

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

А. А. ГЕВОРКЯН, Б. М. МАМИКОНЯН, М. А. ГЕДАКЯН

ОБ ОДНОМ СЛУЧАЕ БЕСКОНТАКТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТОКОВ

В практике бесконтактного измерения силы электрического тока имеется особый случай, когда проводник с контролируемым током недоступен оператору. Подобная задача возникает при измерении силы тока, например, в кабеле, проложенном в земле, воде, строительных конструкциях и пр., а также при выборочном ремонте подземных магистральных трубопроводов, когда выявление участков с поврежденной изоляцией производится по плотностям защитных токов [1]. Особность измерения в этом случае заключается в том, что проводник с током не только невозможно охватить замкнутым магнитоизмерительным контуром, но и невозможно путем измерения в одной точке напряженности H магнитного поля контролируемого тока вычислить его силу I по формуле

$$I = 2\pi RH. \quad (1)$$

вытекающей из закона полного тока, поскольку неизвестно расстояние R от точки установки магниточувствительного преобразователя (МП) до оси проводника с током.

Для рассматриваемого случая в [2, 3] разработаны метод и устройство измерения тока, основанные на использовании трех МП, один из которых служит для определения положения оси проводника, а два других измеряют напряженности H_1 и H_2 в двух точках, удаленных от оси проводника на различные расстояния R_1 и R_2 , причем разность этих расстояний $d = R_2 - R_1$ точно фиксируется, например, путем установки МП на жесткой штанге, сорниентованной вдоль радиуса окружностей силовых линий магнитного поля контролируемого тока. При этом ток вычисляется с помощью формулы

$$I = \frac{2\pi d H_1 H_2}{H_1 - H_2},$$

которая выводится на основе (1), но в ней не фигурируют расстояния R_1 и R_2 .

Недостатком данного метода является низкая производительность, обусловленная необходимостью точного определения положения оси проводника, а также значительные погрешности, вызываемые отклонением штанги от радиального направления окружностей силовых линий магнитного поля тока. Как показано в [1], смещение штанги с МП относительно оси проводника на ± 0.1 м вызывает дополнительную погрешность измерения порядка 1,3%.

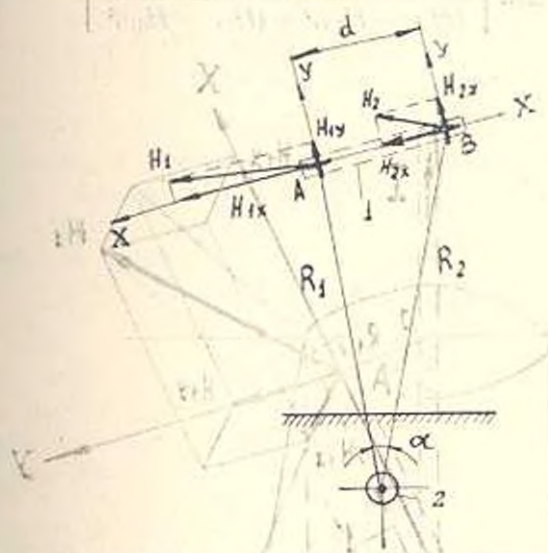


Рис. 1. К методу измерения тока с четырьмя МП.

Ниже изложено развитие этого метода, целью которого является устранение отмеченных недостатков. Если использовать четыре МП, установив их по два в указанных двух точках А и В штанги 1 таким образом, чтобы их магниточувствительные оси были взаимоперпендикулярны, как это показано на рис. 1, и направлены вдоль осей X и Y, то в этом случае любые смещения штанги от радиального направления, происходящие в плоскости, перпендикулярной оси проводника 2, не вносят погрешности в результат измерения, к тому же отпадает необходимость в точном определении положения оси проводника. Формула для вычисления тока в этом случае выводится следующим образом. Из треугольника OAB:

$$R_1^2 + R_2^2 - 2R_1R_2 \cos \alpha = d^2.$$

Учитывая, что

$$R_1 = I/2\pi H_1, \quad R_2 = I/2\pi H_2,$$

получаем:

$$I = 2\pi d H_1 H_2 (H_1^2 + H_2^2 - 2H_1 H_2 \cos \alpha)^{-1/2}. \quad (2)$$

Угол α одновременно образован векторами $\vec{H}_1$ и $\vec{H}_2$, поэтому:

$$\cos \alpha = (H_{1x} H_{2x} + H_{1y} H_{2y}) / (H_1^2 H_2^2)^{1/2}. \quad (3)$$

где $H_{1X}, H_{1Y}, H_{2X}, H_{2Y}$ — компоненты векторов $\vec{H}_1$ и $\vec{H}_2$ по осям X и Y (измеряются с помощью МП).

