

ГЕОФИЗИКА

УДК 550.837

А. К. Матевосян

Определение эквивалентного электрического воздействия по интегральным амплитудно-временным параметрам вызванной поляризации

(Представлено академиком Р. Т. Джрбашяном 22/ХИ 2000)

Ранее [1] были предложены интегральные амплитудно-временные параметры вызванной поляризации (ВП), характеризующие весь переходный процесс вторичного электрического поля простых форм возбуждающего электрического импульса тока. В этой же статье рассматриваются интегральные параметры при произвольном электрическом воздействии на исследуемый объект и на их основании предлагаются критерии (в виде соответствующих соотношений) по определению эквивалентного обобщенного воздействия по параметрам количества электричества, энергии и напряжения как при зарядке, так и на спаде.

Значение напряженности полного электрического поля (первичного и поля ВП) в момент времени T при пропускании произвольного импульса тока, с применением интеграла Дюамеля [2, 3], описывается выражение

$$E(T) = \rho_K [I(T) + \eta_K \int_0^T I(T - \tau) F'(\tau) d\tau] / k r, \quad (1)$$

где $F'(r) = dF/dr$ — приращение (производная) переходной характеристики (ПХ) ВП за промежуток времени dr , $I(T)$ — значение силы тока в момент T ; $F(T)$ — ПХ ВП при прямоугольном одиночном импульсе постоянного тока; ρ_K — кажущееся удельное сопротивление; k — коэффициент установки; r — разнос приемной линии.

Аналогично, напряженность поля ВП в требуемый момент времени T (на спаде) после произвольного возбуждения электрического поля (при произвольной зарядке) равно

$$E^*(T) = \rho_K \eta_K \left\{ \int_0^{t_3} I(t_3 - \tau) F'[T - (t_3 - \tau)] d\tau \right\} / kr = \rho_K \eta_K \left\{ \int_0^{t_3} I(\tau) F'(T - \tau) d\tau \right\} / kr. \quad (2)$$

При таком воздействии электрического поля интегральные амплитудно-временные параметры ВП по количеству электричества (заряда), энергии, напряжению [1] примут вид

$$Q_3 = \int_0^{t_3} [\rho_K (1 + \eta_K) I(T) / kr - E(T)] dT = \rho_K \eta_K \left\{ \int_0^{t_3} \left[I(T) - \int_0^T I(T - \tau) F'(\tau) d\tau \right] dT \right\} / kr, \quad (3)$$

$$U_3 = \int_0^{t_3} E(T) dT = \rho_K \left\{ \int_0^{t_3} \left[I(T) + \eta_K \int_0^T I(T - \tau) F'(\tau) d\tau \right] dT \right\} / kr, \quad (4)$$

$$\begin{aligned} W_3 &= \int_0^{t_3} [\rho_K (1 + \eta_K) I(T) / kr - E(T)] E(T) dT = \\ &= \rho_K^2 \eta_K \left\{ \int_0^{t_3} \left[I(T) - \int_0^T I(T - \tau) F'(\tau) d\tau \right] \left[I(T) + \eta_K \int_0^T I(T - \tau) F'(\tau) d\tau \right] dT \right\} / k^2 r^2, \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} Q_c = U_c &= \int_0^\infty E^*(T) dT = \rho_K \eta_K \left\{ \int_0^\infty \int_0^{t_3} I(\tau) F'(T - \tau) d\tau dT \right\} / kr = \\ &= \rho_K \eta_K \left\{ \int_0^\infty \int_0^{t_3} I(t_3 - \tau) F'[T - (t_3 - \tau)] d\tau dT \right\} / kr, \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} W_c &= \int_0^\infty [E^*(T)]^2 dT = \rho_K^2 \eta_K^2 \left\{ \int_0^\infty \int_0^{t_3} [I(\tau) F'(T - \tau)]^2 d\tau dT \right\} / k^2 r^2 = \\ &= \rho_K^2 \eta_K^2 \left\{ \int_0^\infty \left\{ \int_0^{t_3} I(t_3 - \tau) F'[T - (t_3 - \tau)] d\tau \right\}^2 dT \right\} / k^2 r^2, \end{aligned} \quad (7)$$

