

УДК 621.316

## ХАРАКТЕРИСТИКИ, СВЯЗЫВАЮЩИЕ ПАРАМЕТРЫ РЕЖИМОВ БЛУЖДАЮЩИХ ТОКОВ

КЕРИМОВ А.М., АФАНОВ Р.Р.

*Азербайджанская Государственная Нефтяная Академия*

Известно [1-4], что при исследовании влияния блуждающих токов электрифицированного рельсового транспорта на подземные нефтегазопроводы, а также расчете защитных устройств, строятся различные характеристики, связывающие параметры их режимов и цепей блуждающих токов. При этом возникает задача построения моделей связи параметров системы "рельс – земля – подземное сооружение", параметров режима защитного устройства и т.д.

Точность оценивания коэффициентов линейных уравнений связи параметров блуждающих токов исследовалась нами с помощью имитационной модели. Была построена зависимость потенциалов сооружений относительно близкой земли  $\varphi_c$  и относительно рельсов  $\varphi_{cp}$  от потенциалов рельсов  $\varphi_p$  и от тяговой нагрузки  $I_T$ . В основу этих зависимостей было положено линейное структурное соотношение вида :

$$\left( y - \bar{\eta} \right) = \alpha \left( x - \bar{\xi} \right) \quad (1)$$

где:  $x, y$  – ненаблюдаемые случайные величины ;

$\bar{\xi}, \bar{\eta}$  - средние значения соответствующих наблюдаемых переменных.

Средние значения параметров и их стандартные отклонения взяты из результатов обработки большого числа протоколов натуральных измерений .

Выбраны наиболее часто встречающиеся значения  $\overline{\varphi_{cp}}, \overline{\varphi_c}, \overline{\varphi_p}, \overline{I_T}$ , а также величины их стандартных отклонений.

Например, среднее значение потенциалов сооружений относительно рельса было взято равным  $\bar{\eta} = \varphi_{cp} = 1В$ , со стандартным отклонением  $S_{cp}=1В$ ; среднее значение потенциалов рельсов относительно далекой земли равны  $\bar{\xi} = \bar{\varphi} = -2В$ , со стандартным отклонением  $S_{cp}=0,6В$ ; Величина  $\alpha$  принята равной двум .

Случайные значения  $x$  определялись как подчиняющиеся закону распределения  $S_B$  Джонсона . Отклонения от среднего значения  $\bar{x} : x = \bar{x} + \sigma u$ , где  $u$  - квантили распределения  $S_B$  Джонсона ; принято, что  $\sigma_p = S_{cp} = 0,6В$  и  $\sigma_{cp} = S_{cp} = 1В$

Например,

$$\varphi = \varphi_p + \sigma_p u$$

Значения  $y$  подсчитывались по формуле (1), предварительно преобразованной к виду :

$$y = \bar{\eta} + \alpha x - \alpha \bar{\xi} \quad (2)$$

Для принятых средних значений потенциалов  $\overline{\varphi_{cp}}$   $\overline{\varphi_p}$  и коэффициента  $\alpha$  выражение (2) можно записать в следующих видах :

$$\varphi_{cp} = 1 + 2\varphi_p - 2(-2) \quad \text{или} \quad \varphi_{cp} = 2\varphi_p + 5$$

Принято, что распределение ошибок  $\varepsilon$  и  $\delta$  зависимой и независимой переменных  $\eta$  и  $\xi$  соответственно подчиняется нормальному закону, а их математические ожидания равны нулю, т.е.  $M(\varepsilon) = M(\delta) = 0$

Вариационные ряды значений наблюдаемых случайных величин, т.е. отклонения от линейной зависимости имитировались с помощью случайных чисел, имеющих нормированное нормальное распределение по формулам :

$$\varepsilon = \sigma_\varepsilon u, \quad \delta = \sigma_\delta u,$$

где  $\sigma_\varepsilon$  и  $\sigma_\delta$  - стандарты соответствующих ошибок.

