

УДК 681.518.54:621.396.963.32

ПЕРЕДАЮЩАЯ АНТЕННА НА СОЛЕНОИДЕ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ РАДИОСИГНАЛА ИЗ НЕФТЕПРОВОДНОЙ ТРУБЫ**В. В. Щуплов, С. Н. Кухаренко, Н. А. Красовская***Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Дан сравнительный анализ вариантов числа обмоток соленоида, используемого в качестве низкочастотной антенны, для формирования максимального внешнего магнитного поля катушки.

Ключевые слова: передающая антенна, многослойный соленоид, внешнее магнитное поле катушки.

TRANSMITTING ANTENNA ON A SOLENOID FOR TRANSMITTING A RADIO SIGNAL FROM AN OIL PIPELINE PIPE**V. V. Schuplov, S. M. Kukharenka, N. A. Krasouskaya***Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus*

Comparative analysis of variants of the number of coils of a solenoid used as a low-frequency antenna for summing the maximum external magnetic field of the coil.

Keywords: transmitting antenna, multilayer solenoid, external magnetic field of the coil.

Передающая антенна должна формировать в пространстве переменное магнитное поле, однозначно связанное с информационным радиосигналом.

В качестве передающей антенны рассмотрим многослойный соленоид (многослойную катушку индуктивности).

Так как внешнее магнитное поле катушки определяется полем внутри катушки, то необходимо добиться максимального поля внутри катушки при заданных ее геометрических размерах и для заданного источника сигнала.

Напряженность магнитного поля в центре ($z = 0$) многослойной катушки (рис. 1) длиной $2b$, состоящей из N_1 слоев по N_2 витков в каждом, и тока I через нее определяется выражением [1]:

$$H_{z=0} = \frac{N_1 N_2 I}{2(a_2 - a_1)} \ln \frac{a_2 + \sqrt{a_2^2 + b^2}}{a_1 + \sqrt{a_1^2 + b^2}}.$$

Поле на торце катушки ($z = b$) равно

$$H_{z=b} = \frac{N_1 N_2 I}{2(a_2 - a_1)} \ln \frac{a_2 + \sqrt{a_2^2 + 4b^2}}{a_1 + \sqrt{a_1^2 + 4b^2}}.$$

То есть общее число витков в катушке $W = N_1 N_2$.

Как видно из формул, магнитное поле катушки определяется только ампер-витками $AW = IW$ и геометрическими размерами катушки a_1 , a_2 , $2b$.

В нашем случае геометрические размеры катушки заданы:

- длина катушки – $2b = 160$ мм;
- диаметр катушки – $D = 2a_2 = 79$ мм;
- внутренний диаметр катушки – $d = 2a_1 = 20$ мм.

Источник сигнала с выходным сопротивлением $R_0 = 0,01$ Ом питается от источника напряжением $E = 9$ В. Максимальный ток источника ограничен током 1 А.

Число витков в катушке и ее активное сопротивление зависят от выбранного диаметра провода.

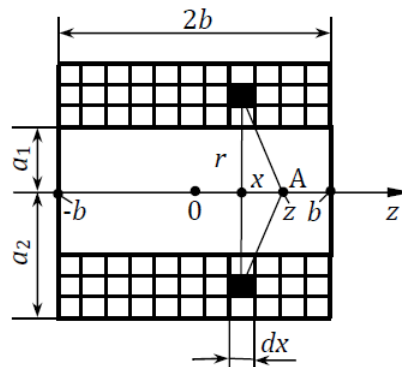


Рис. 1. Геометрические размеры катушки

Ток через катушку равен:

$$I_k = \frac{E}{R_k + X_L},$$

где R_k – активное сопротивление катушки; X_L – индуктивное сопротивление катушки.

Активные потери в катушке равны

$$P = I_k^2 R_k.$$

Таким образом необходимо выбрать диаметр провода, чтобы катушка имела минимальные активные потери P и максимальное значение ампер-витков AW .

Для сравнительного анализа были выбраны провода диаметром 0,4 мм, 0,72 мм и 1 мм.