по которым определяются параметры отдачи ВП по количеству электричества (Ω_Q), энергии (Ω_W) и напряжению (Ω_U), соответственно [1]:

$$\Omega_Q = Q_c / Q_3, \quad \Omega_W = W_c / W_3, \quad \Omega_U = U_c / U_3. \quad (8)$$

С целью оценки полного процесса ВП при произвольном импульсе введем понятие эквивалентного (равносильного) воздействия прямоугольным импульсом тока.

Эквивалентным воздействием по соответствующему интегральному амплитудно-временному параметру будем считать возбуждение в исследуемой среде прямоугольного импульса тока такой амплитуды (интенсивности) и длительности, при которых воздействие на среду (отклик среды) по данному параметру одинаков.

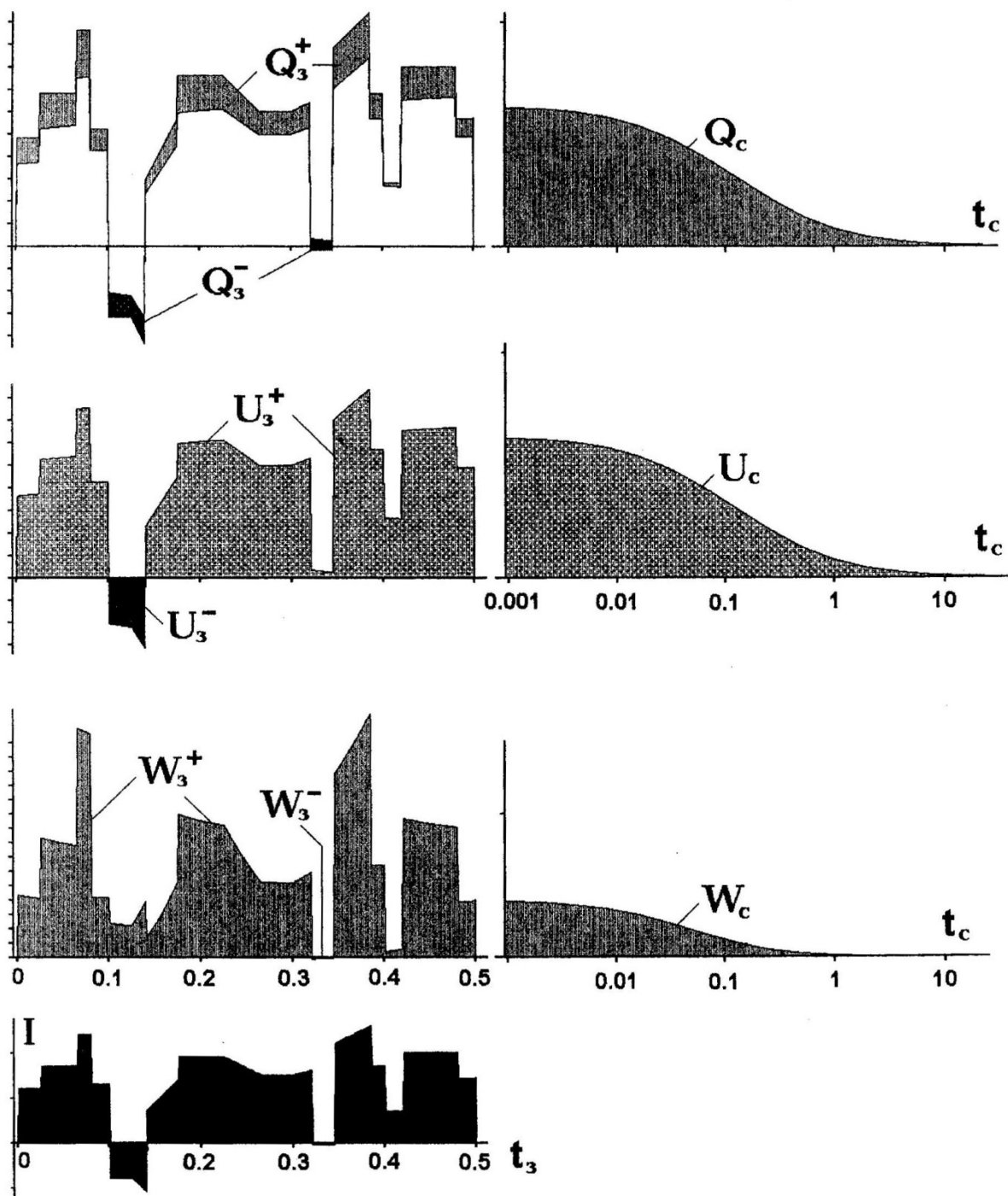


Рис. 1. Схематическое представление интегральных амплитудно-временных параметров вызванной поляризации при возбуждении электрического поля импульсом произвольной формы.

Из нижеприведенных соотношений, в которых слева представлены значения при произвольной форме импульса (возбуждения), а справа – при прямоугольном импульсе тока, определяются длительность и амплитуда эквивалентного воздействия по каждому интегральному амплитудно-временному параметру:

$$Q_3 - \int_0^{t_3} [I(T) - \int_0^T I(T-\tau) F'(\tau) d\tau] dT = I_0^{Q_3} \int_0^{t_3^{Q_3}} [1 - F(T)] dT, \quad (9)$$

