

УДК 613.647

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ, СОЗДАВАЕМЫХ РУ-0,4 КВ

**Д. А. ХАБИБУЛЛИН, В. В. ТОДАРЕВ**

*Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П. О. Сухого»,  
Республика Беларусь*

### Введение

Решая вопросы энергосбережения, проектировщики приближают РУ-0,4 кВ к месту потребления электроэнергии, часто размещая их в непосредственной близости от производственных помещений. Мощные РУ-0,4 кВ создают в окружающем пространстве значительную магнитную составляющую электромагнитного поля (ЭМП) частоты 50 Гц, и это вступает в противоречие с возросшими экологическими требованиями к уровню ЭМП на рабочих местах.

В настоящей работе представлен поверочный расчет магнитной составляющей ЭМП в производственных помещениях смежных с РУ-0,4 кВ, что позволило заложить основу для создания достаточно простой инженерной методики определения уровня ЭМП промышленной частоты для данных случаев.

### Общие положения

Переменные токи промышленной частоты можно считать квазистационарными при ограниченной протяженности их цепей, когда за время распространения электромагнитных явлений от любой точки цепи до наиболее удаленной точки значения токов и зарядов практически не изменяются [1].

С достаточной для инженерных расчетов точностью можно считать, что в обычных технических устройствах низких частот все процессы в цепях совершаются одновременно, и их можно рассматривать как квазистационарные. Исключение составляют длинные линии передачи электрической энергии и линии связи, в которых указанные условия не выполняются.

### Решение задачи

Оценка ЭМПЧ (50 Гц) осуществляется отдельно по напряженности электрического поля ( $E$ ) в кВ/м, напряженности магнитного поля ( $H$ ) в А/м или индукции магнитного поля ( $B$ ) в мкТл. Нормирование электромагнитных полей 50 Гц на рабочих местах персонала осуществляется дифференцированно в зависимости от времени пребывания в электромагнитном поле. Подобные исследования были проведены в РУП ПО «Белоруснефть».

В качестве исходных данных принимаем токи в вводном кабеле РУ-0,4 кВ, измеренные в рабочее время.

Для расчета напряженности магнитного и электрического полей в РУ-0,4 кВ измеряем токи в фазах  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и нулевом проводе.

Токи составляют:  $I_a = 150$  А;  $I_b = 210$  А;  $I_c = 160$  А;  $I_0 = 90$  А.

Определяем сумму токов, считая их квазистационарными:

$$\sum I_a + I_b + I_c - I_0 = 150 + 210 + 160 - 90 = 430 \text{ А.}$$

Контур тока имеет вид, представленный на рис. 1.

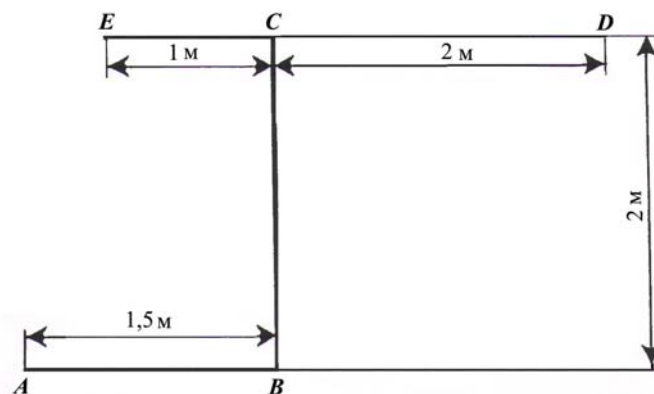


Рис. 1. Вид расчетного контура

Контур состоит из трех прямолинейных участков:

$AB$  – часть вводного кабеля,  $I_{\Sigma} = 430$  А;

$CB$  – вертикальная часть контура,  $I_{\Sigma} = 520$  А;

$ED$  – горизонтальная часть контура, состоит из двух участков  $EC$  и  $CD$ , по каждому течет ток  $I = 260$  А.

Вычисление величин  $B$  и  $H$ , характеризующих электромагнитное поле, имеет физический смысл только применительно к замкнутым контурам токов. Однако для облегчения расчетов сложных контуров бывает целесообразно разбивка их периметров на участки простых геометрических форм (прямолинейные отрезки, дуги окружности и т. д.) и вычисление величин применительно к этим участкам. Затем методом наложения определение в заданных точках величин  $B$  и  $H$ .

Определим магнитную индукцию в точке  $m$ , отстоящей на расстоянии  $a = 3$  м от прямолинейного отрезка проводника длиной  $l = 1,5$  м. По проводнику протекает ток  $I = 430$  А. Окружающая среда – воздух (рис. 2) [2].