Для анализа влияния погрешностей наблюдений на оценку тангенса угла наклона линейной зависимости, последняя определялась для различных значений стандартных ошибок. Стандарты ошибок  $\sigma_\varepsilon$  и  $\sigma_\delta$  выражены в долях стандарта  $\sigma_{cp}$  измеряемой величины  $\varphi_{cp}$ , т.е. значений :

$$\sigma_\delta / \sigma_{cp} \quad \text{и} \quad \sigma_\varepsilon / \sigma_{cp}$$

Эти отношения принимались равными 0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,5; т.е. составляли 5; 10; 20; 30; 50; процентов от  $\sigma_{cp} = 1$ . Полученные данные обрабатывались и находились оценки коэффициента уравнений линейной зависимости, которые сравнивались с заданным точно значением, равным двум. Результаты сравнения показаны в таблице 1.

Точность оценки коэффициента  $\alpha$ , очевидно зависит от точности оценок  $S_{cp}$  и  $S_p$ , а также стандартов  $\sigma_{cp}$   $\sigma_p$ , возрастающей с увеличением количества измерений. Но, поскольку мы используем не оценки  $S_{cp}$  и  $S_p$ , а их точные значения  $\sigma_{cp}$   $\sigma_p$ , то увеличение объема выборки не увеличит точности оценки  $\alpha$ . При увеличении объема выборки имеют место лишь случайные флуктуации оценки (таблица 2). Сравнение дисперсий по критерию Фишера показало незначимость различия дисперсий :

$$F = 0,0515 / 0,0177 = 2,91 < F(4; 0,95) = 6,39$$

Кроме того, вычислялись коэффициенты уравнений прямых ( $\eta$  по  $\xi$ ) и обратных ( $\xi$  по  $\eta$ ) регрессий, доверительные области для оценки  $\alpha$ , а также доверительные границы для коэффициента прямой регрессии  $\eta$  по  $\xi$ . Результаты вычислений по методу максимального правдоподобия (МП-метод) сведены в таблицу 3.

Кроме метода максимального правдоподобия для обработки данных использовались и другие методы "две группы", "три группы", "использование рангов". Этими методами вычислялись оценки угла наклона  $\alpha$ , их доверительные границы и погрешности оценивания. Результаты расчетов по этим трем методам сведены в таблицы 4,5,6. В таблицах 7,8 приведены результаты обработки данных натуральных экспериментов.

Таблица 1

Флуктуации оценки  $\hat{\alpha}$ ;  $\sigma_{\delta} = 0,1$   $S_{\hat{\alpha}}^2 = 0,0515$

№	n	$\hat{\alpha}$	$\alpha - \hat{\alpha} / \alpha$ 100 %
1	10	1,789	10,5
2	20	1,576	21,2
3	30	2,157	7,8
4	40	1,679	16,0
5	50	1,670	16,5

Таблица 2

Флуктуации оценки  $\hat{\alpha}$ ;  $\sigma_{\delta} = 0,1$   $S_{\hat{\alpha}}^2 = 0,00177$

№	Номера замеров	$\hat{\alpha}$	$\alpha - \hat{\alpha} / \alpha$ 100 %
1	1-10	1,655	17,3
2	11-20	1,699	15,5
3	21-30	1,634	18,3
4	31-40	1,577	21,1
5	41-50	1,360	32,0

Таблица 3

Метод максимального правдоподобия ( $\varphi_{cp} = 2\varphi_p + 5$ )

№	$S_{\delta}/S_{cp}$ $S_{\xi}/S_{cp}$	$\hat{\alpha}$	$\alpha - \hat{\alpha} / \alpha$ 100 %	b регрессии $\eta$ на $\xi$	1/b регрессии $\xi$ на $\eta$	Доверительные границы	
						$\hat{\alpha}$	b
1	0,5	1,307	34,6	1,21	1,37	0,68-1,80	0,99-1,43
2	0,3	1,467	26,1	1,29	1,46	1,22-1,78	1,20-1,58
3	0,2	1,655	17,3	1,38	1,80	1,41-1,99	1,00-1,58
4	0,1	1,789	10,5	1,75	1,82	1,57-2,07	1,67-1,83
5	0,05	1,868	6,6	1,86	1,87	1,80-1,93	1,84-1,88

Таблица 4

Метод "две группы"