$$U_3 - \int_0^{t_3} [I(T) + \eta_K \int_0^T I(T-\tau) F'(\tau) d\tau] dT = I_0^{U_3} \int_0^{t_3^{U_3}} [1 + \eta_K F(T)] dT, \quad (10)$$

$$W_3 - \int_0^{t_3} [I(T) - \int_0^T I(T-\tau) F'(\tau) d\tau] [I(T) + \eta_K \int_0^T I(T-\tau) F'(\tau) d\tau] dT = \\ = (I_0^{W_3})^2 \int_0^{t_3^{W_3}} [1 - F(T)] [1 + \eta_K F(T)] dT, \quad (11)$$

Q_c (аналогично U_c) –

$$\int_0^\infty \int_0^{t_3} I(t_3 - \tau) F'[T - (t_3 - \tau)] d\tau dT = I_0^{Q_c} \int_0^\infty [F(T + t_3^{Q_c}) - F(T)] dT, \quad (12)$$

W_c –

$$\int_0^\infty \left\{ \int_0^{t_3} I(t_3 - \tau) F'[T - (t_3 - \tau)] d\tau \right\}^2 dT = (I_0^{W_c})^2 \int_0^\infty [F(T + t_3^{W_c}) - F(T)]^2 dT. \quad (13)$$

Напомним, что при линейности процессов ВП $Q_3 = Q_c = U_c$.

Подбор эквивалентного воздействия путем последовательных итераций может осуществляться как по заданной длительности прямоугольного импульса, так и по заданной величине тока.

Поскольку по существу подбор эквивалентного воздействия при соответствующем интегральном параметре можно проводить варьированием величин длительности и амплитуды прямоугольного импульса (т. е. при подборе прямоугольного импульса с получением требуемой величины интегрального параметра наблюдается неоднозначность), то желательно выбрать эквивалентное воздействие, удовлетворяющее (с требуемой точностью) одновременно двум и более интегральным амплитудно-временным параметрам.