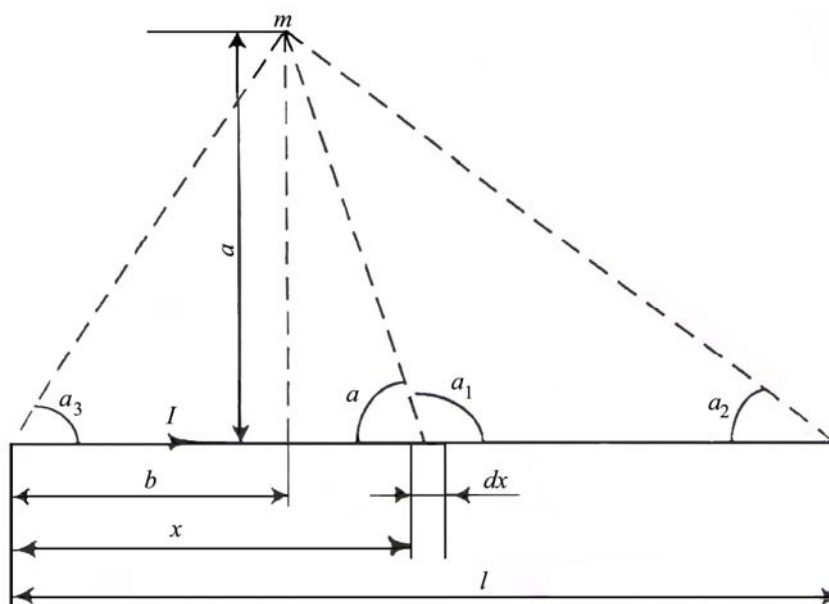


Рис. 2. Пояснение к расчету магнитного поля прямого отрезка контура с током

Из-за малых значений, что объясняется низким (0,4 кВ) напряжением сети, электротехнической составляющей (1–2 В/м) пренебрегаем.

Элементарная составляющая магнитной индукции в точке  $m$ , определяемая элементом тока  $I_{dx}$  по закону Био–Савара [2], равна

$$db = \frac{\mu_0 \cdot I_{dx}}{4\pi \cdot z^2} \sin \alpha, \quad (1)$$

где  $z$  – расстояние между  $I_{dx}$  и точкой  $m$ ;  $\mu_0$  – магнитная постоянная ( $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м).

Направление элементарного вектора  $db$  определяется правилом буравчика.

Заменяя

$$z = \frac{a}{\sin \alpha}; \quad x - b = a \cdot \operatorname{ctg} \alpha; \quad dx = -\frac{a \cdot d\alpha}{\sin^2 \alpha}$$

и интегрируя, получим

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} (\cos \alpha_2 + \cos \alpha_3). \quad (2)$$

Определяем по формуле (1) значение магнитной индукции от тока на отрезке  $AB$  на расстоянии 3 м в точке  $m$ . Точка  $m$  находится на высоте 1 м от пола на перпендикуляре, восстановленном к середине отрезка  $AB$  (рис. 3).

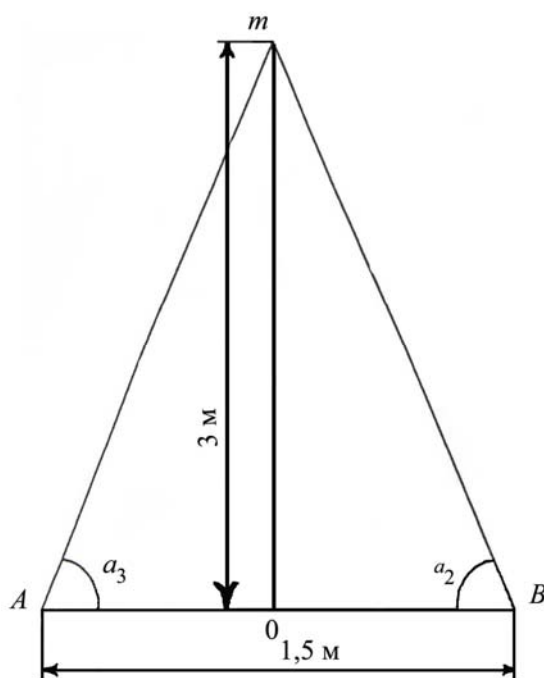


Рис. 3. Пояснение к определению магнитной индукции от тока в отрезке  $AB$

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi a} (\cos \alpha_2 + \cos \alpha_3) = \frac{430 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}{4\pi \cdot 3} (\cos 76^\circ) = \frac{430 \cdot 10^{-7}}{3} (0,2419 + 0,2419) = 6,9 \cdot 10^{-6} \text{ Тл.}$$

На участке  $BC$  значение магнитной индукции от тока на отрезке определяется по формуле

$$B_2 = \frac{\mu_0 I}{4\pi\alpha} (\cos\alpha_2 + \cos\alpha_3) = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 520}{4\pi \cdot 3} (\cos 71^\circ 10' + \cos 71^\circ 10') =$$

$$= \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 520}{4\pi \cdot 3} (0,3228 + 0,3228) = 11,2 \cdot 10^{-6} \text{ Тл.}$$

