Изв. АН Армянской ССР, Физика, 6, 512—514 (1971)

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ В ДИСПЕРСНОЙ СИСТЕМЕ СО СФЕРИЧЕСКИМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ

М. А. КАРАПЕТЯН, М. А. АРАМЯН

В работе приводится закон перераспределения однородного постоянного электрического поля в дисперсной системе со сферическими включениями, обусловленный переходным процессом установления этого поля. Расчет произведен с учетом взаимного влияния полей поляризованных включений.

Величина диэлектрической проницаемости и диэлектрических потерь в неоднородном диэлектрике связана с распределением электрического поля в среде. При расчете диэлектрических параметрев дисперсных систем в первую очередь следует определить электреческий момент диспергированных частиц. В литературе, например [1, 2], приводится расчет поля для случая одиночного сферического включения.

Расчет поля в дисперсной системе имеет важную особенность, не рассмотренную в [1, 2]. При заметной концентрации дисперсной фазы следует считаться с фактом взаимного влияния полей поляризованных частиц.

Ниже излагается расчет перераспределения постоянного электрического поля в дисперсной системе со сферическими включениями при учете взаимного влияния полей поляризованных шариков.

Пусть в дисперсионной среде с параметрами ε_2, γ_2 установлено однородное электрическое поле с напряженностью E_0. Внесем в это поле дисперсную фазу в виде шариков радиуса a с параметрами ε_1, γ_1. Здесь буквой ε_i — обозначена абсолютная диэлектрическая проницаемость; γ_i — удельная электропроводность компонентов дисперсной системы.

С целью учета взаимного влияния будем считать, что шарики поляризуются полем Лорентца (при не очень высокой концертрации включений) [3, 4]

$$E_л = E_0 + \frac{P}{3\varepsilon_0}, \tag{1}$$

где P — электрический момент единицы объема поляризованного вещества. В данном случае P является суммарным электрическим моментом шариков, находящихся в единице объема дисперсной системы:

$$P = \nu p(t), \tag{2}$$

так как E_0 является напряженностью поля в дисперсной среде. Буквой ν в (2) отмечено число шариков в единице объема дисперсной системы.

Из (1) следует, что напряженность поля взаимного влияния $P/3\varepsilon_0$ по направлению совпадает с внешним однородным полем. Это возможно при однородной концентрации включений в системе. Действительно, только при этом составляющие поля влияния, перпендикулярные к E_0, взаимно компенсируются. Продольная составляющая поля влияния не компенсируется, поскольку электрические моменты всех шариков параллельны внешнему полю.

В первое мгновение наложения E_0 поле в дисперсной системе будет электростатическим. В случае одиночного сферического включения напряженности электростатического поля внутри включения $E_1(0)$ и в среде у полюса шарика $E_2(0)$ согасно [1, 2] будут

$$E_1(0) = E_0 - \frac{p(0)}{4\pi a^3 \varepsilon_2}, \qquad E_2(0) = E_0 + \frac{2p(0)}{4\pi a^3 \varepsilon_2}, \tag{3}$$

где

$$p(0) = 4\pi a^3 \varepsilon_2 \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\varepsilon_1 + 2\varepsilon_2} E_0. \tag{4}$$

Заменой в (3) и (4) E_0 на $E_л$ получим напряженности электростатического поля при учете взаимного влияния поляризованных частиц.

Электрическое поле, установленное в неоднородной среде в первое мгновение наложения E_0, в дальнейшем изменяется. В установившемся режиме распределение поля в среде определяется удельными проводимостями компонентов системы.

В переходном режиме напряженности (3) с учетом (1) и (2) получают вид

$$E_1(t) = E_0 - \frac{1 - f\chi_2}{4\pi a^3 \varepsilon_2} p(t), \quad E_2(t) = E_0 + \frac{2 + f\chi_2}{4\pi a^3 a_2} p(t), \tag{5}$$

где χ_2 — относительная диэлектрическая проницаемость дисперсионной среды, $f = 4\pi a^3 \nu/3$ — является объемной концентрацией шариков.

