ИЗМЕНЕНИЕ ВО ВРЕМЕНИ ПОДВИЖНОСТЕЙ ИОНОВ ОБОИХ ЗНАКОВ В СМЕСЯХ (SF_6+N_2)

А.Р. БАБАЕВА, А.М. ГАШИМОВ, Р.Н. МЕХТИЗАДЕ
Институт Физики АН Азербайджана,
Баку, 370143, пр. Г. Джавида, 33

Проведен анализ изменения во времени подвижностей ионов обоих знаков в смесях (SF_6+N_2). Вычислен параметр, характеризующий изменение подвижности ионов в процессе их дрейфа в электрическом поле. Выявлено монотонное уменьшение параметра "старения" ионов со временем дрейфа.

Как известно, одной из важнейших электрофизических характеристик диэлектрика является подвижность ионов. В газообразных диэлектриках возникновение, развитие и гашение электрических разрядов зависит от подвижности ионов. Подвижность ионов - величина, связывающая дрейфовую скорость ионов ($\overline{V}_{др}$) с напряженностью электрического поля ($\overline{E}$):

$\overline{V}_{др} = k\overline{E}$, где k - подвижность ионов.

В настоящее время известно несколько десятков методов измерения подвижности ионов в газах [1], однако по своей идее и принципу большинство из этих методов можно отнести к одному методу - методу дрейфовых трубок. Основная идея этого метода состоит в том, что определенные ионы того или иного знака, созданные в специальной камере, дрейфуют под действием приложенного электрического поля; измеряется время дрейфа ионов в трубке, по которому определяются дрейфовая скорость и подвижность ионов. Общей чертой метода дрейфовых трубок, присущей практически всем его модификациям, является возможность измерять в один прием подвижность ионов только лишь одного знака.

Исследование подвижности ионов обоих знаков в смесях элегаза (SF_6) с азотом (N_2) при различных давлениях смеси и при различном содержании ее компонентов, а также анализ изменения во времени подвижностей ионов, проводились с помощью метода, основанного на использовании явления несамостоятельного разряда, инициируемого распадом отрицательных ионов в сильных электрических полях [2]. Этот метод позволяет измерять подвижности ионов обоих знаков в один прием, что представляется важной задачей, особенно при исследованиях подвижностей ионов в газах с быстроизменяющимся составом.

В экспериментах по измерению подвижности ионов использовался технический элегаз без предварительной очистки от примесей и технически чистый азот (99,9%). Давление смеси варьировалось в пределах (0,3-1,5)10^5 Па, относительное содержание элегаза в смеси - в пределах (0,03-1,00). Экспериментальные данные о подвижности ионов обоих знаков в смесях элегаза с азотом и в воздухе свидетельствуют о том, что в пределах времен дрейфа ионов от 1,0 до 7,0 мс максимальные подвижности ионов, дрейфующих на фронте сгустка, не зависят от времени дрейфа, а подвижности ионов в середине сгустка уменьшаются с ростом времени дрейфа. Это приводит к расплыванию начального сгустка ионов в процессе дрейфа в межэлектродном промежутке и связано со "старением" ионов в электрическом поле.

Осциллограммы тока ионов, полученные при измерении подвижности ионов в упомянутых газах, содержат информацию не только о распределении ионов по подвижностям, но и характере изменения подвижностей ионов при различных временах их дрейфа. Это позволяет производить анализ изменения подвижности ионов обоих знаков при различных условиях. Зависимость подвижности от времени представляется эмпирической формулой [3]:

$$k(t) = \frac{M}{N + t}, \qquad (1)$$

где t - время дрейфа ионов, M и N – коэффициенты. Преобразуя (1), получим:

$$k(t) = \frac{M / N}{1 + t / N} \qquad (2)$$

Стоящая в числителе формулы (2) величина M/N представляет собой подвижность ионов при t=0, т.е. начальную подвижность ионов, а величина N - время, в течение которого подвижность ионов уменьшается вдвое, т.е.

$$k(t) = \frac{k_0}{1 + Ht}, \qquad (3)$$

где $H = \frac{1}{N}$ - параметр "старения", численно равный обратной величине времени, в течение которого подвижность ионов уменьшается вдвое.