На рис. 1 изображена динамика проявления интегральных параметров при произвольном импульсе тока с продолжительностью $0.5T_o$ (T_o — абсцисса максимума переходной характеристики ВП) для логарифмической зависимости ПХ [3] при $B = \sqrt{1000}$, $\eta_K = 1/3$. Для наглядности напряженность поля ВП на спаде (вертикальная шкала графиков) (справа на рис. 1) в 10 раз крупнее, чем при зарядке (графики слева), и горизонтальная ось (шкала времени) построена в логарифмическом масштабе. Значения интегральных параметров ВП приведены в табл. 1 (строка 1).

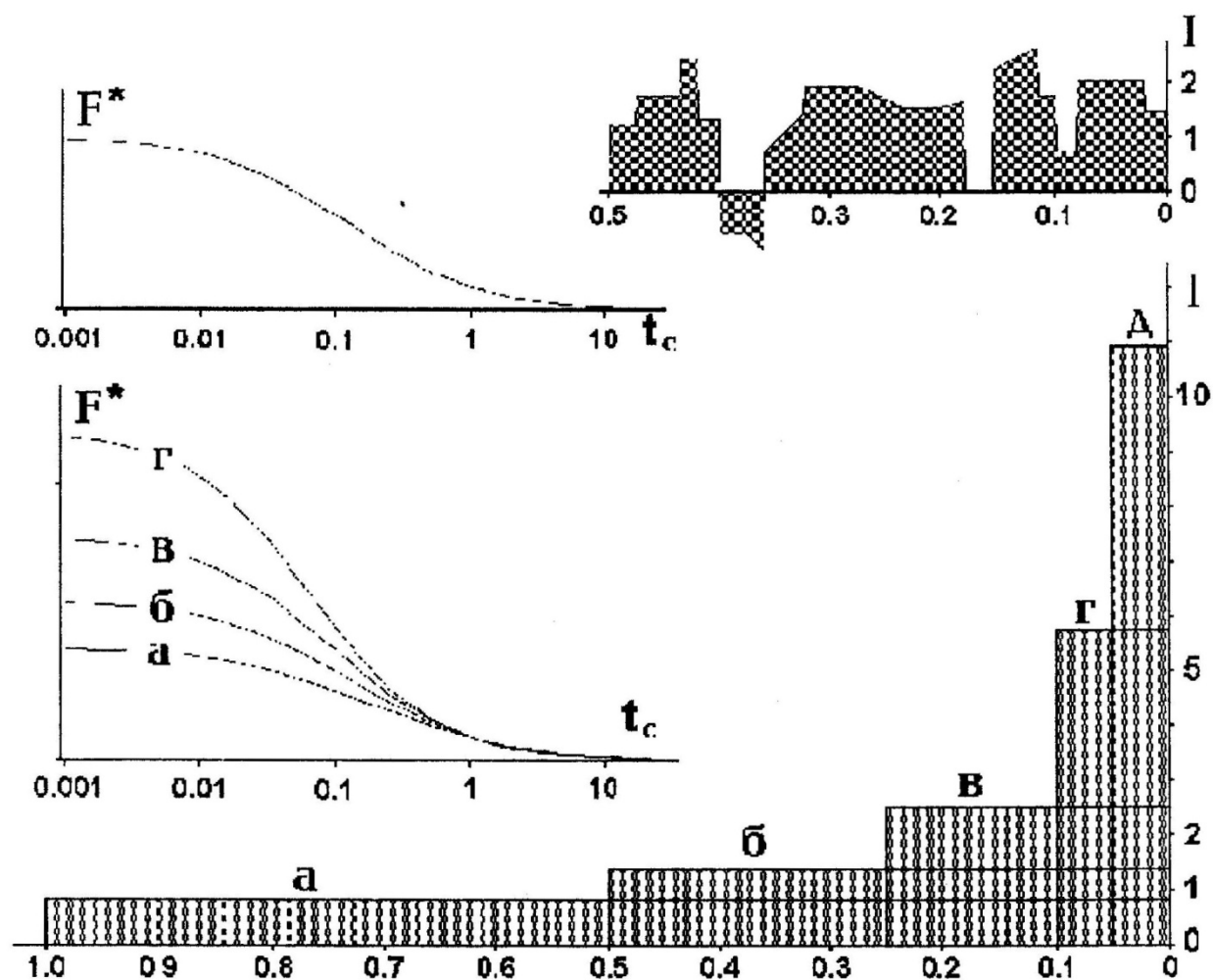


Рис. 2. Импульсы эквивалентного электрического воздействия прямоугольной формы по параметру Q_3 и кривые спада ВП при длительности зарядки t_3 (в единицах T_o): а — 1, б — 0.5, в — 0.25, г — 0.10, д — 0.05.

Таблица 1

№	Импульс	Интегральные амплитудно-временные параметры ВП					
		Q_3	W_3	W_c	U_3	Ω_W	Ω_U
1	Произвольной формы	0.501	3.324	0.0496	2.265	0.0149	0.223
2	Прямоугольный, эквивалентного воздействия, при $t_3 = 0.41T_o$ и $I_o = 1.67$	0.502*	2.729	0.0509*	2.236*	0.0186	0.226*
3	То же, при $t_3 = 0.36T_o$ и $I_o = 1.86$	0.501*	3.019	0.0539	2.177	0.0178	0.232
4	То же, при $t_3 = 0.32T_o$ и $I_o = 2.06$	0.501*	3.336*	0.0572	2.135	0.0171	0.237

