельство повлекло за собой разработку систем непрерывной или периодической очистки газа в камерах, непосредственно в местах их использования. От степени чистоты газа, как известно, сильно зависит эффективность камеры к регистрации частиц, особенно ливневых. Одним из важных элементов системы очистки газа является элемент контроля чистоты газа. В настоящее время существует несколько методов контроля состава газа, основанных на использовании ряда оптических, масс-спектрометрических, химических и звуковых явлений. Однако все они, как правило, чрезвычайно сложны или инерционны и не позволяют осуществлять непрерывный контроль за изменением состава в условиях физического эксперимента.

В этой краткой заметке мы хотим сообщить об очень простом и эффективном способе такого контроля. В основе метода используется эффект сильной зависимости потенциала зажигания газа от его состава. Конкретно этот эффект реализуется в разрядно-релаксационной ячейке, изображенной на рис. 1, а и 2, через которую непрерывно продувается контролируемый газ. Как видно из рис. 1, ячейка является элементом РС-генератора. Любое изменение состава газа немедленно отражается на потенциале его зажигания и гашения в ячейке и, следовательно, на



а.

4



б.

Рис.1. а. Схема генератора на разрядной ячейке. б. График работы генератора.

частоте срабатывания генератора. На рис. 1 приняты следующие обозначения: R -сопротивление, C -конденсатор, U_0 -напряжение на ячейке, U_3 -напряжение зажигания, U_Γ -напряжение гашения, t_1 -время зарядки ячейки до пробоя, t_2 -время разряда, t -текущее время. Простой анализ графика работы генератора (см. рис. 1,б) показывает, что время нарастания напряжения на конденсаторе до пробоя ячейки равно

$$t_1 = \tau_1 \ln \frac{U_0 - U_\Gamma}{U_0 - U_3}, \quad (1)$$

где τ_1 -постоянная времени зарядки, равная $C(R_1 + R_2)$. Время разряда конденсатора через ячейку от напряжения зажигания U_3 до напряжения гашения U_Γ равно

$$t_2 = \tau_2 \ln \frac{U_3}{U_\Gamma}, \quad (2)$$

где τ_2 -постоянная времени разрядки, равная $C(\Gamma + R_2)$, Γ -внутреннее сопротивление ячейки в момент разряда. Период срабатывания генератора

$$T = t_1 + t_2 = \tau_1 \ln \frac{U_0 - U_\Gamma}{U_0 - U_3} + \tau_2 \ln \frac{U_3}{U_\Gamma}. \quad (3)$$

Отсюда частота работы может быть определена как

$$f = \frac{1}{T}. \quad (4)$$

При изменении состава газа в ячейке произойдет сдвиг напряжений U_3 и U_Γ , что вызовет уход частоты генератора на величину

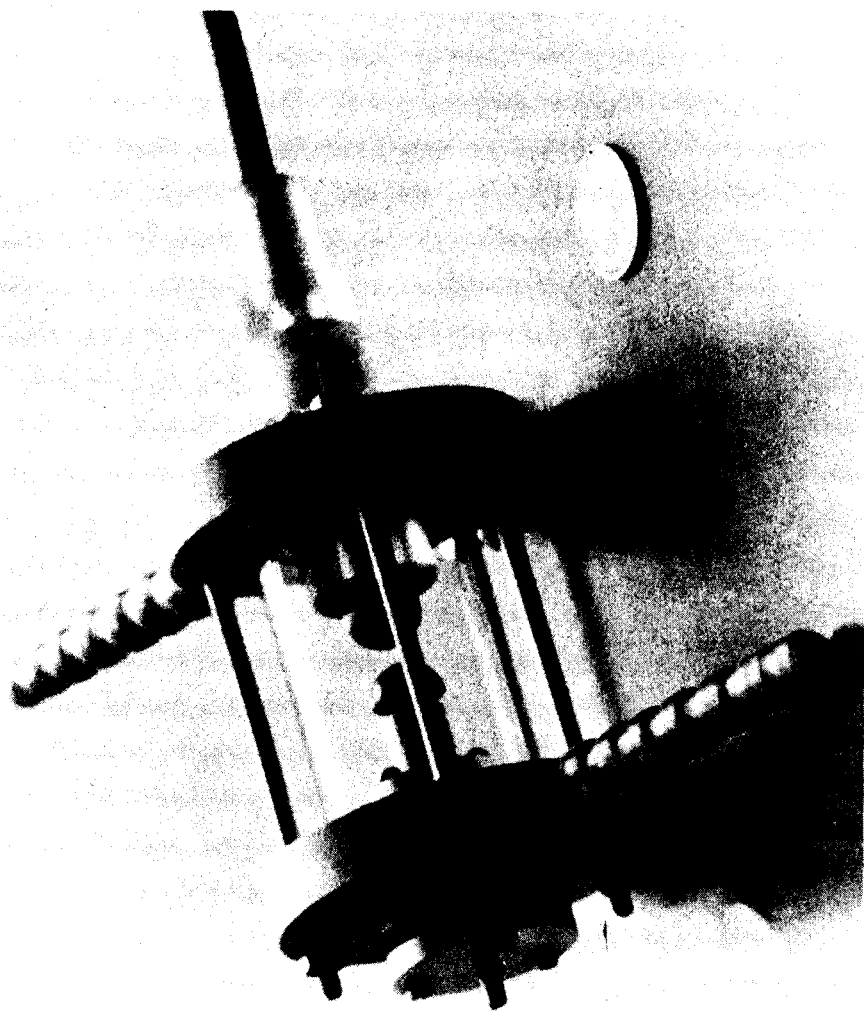


Рис.2. Фотография разрядной ячейки.