В правых частях уравнений (5) неизвестной является функция электрических моментов шариков. Для определения последней воспользуемся условием для плотностей полных токов, записанным для точки у полюса шарика:

$$\gamma_1 E_1(t) + \varepsilon_1 \frac{dE_1(t)}{dt} = \gamma_2 E_2(t) + \varepsilon_2 \frac{dE_2(t)}{dt}. \tag{6}$$

Подставив (5) в (6) и решив полученное дифференциальное уравнение относительно $p(t)$, с использованием начального условия (4) [с учетом (1) и (2)], находим

$$p(t) = 4\pi a^3 \varepsilon_2 [(m-n) e^{-t/\tau} + n] E_0, \tag{7}$$

где τ — постоянная времени установления поля, равная

$$\tau = \frac{\varepsilon_1 + 2\varepsilon_2 - (\varepsilon_1 - \varepsilon_2) f\chi_2}{\gamma_1 + 2\gamma_2 - (\gamma_1 - \gamma_2) f\chi_2} = \frac{A}{B}, \quad m = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{A}, \quad n = \frac{\gamma_1 - \gamma_2}{B}.$$

Переходные значения напряженностей будут

$$
\begin{aligned}
E_1(t) &= \{1-(1-f\chi_2)\,[(m-n)\,e^{-t/\tau}+n]\}\cdot E_0,\\
E_2(t) &= \{1+(2+f\chi_2)\,[(m-n)\,e^{-t/\tau}+n]\}\cdot E_0.
\end{aligned}
\tag{8}
$$

Плотность полного тока на границе сферы со средой у полюса шарика можно определить по выражению

$$
\begin{aligned}
\delta(t) &= \gamma_1 E_1(t) + \varepsilon_2 \frac{dE_1(t)}{dt} = \left(\frac{\varepsilon_1}{\gamma_1} - \gamma_1\right)(1-f\chi_2)\,(m-n)\,e^{-t/\tau}\cdot E_0 +\\
&+ \gamma_1\,[1-(1-+f\chi_2)\,n]\,E_0.
\end{aligned}
\tag{9}
$$

Первой составляющей плотности полного тока является плотность абсорбционного тока [3]. Постоянная составляющая плотности полного тока является плотностью остаточного тока [3].

Поступила 12.VII.1970

ЛИТЕРАТУРА

1. *Дж. А. Стреттон,* Теория электромагнетизма, Гостехиздат, 1948.
2. *Л. Р. Нейман, К. С. Демирчян,* Теоретические основы электротехники, часть II, Энергия, 1966.
3. *Г. И. Сканави,* Физика диэлектриков, ГИТТЛ, 1949.
4. *А. Р. Хиппель,* Диэлектрики и волны, Из. ИЛ., 1960.

ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԴԱՇՏԸ ՍՖԵՐԱԿԱՆ ՆԵՐԱՌՈՒՄՆԵՐՈՎ ԴԻՍՊԵՐՍ ՍԻՍՏԵՄՈՒՄ

Մ. Ա. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ, Մ. Ա. ԱՐԱՄՅԱՆ

Հաստատուն էլեկտրական դաշտի կիրառման առաջին ակնթարթում դաշտի լարվածության բաշխումն անհամասեռ միջավայրում կատարվում է միջավայրի մեջ մտնող նյութերի դիէլեկտրիկ թափանցելիությունների համապատասխան, որոշակի օրենքով։

Սակայն հետագայում տեղի է ունենում դաշտի վերաբաշխում, որովհետև, սովորաբար, նյութերի դիէլեկտրիկ թափանցելիությունների և տեսակարար հաղորդականությունների հարաբերությունները իրար հավասար չեն։

Աշխատանքում հետազոտված է հաստատուն էլեկտրական դաշտի վերաբաշխման օրինաչափությունը սֆերական ներառումներով դիսպերս սիստեմում։ Հաշված է ներառման ներսում և նրանից դուրս (սֆերայի բևեռի մոտ) դաշտի լարվածության կախումը ժամանակից։

Դաշտի վերաբաշխման օրինաչափությունը որոշված է հաշվի առնելով բևեռացված գնդիկների դաշտերի փոխադարձ ազդեցությունը։ Այդ նպատակով ընդունված է, որ գործող դաշտը սիստեմում հավասար է Լորենցի դաշտին։

THE ELECTRIC FIELD IN A DISPERSE ENVIRONMENT WITH SPHERICAL INCLUSIONS

M. A. KARAPETIAN, M. A. ARAMIAN

In this article the setting of the transitive process of direct electric field with spherical inclusions in disperse environment is investigated.