Величины силы тока (в условных единицах) эквивалентного воздействия по различным интегральным амплитудно-временным параметрам при фиксированных значениях длительности прямоугольного импульса приведены в табл. 2 (расчеты проведены согласно выражениям (9)-(13)). Здесь же даны значения отдачи ВП по энергии (Ω_W) и напряжению (Ω_U) (заметим, что при линейности процессов ВП $\Omega_Q = 1$).

Таблица 2

Длительность прямоугольного импульса, T_o	Величины силы тока эквивалентного воздействия				Отдача ВП	
	$I_o^{Q_3}$	$I_o^{W_3}$	$I_o^{W_c}$	$I_o^{U_3}$	Ω_W	Ω_U
1.00	0.80	1.26	0.99	0.67	0.0240	0.186
0.50	1.41	1.69	1.47	1.38	0.0196	0.217
0.25	2.55	2.30	2.24	2.82	0.0156	0.247
0.10	5.76	3.50	4.19	7.24	0.0103	0.283
0.05	10.95	4.85	7.08	14.70	0.0070	0.303

На рис. 2 представлены рассматриваемый импульс произвольной формы и пять различных прямоугольных импульсов эквивалентного воздействия по параметру Q_3 (по отклику). Здесь же (слева) изображены соответствующие им графики напряженности спада ВП. При рассматриваемом произвольном возбуждении кривая спада ВП располагается между графиками прямоугольных импульсов (б) и (в) (t_c приведена в единицах T_o). Характерной особенностью этих графиков при эквивалентном воздействии является то, что при малых (меньше T_o) значениях t_c

значения F^* прямо пропорциональны величине силы тока, а далее — обратно пропорциональны (кривые пересекаются в области $t_c \approx T_o$).