Кроме того, с целью уменьшить активное и индуктивное сопротивления катушки при сохранении общего числа витков были рассмотрены варианты разбиения катушки на 8, 5, 4, 2 и 1 секции и параллельного их соединения.

Для расчета индуктивности секций катушек были использованы для сравнения три методики, известные из литературы [1]. Все они дали примерно одинаковые результаты. Поэтому ниже приводятся результаты расчета по одной из них. Для упрощения расчетов считалось, что только соседние секции имеют взаимную индуктивность при коэффициенте связи равном единице.

Результаты расчетов представлены в виде матриц N_s , R_k , P_{2m} , I_{2rxm} , AW_{2m} , L_{2km} , z_{2m} , X_{2m} , где строки соответствуют числу секций в катушке сверху вниз 8, 5, 4, 2, 1, а столбцы соответствуют проводам слева направо 0,4 мм, 0,72 мм, 1,0 мм.

$$Ns = \begin{pmatrix} 3,3335 \times 10^3 & 927,4214 & 435,7026 \\ 5,3336 \times 10^3 & 1,4839 \times 10^3 & 697,1241 \\ 6,667 \times 10^3 & 1,8548 \times 10^3 & 871,4051 \\ 1,3334 \times 10^4 & 3,7097 \times 10^3 & 1,7428 \times 10^3 \\ 2,6668 \times 10^4 & 7,4194 \times 10^3 & 3,4856 \times 10^3 \end{pmatrix} \quad Rk = \begin{pmatrix} 9,0313 & 0,7755 & 0,1889 \\ 23,1201 & 1,9853 & 0,4835 \\ 36,1252 & 3,102 & 0,7555 \\ 144,5009 & 12,408 & 3,0219 \\ 578,0035 & 49,632 & 12,0876 \end{pmatrix}$$

$$P2m = \begin{pmatrix} 7,1762 \times 10^{-4} & 4,8478 \times 10^{-3} & 2,9511 \times 10^{-3} \\ 2,4302 \times 10^{-3} & 0,0206 & 0,0193 \\ 4,3708 \times 10^{-3} & 0,0406 & 0,0472 \\ 0,0202 & 0,2409 & 0,7158 \\ 0,0389 & 0,5243 & 2,4488 \end{pmatrix} \quad I2rxm = \begin{pmatrix} 8,914 \times 10^{-3} & 0,0791 & 0,125 \\ 0,0103 & 0,1019 & 0,2 \\ 0,011 & 0,1145 & 0,25 \\ 0,0118 & 0,1393 & 0,4867 \\ 8,2069 \times 10^{-3} & 0,1028 & 0,4501 \end{pmatrix}$$

$$AW2m = \begin{pmatrix} 237,7178 & 586,6114 & 435,7026 \\ 273,4116 & 756,0094 & 697,1241 \\ 293,3365 & 849,2135 & 871,4051 \\ 315,1946 & 1,0337 \times 10^3 & 1,6964 \times 10^3 \\ 218,8605 & 762,562 & 1,5689 \times 10^3 \end{pmatrix} \quad L2km = \begin{pmatrix} 0,9107 & 0,1028 & 0,05 \\ 1,259 & 0,127 & 0,053 \\ 1,4565 & 0,1404 & 0,0544 \\ 2,5483 & 0,2157 & 0,0632 \\ 6,742 & 0,5218 & 0,1152 \end{pmatrix}$$

$$z2m = \begin{pmatrix} 126,2064 & 14,2288 & 6,9088 \\ 175,5683 & 17,665 & 7,3376 \\ 204,5535 & 19,6577 & 7,5545 \\ 380,7363 & 32,2978 & 9,2462 \\ 1,0966 \times 10^3 & 87,5658 & 19,9958 \end{pmatrix} \quad X2m = \begin{pmatrix} 125,8821 & 14,2071 & 6,9059 \\ 174,038 & 17,5519 & 7,321 \\ 201,3365 & 19,4098 & 7,5156 \\ 352,2452 & 29,8152 & 8,735 \\ 931,9484 & 72,1348 & 15,921 \end{pmatrix}$$

Из анализа полученных результатов видно, что наибольшее значение ампер-витков $AW = 1,6964 \cdot 10^3$ имеет вариант для двух секций, намотанных проводом 1,0 мм.

