

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.

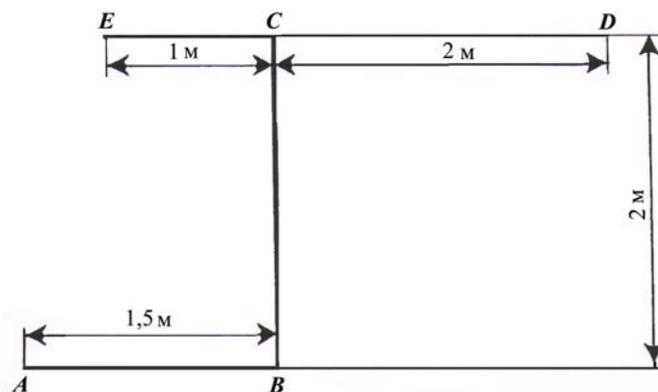


Рис. 1. Вид расчетного контура

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].

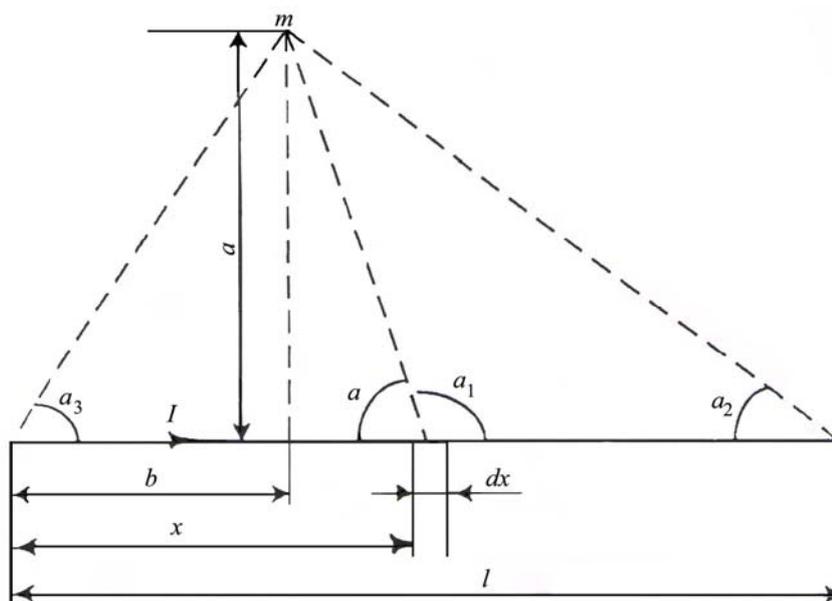


Рис. 2. Пояснение к расчету магнитного поля прямого отрезка контура с током

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 ; μ_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).

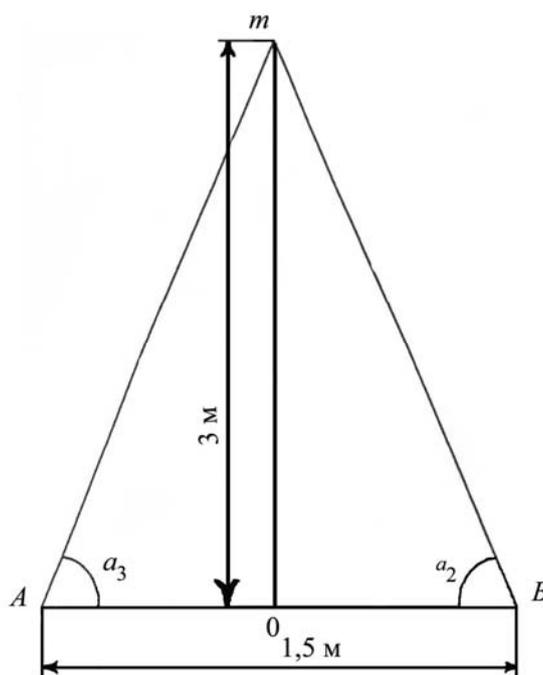


Рис. 3. Пояснение к определению магнитной индукции от тока в отрезке AB

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

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

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

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

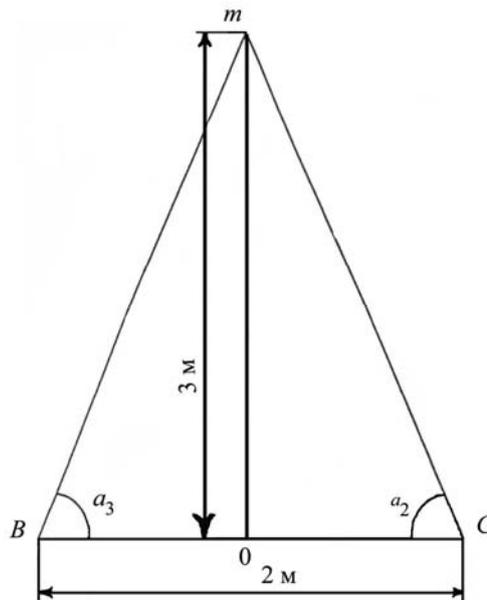


Рис. 4. Пояснение к определению магнитной индукции на отрезке BC

На участке EC магнитная индукция определяется следующим образом:

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

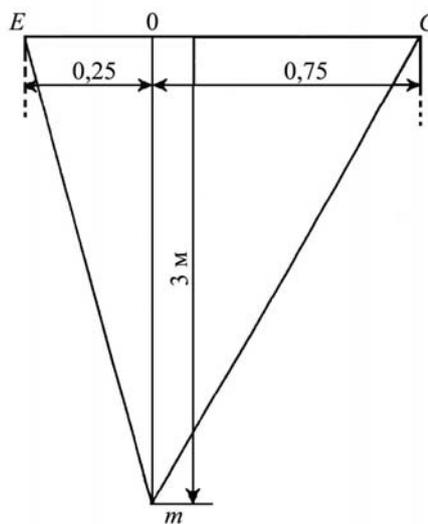


Рис. 5. Пояснение к определению магнитной индукции на отрезке EC

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

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

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

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

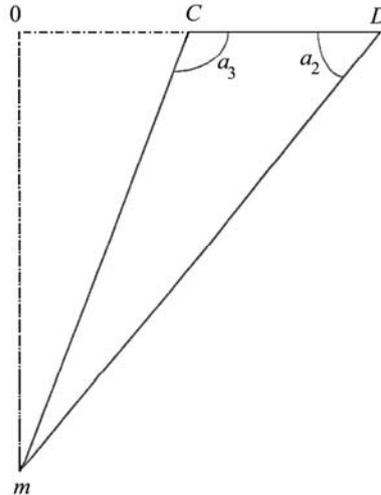


Рис. 6. Пояснение к определению магнитной индукции от тока на отрезке CD

По теореме синусов определяем угол α_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.