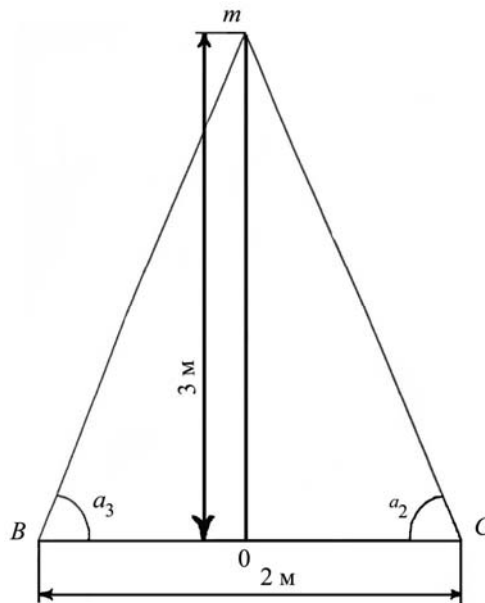


Рис. 4. Пояснение к определению магнитной индукции на отрезке  $BC$

На участке  $EC$  магнитная индукция определяется следующим образом:

$$B_3 = \frac{\mu_0 I}{4\pi\alpha} (\cos\alpha_2 + \cos\alpha_3) = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 260}{4\pi \cdot 3} (\cos 76^\circ + \cos 85^\circ 15') = 2,8 \cdot 10^{-6} \text{ Тл.}$$

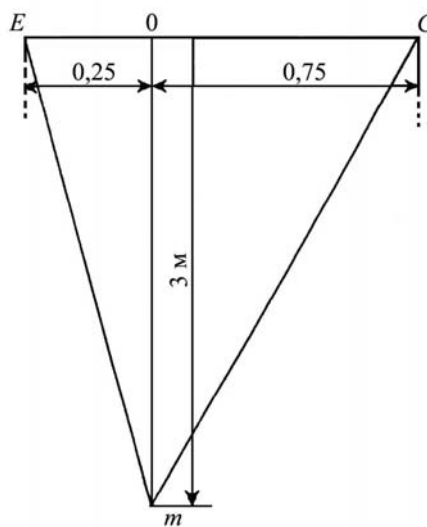


Рис. 5. Пояснение к определению магнитной индукции на отрезке  $EC$

Находим значение магнитной индукции в точке  $m$  от тока на отрезке  $CD$ , отрезок  $Cm$  равен

$$Cm = \sqrt{0,75^2 + 3^2} = 3,1 \text{ м};$$

$$\angle OCm = \arccos \frac{OC}{Cm} = 76^\circ;$$

$$Dm = \sqrt{Cm^2 + CD^2 - 2Cm \cdot CD \cdot \cos(180^\circ - 76^\circ)} = 4,07 \text{ м}.$$

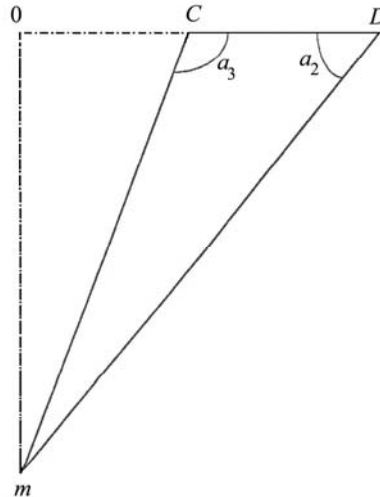


Рис. 6. Пояснение к определению магнитной индукции от тока на отрезке  $CD$

По теореме синусов определяем угол  $\alpha_2$  :

$$\sin \alpha^2 = \frac{Cm \cdot \sin \alpha_3}{Dm} = \frac{3,1 \cdot \sin 76^\circ}{4,07} = 0,7388;$$

$$\alpha = 47^\circ 35';$$

$$B_4 = \frac{\mu_0 I}{4\pi \alpha} (\cos \alpha_2 + \cos \alpha_3) = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 260}{4\pi \cdot 3} (0,674 - 0,2491) = 3,74 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}.$$

Векторы  $B_3$  и  $B_4$  расположены на одной плоскости и направлены в противоположные стороны, результирующий вектор:

$$B_{34} = B_4 - B_3 = (3,74 - 2,8) \cdot 10^{-6} = 0,94 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}.$$

Векторы  $B_1$  и  $B_2$  расположены в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, т. е.

$$B_{12} = \sqrt{(6,9^2 + 11,2^2) \cdot 10^{-12}} = 13,15 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}.$$

Вектором  $B_{34}$  можно пренебречь.

### Заключение

Разрабатываемая методика использована для определения параметров электромагнитных полей в административном лабораторном корпусе РУП ПО «Белоруснефть».

Полученные с помощью приведенной инженерной методики результаты хорошо согласуются с опытными данными.

### **Литература**

1. Нестеренко, А. Д. Введение в теоретическую электротехнику / А. Д. Нестеренко. – Киев : Навук. думка, 1969. – 31 с.
2. Говорков, В. А. Электрические магнитные поля / В. А. Говорков. – Москва : Энергия, 1968. – 487 с.

*Получено 11.02.2009 г.*