Выполнены также расчеты еще для двух внутренних диаметров катушки. Результаты сведены в таблицу.

Зависимость параметров катушки от ее внутреннего диаметра ds

	AW , А-Вит	$P2m$, Вт	$I2rxm$, А	Ns	N	Rk , Ом	$X2m$, Ом
$ds = 10$ мм	1611	0,4963	0,3952	2038	4076	3,17	10,93
$ds = 20$ мм	1696	0,7158	0,487	1743	3486	3,02	8,735
$ds = 40$ мм	1152	0,6003	0,5	1152	2304	2,40	5,373

Літэратура

1. Матюк, В. Ф. Влияние размеров соленоида прямоугольного сечения на распределение поля вдоль его оси / В. Ф. Матюк // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2014. – № 3.

УДК 620.197.5

УМОВЫ ФАРМІРАВАННЯ АХОЎНАГА ТОКА Ў СІСТЭМАХ ЭЛЕКТРАХІМІЧНАЙ АБАРОНЫ

Ю. В. Крышнеў, У. І. Собалеў, А. Я. Запольскі, М. В. Дравіца

*Установа адукацыі «Гомельскі дзяржаўні тэхнічны
ўніверсітэт імя П. В. Сухого», Рэспубліка Беларусь*

Прааналізаваны фактары, якія аказваюць уплыў на супраціўленні эквівалентнага ланцуга ахоўнага тока станцый катоднай абароны падземных нафтаправодаў. Паказана, што ва ўмовах працяглай эксплуатацыі нафтаправодаў, якая суправаджаецца ўтварэннем лакальных участкаў няпоўнай абароны ў месцах, дзе ўтварыліся дэфекты ахоўных пакрыццяў, прыярытэтным варыянтам аднаўлення ахоўнага патэнцыялу з'яўляецца аптымізацыя рабочых рэжымаў станцый катоднай абароны.

Ключавыя словы: ахоўны патэнцыял, супраціўленне ізаляцыйнага пакрыцця, супраціўленне анодных заямляльнікаў, сістэма катоднай абароны, СКА.

CONDITIONS FOR FORMATION OF PROTECTIVE CURRENT IN ELECTROCHEMICAL PROTECTION SYSTEMS

Y. V. Kryshneu, U. I. Sobaleu, A. Y. Zapolski, M. V. Dravitsa

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

Factors influencing the resistance of the equivalent protective current circuit of cathodic protection stations of underground oil pipelines are analyzed. It is shown that in the conditions of long-term operation of oil pipelines, which is accompanied by the formation of local areas of incomplete protection in places where defects of protective coatings have formed, the priority option for restoring the protective potential is the optimization of the working modes of cathodic protection stations.

Keywords: protective potential, insulation coating resistance, anode earthing resistance, cathodic protection system, CPS.

Забеспячэнне велічыні ахоўнага патэнцыялу ўчастка трубаправода наўпрост залежыць ад велічыні нацякаючага ахоўнага току $I_{\text{ахоўн}}$. Уплыў на размеркаванне патэнцыялу ўздоўж абароненага ўчастка аказваюць зменлівыя як у часе, так і па працягласці, параметры абароненага аб'екта, абсталяванне супрацькарызійнай абароны і навакольнага асяроддзя. У сваю чаргу, на велічыню ахоўнага тока аказваюць уплыў такія супраціўленні ланцуга яго працякання [1, 2], як:

- удзельнае супраціўленне адзінкі паверхні ізаляцыйнага пакрыцця $R_{\text{із}}$, Ом · м²;
- супраціўленне анодных заямленняў $R_{\text{аз}}$, Ом;
- удзельнае супраціўленне грунта $R_{\text{гр}}$, Ом · м;
- пагоннае прадольнае супраціўленне металу трубаправода $R_{\text{тр}}$, Ом/м;
- супраціўленне спалучальных правадоў $R_{\text{пр}}$, Ом.

Схема працякання ахоўнага току прадстаўлена на мал. 1.