Из (3) определим k_0:

$$k_0 = k(t) + k(t)Ht$$

Подвижность ионов на фронте сгустка представляет собой начальную подвижность ионов k_0. Подвижность ионов в середине сгустка $k_{ср}$. Учитывая k_0 и $k_{ср}$ запишем:

$$k_0 = k_{ср} + k_{ср}\, Ht \qquad (4)$$

$k_{ср}$ - текущая подвижность ионов в середине сгустка;

Из формулы (4) определяем H:

$$H = \frac{k_0 - k_{cp}}{k_{cp} \cdot \tau_{др}} \qquad (5)$$

Таким образом, по измеренным значениям подвижности ионов на фронте и в середине сгустка, а также времени дрейфа ионов в середине сгустка, можно расчетным путем определять параметр H, характеризующий изменение подвижности ионов в процессе дрейфа их в электрическом поле в различных условиях.

В таблице 1 представлены полученные по результатам обработки осциллограмм тока ионов значения подвижностей положительных и отрицательных ионов на фронте сгустка $k_{+(0)}, k_{-(0)}$ и в его середине $k_{+(ср)}, k_{-(ср)}$, времен дрейфа ионов обоих знаков в середине сгустка $\tau_{+(др)}, \tau_{-(др)}$, а также вычисленные по (5) значения параметров H_+ и H_- для смесей элегаза с азотом при общем давлении смеси $P=1{,}1\cdot10^5$ Па и при значениях относительного содержания элегаза в смеси (C=0,03; 0,10; 0,35; 0,90).

Таблица 1.

Данные по результатам обработки осциллограмм тока ионов о параметрах "старения" ионов в смесях (SF_6+N_2). $P=1{,}1\cdot10^5$ Па

C	0,03	0,10	0,35	0,90
$k_{+(0)}$, см^2/ В.с	1,81	1,49	1,15	0,62
$k_{+(ср)}$, см^2/ В.с	1,45	1,29	0,88	0,53
$\tau_{+(др)}$, 10^{-3} с	1,5	1,5	1,8	2,6
H_+, с$^{-1}$	180	100	168	64
$k_{-(0)}$, см^2/ В.с	1,84	1,29	0,83	0,51
$k_{-(ср)}$, см^2/ В.с	1,54	1,12	0,73	0,46
$\tau_{-(др)}$, 10^{-3}с	1,8	2,2	2,6	3,8
H_-, с$^{-1}$	100	68	50	25

Как видно из таблицы 1, для отрицательных ионов характерно монотонное увеличение времени дрейфа и уменьшение параметра H_- С ростом относительного содержания элегаза в смеси; для положительных ионов изменение величин $\tau_{+(др)}$ и H_+ не носит монотонного характера, однако и здесь наблюдается тенденция к увеличению времени дрейфа и уменьшению параметра "старения".

Выводы

1. Показано, что в смеси элегаза с азотом имеет место различие в величинах подвижностей ионов, дрейфующих в электрическом поле, обусловленное явлением "старения" ионов.
2. По результатам измерений вычислен параметр, определяющий изменение подвижности ионов в процессе их дрейфа.
3. Выявлено монотонное уменьшение параметра "старения" ионов со временем дрейфа.

[1] *И. Мак-Даниель.* Процессы столкновений в ионизованных газах. М., Мир, 1967, с. 832.

[2] *Р.Н. Мехтизаде.* Подвижность ионов в смесях элегаза с азотом. Докл. АН Азерб. ССР, 1977, т. 33, № 3, с. 14-17.

[3] *В.Е. Литвинов.* Труды МЭИ "Применение высоких напряжений в промышленности и энергетике", вып. 224, М., 1975, с. 93-96.

A.R. Babayeva, A.M. Həşimov, R.N. Mehdizadə

QAZ QARIŞIQLARINDA (SF_6+N_2) HƏR İKİ ADLI İONLARIN YÜRÜKLÜKLƏRİNİN QİYMƏTİNİN DƏYİŞMƏSİNİN TƏ'YİN EDİLMƏSİ

Qaz qarışıqlarında (SF_6+N_2) hər iki adlı ionların yürüklüyünün zamandan asılı olaraq dəyişməsi araşdırılmışdır. İonların elektrik sahəsində yerdəyişməsi ilə əlaqədar olan yürüklüyünü xarakterizə edən parametr hesablanmışdır. İonların yürüklüyünün azalması parametrinin yerdəyişmə vaxtı ilə əlaqədar olaraq, monoton azalması qeydə alınmışdır.

A.R. Babayeva, A.M. Gashimov, R.N. Mekhtizadeh

THE TIME VARIATION OF BOTH SIGN ION MOBILITIES IN (SF_6 + N_2) MIXTURES

The analysis of the time variation of the both sign ion mobilities in (SF_6 + N_2) mixtures is carried out. Parameter describing the time variation of ion mobilities in its drift process in electric the field is calculated. Monotonous reduction of ion "aging" parameter during the drift time is revealed.

Дата поступления: 27.01.99 *Редактор: М.К. Керимов*