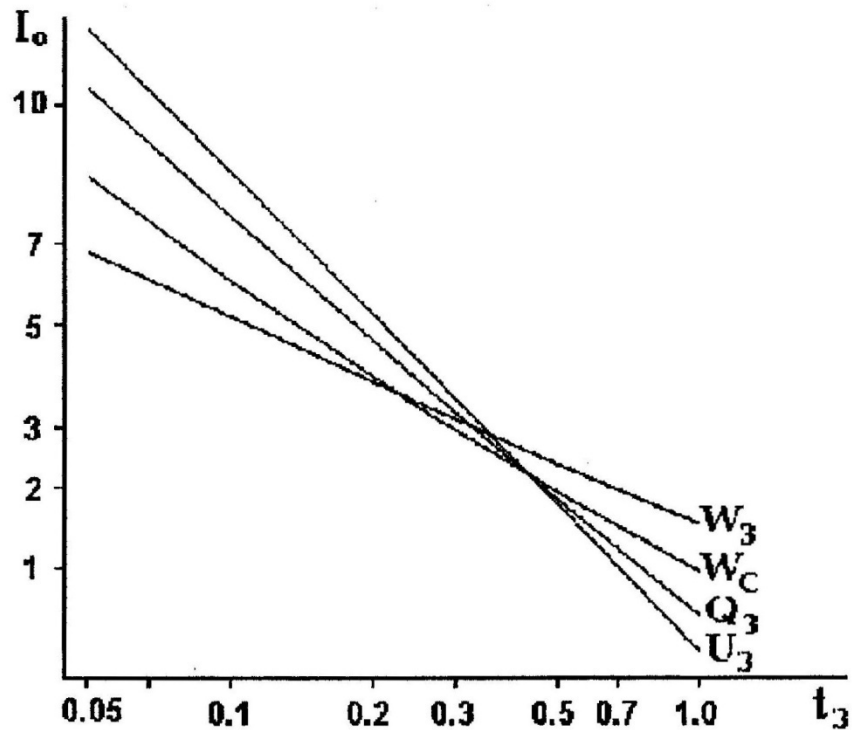


Рис. 3. Взаимосвязь величины силы тока и длительности прямоугольного импульса эквивалентного воздействия по интегральным параметрам Q_3 , U_3 , W_3 , W_c .

Зависимости величины силы тока и длительности прямоугольного импульса эквивалентного воздействия по отклику Q_3 , W_3 , W_c , U_3 , представленные в двойном логарифмическом масштабе на рис. 3, квазилинейны и сходятся в области $0.32T_o \leq t_3 \leq 0.41T_o$ и $1.67 \leq I_o \leq 2.06$. В табл. 1 (строки 2-4) приведены значения интегральных параметров трех эквивалентных воздействий, принадлежащих отмеченной области. Здесь звездочками обозначены значения тех интегральных параметров, которые с точностью проведенных расчетов эквивалентного воздействия соответствуют возбуждению поля импульсов произвольной формы. Так, при $t_3 = 0.41T_o$ (строка 2) по интегральным параметрам Q_3 , W_c , U_3 , Ω_U , при $t_3 = 0.32T_o$ (строка 4) — Q_3 , W_3 , при $t_3 = 0.36T_o$ (строка 3) — только по Q_3 (кроме не приведенных в таблице Q_c , U_c , Ω_Q).

Таким образом, предлагаемый способ определения эквивалентного электрического воздействия можно рекомендовать при оценке поляризационных процессов при сложной структуре исследуемых электрических полей.

Ա. Կ. Մաթևոսյան

Համարժեք էլեկտրական ազդեցության որոշումը հարուցված բևեռման ինտեգրալ ամպլիտուդաժամանակային չափանիշների միջոցով

Հոդվածում քննարկվում է էլեկտրական ազդեցության գնահատման եղանակ՝ հոսանքի կամայական իմպուլսի դեպքում հարուցված բևեռացման ինտեգրալ ամպլիտուդաժամանակային չափանիշների միջոցով, որոնք բնութագրում են էլեկտրաքիմիական պրոցեսների հատույցն ըստ լիցքի քանակության, էներգիայի և լարումի:

Литература

1. *Матевосян А. К.* - ДНАН Армении. 2001. Т. 101. № 1. С. 76-83.
2. *Бобровников Л. З.* Радиотехника и электроника. М. Недра. 1990. 374 с.
3. *Комаров В. А.* Электроразведка методом вызванной поляризации. Л. Недра. 1980. 391 с.