№	$S_{\delta} / S_{cp}$	$\hat{\alpha}$	$\alpha - \hat{\alpha} / \alpha$ 100%	Доверительные границы $\hat{\alpha}$
1	0,5	1,349	32,5	1,09-1,87
2	0,3	1,522	23,9	1,30-1,97
3	0,2	1,765	11,7	1,56-2,31
4	0,1	1,796	10,2	1,62-2,10
5	0,05	2,027	1,3	1,77-2,53

Таблица 5

## Метод "три группы"

№	$S_{\delta} / S_{cp}$	$\hat{\alpha}$	$\alpha - \hat{\alpha} / \alpha 100\%$	Доверительные границы $\hat{\alpha}$
1	0,5	1,483	25,8	1,22-1,74
2	0,3	1,615	19,3	1,37-1,91
3	0,2	1,754	12,3	1,59-1,97
4	0,1	1,822	8,9	1,70-1,96
5	0,05	1,917	4,1	1,88-1,97

Таблица 6

## Метод "рангов"

№	$S_{\delta} / S_{cp}$	$\hat{\alpha}$	$\alpha - \hat{\alpha} / \alpha 100\%$	Доверительные границы $\hat{\alpha}$
1	0,5	1,328	33,6	1,08-1,71
2	0,3	1,502	24,9	1,24-1,81
3	0,2	1,788	10,6	1,56-1,96
4	0,1	1,785	10,7	1,67-1,99
5	0,05	1,902	4,9	1,86-2,27

ЗАКЛЮЧЕНИЕ : При коррозионных исследованиях полей блуждающих токов приходится прибегать к многократным измерениям, наблюдениям и последующей статистической обработке их результатов. Методика обработки зависит от тех закономерностей, которые свойственны результатам наблюдений и характеризуют их рассеяние. Измерение возможно только тогда, когда рассеяние результатов наблюдений обнаруживает определенные закономерности. Поэтому необходимо убедиться, что закономерности имеют место, а распределение наблюдений обладает статистической устойчивостью.

1. *Котельников А.В.* Парные корреляционные связи при электрических исследованиях блуждающих токов. // Коррозия и защита в нефтегазодобывающей промышленности.-1970.-№2, с.15-18
2. *Волотковский С.А., Василевский Е.В., Гутман Э.М.* Защита подземных сооружений от электрокоррозии.-Киев :Техника,1974, 136
3. *Дорофеев А.Г., Спириин П.А., Расул Р.О.* Линейный характер уравнений, описывающих режимы работы электродренажей //Коррозия и защита в нефтегазодобывающей промышленности.1981.- №2, с.15-17
4. *Керимов А.М., Спириин П.А., Керимов Р.А.* Модели цепей блуждающих токов электрифицированного рельсового транспорта. Сборник трудов Азербайджанской Государственной Нефтяной Академии.- Баку ; 2003. с.19-25

## **AZMIŞ CƏRƏYANLARIN REJİM PARAMETRLƏRİNİN ƏLAQLƏNDİRƏN XARAKTERİSTİKALAR**

**KƏRİMOV A.M., AFANOV R.R.**

Azmiş cərəyanların sahəsini tədqiq edərkən çoxhədli ölçmələr və alınmış nəticələrin statistik araşdırılması lazım gəlir. Araşdırılmaların aparılması üsulu həmin ölçmələrə xas olan nəticələr və onların səpələnməsini xarakterizə edən qanunauyğunluğundan asılıdır. Ölçmə yalnız o halda mümkündür ki, əgər müşahidənin nəticələrinin səpələnməsi müəyyən qanunauyğunluğa tabe olur. Ona görə də qanunauyğunluqların və müşahidələrin paylanması statistik dayanıqlığa əminlik olmalıdır.

## **CHARACTERISTICS, RELATING PARAMETERS OF BEHAVIORS OF ROAMING CURRENTS**

**KERIMOV A.A., AFANOV R.R.**

When conducting research on the fields of roaming currents it is necessary to perform measurements many times followed by statistical processing. The method of this processing is depended on the results and their dispersion. The measurement possible only if the dispersion of results is following a certain pattern. Thus, one need to make sure those patterns does exist and dispersion is statistically stable.