$$df = \frac{\partial f}{\partial T} dT = -\frac{1}{T^2} dT. \quad (5)$$

Относительное же изменение частоты f при этом составит

$$\frac{df}{f} = -\frac{dT}{T}. \quad (6)$$

Величина dT может быть представлена в следующем виде:

$$dT = \frac{\partial T}{\partial U_3} dU_3 + \frac{\partial T}{\partial U_\Gamma} dU_\Gamma, \quad (7)$$

Определяя теперь производные $\frac{\partial T}{\partial U_3}$ и $\frac{\partial T}{\partial U_\Gamma}$ из (3) и подставляя их значения в (7), найдем:

$$dT = \left(\frac{r_1}{U_0 - U_3} + \frac{r_2}{U_3} \right) dU_3 - \left(\frac{r_1}{U_0 - U_\Gamma} + \frac{r_2}{U_\Gamma} \right) dU_\Gamma. \quad (8)$$

Комбинируя далее (3), (6) и (8), будем иметь

$$\frac{df}{f} = -\frac{\frac{r_1}{U_0 - U_3} + \frac{r_2}{U_3}}{r_1 \ln \frac{U_0 - U_\Gamma}{U_0 - U_3} + r_2 \ln \frac{U_3}{U_\Gamma}} dU_3 + \frac{\frac{r_1}{U_0 - U_\Gamma} + \frac{r_2}{U_\Gamma}}{r_1 \ln \frac{U_0 - U_\Gamma}{U_0 - U_3} + r_2 \ln \frac{U_3}{U_\Gamma}} dU_\Gamma. \quad (9)$$

При работе с инертными газами параметры ячейки R_1 и R_2 обычно выбираются из условия $R_1 \gg R_2$. Поэтому $r_2 \ll r_1$, и можно принять $r_2 \cong 0$. Можно также положить, что $U_\Gamma \cong 0$, так как для инертных газов потенциал гашения невелик. Эти приближения приводят к существенному упрощению формулы (9)

$$\frac{df}{f} = - \frac{dU_3}{(U_0 - U_3) \ln \frac{U_0}{U_0 - U_3}} \quad (10)$$

Если настроить работу генератора так, что $\frac{U_3}{U_0} = 0,9$, то, как следует из формулы (10), $\frac{df}{f} \approx -4 \frac{dU_3}{U_3}$, т.е. при изменении этой величины на 0,5%, соотношение $\frac{df}{f}$ меняется на 2%. Такой систематический уход частоты срабатывания генератора от средней частоты, например, $f = 10^2$ гц, будет обнаруживаться с помощью пересчетного устройства уже через 25 секунд.

Для экспериментальной проверки эффективности рассматриваемого метода был изготовлен образец релаксационной ячейки (см. рис. 2) и на ней построен RC-генератор. Сопротивления и емкость в генераторе имели следующие значения: $R_1 = 3,3$ мом, $R_2 = 33$ ом, $C = 22,5$ нф. Зазор между электродами в разрядной ячейке равнялся 0,8 см. При наполнении ячейки неоном особой чистоты частота релаксации генератора составляла 80 гц. Было выполнено два опыта. В первом из них через ячейку и искровую камеру последовательно прогонялся газ неон, который медленно разбавлялся воздухом. Напряжение на RC-генераторе поддерживалось неизменным, равным 2 кв, а на высоковольтном импульсном генераторе, питающем камеру, напряжение увеличивалось до значения, необходимого для сохранения на одном уровне эффективности регистрации в камере частиц космического излучения. В этом опыте была установлена, как и следовало ожидать, сильная корреляция между необходимой амплитудой импульсов E , подаваемых на камеру, и частотой срабатывания RC-генератора.

Так, для чистого неона $E = 7$ кв/см, $f = 80$ гц, для частично разбавленного воздухом - $E = 9,6$ кв/см и $f = 44$ гц. При дальнейшем разбавлении неона напряженность E достигла величины 11 кв/см,

а $f = 20$ гц. При достижении $f = 5$ гц, треки в камере получать вообще не удавалось.

Во втором опыте релаксационная ячейка служила элементом контроля степени очистки газа в искровой камере. Очистка осуществлялась непрерывно с помощью активированного угля, охлажденного до температуры жидкого азота. В начальный момент релаксационная ячейка не срабатывала, и треки в камере не наблюдались. В этом опыте амплитуда импульсов, подаваемых на камеру, оставалась неизменной и равнялась 10 кв/см. После непродолжительного времени очистки газа релаксационная ячейка стала срабатывать, однако треки еще не наблюдались. И только когда частота срабатывания ячейки достигла 15 гц, появились треки. Высокая же эффективность регистрации частиц в камере соответствовала моменту очистки газа, когда генератор стал работать с частотой 40 гц.

Результаты этих двух опытов свидетельствуют о том, что рассмотренный способ контроля изменения состава газа является чрезвычайно чувствительным. Этот метод интересен также и в том отношении, что уход частоты срабатывания генератора непосредственно отражает изменение эффективности камеры к регистрации частиц, т.к. эта характеристика камеры прямо связана с потенциалом зажигания газа. Разумеется, данный метод при соответствующей калибровке может найти применение и во многих других случаях, где требуется осуществлять непрерывный контроль за изменением состава газа.

Рукопись поступила в издательский отдел

23 апреля 1969 года.