Совместно решая (2) и (3), после несложных преобразований получаем:

$$I = 2\pi d \left[\frac{(H_{1X}^2 + H_{1Y}^2)(H_{2X}^2 + H_{2Y}^2)}{(H_{1X} - H_{2X})^2 + (H_{1Y} - H_{2Y})^2} \right]^{1/2} \quad (4)$$

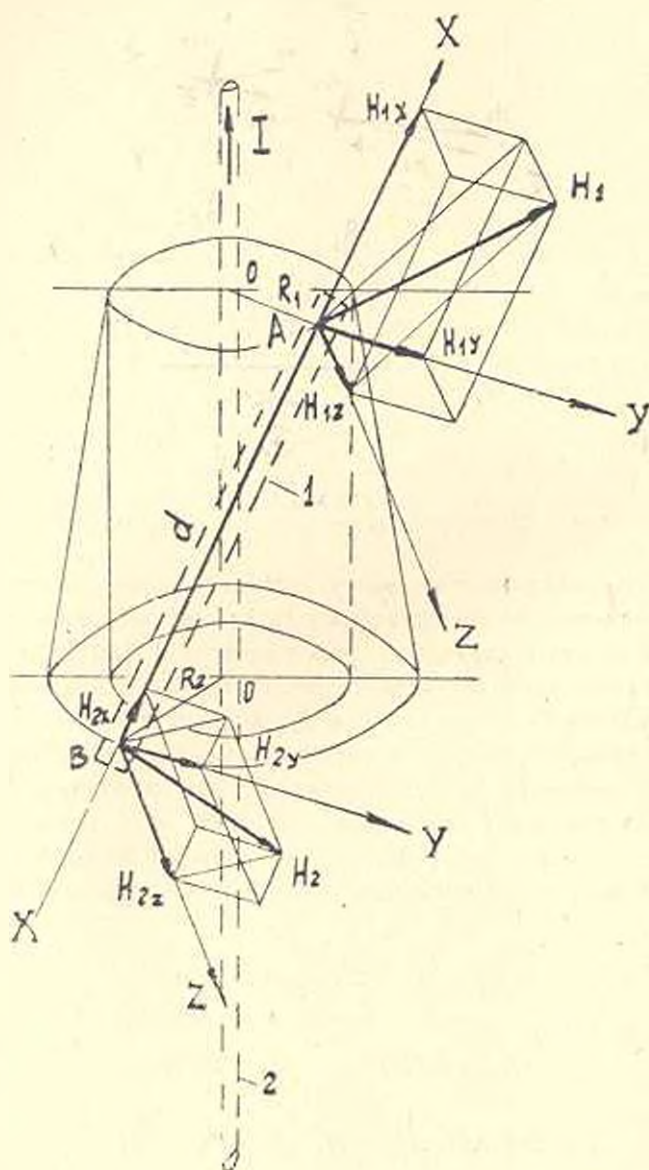


Рис. 2. К методу измерения тока с шестью МП.

Если же требуется, чтобы на результат измерения не влияли никакие (в том числе и пространственные) отклонения интанси, то необхо-

димо измерение осуществлять с помощью шести МП, установленных по три в точках *A* и *B* штанги и измеряющих компоненты напряженности поля тока вдоль осей *X*, *Y*, *Z* (рис. 2). В этом случае, пользуясь рис. 2, аналогично с методикой вывода (4) получим формулу для расчета тока *I*:

$$I = 2\pi d \left| \frac{(H_{1x}^2 + H_{1y}^2 + H_{1z}^2)(H_{2x}^2 + H_{2y}^2 + H_{2z}^2)}{(H_{1x} - H_{2x})^2 + (H_{1y} - H_{2y})^2 + (H_{1z} - H_{2z})^2} \right|^{1/2}$$

Экспериментальные исследования, проведенные с применением опытных образцов устройства, реализующих схемы рис. 1 и 2, подтвердили соответствие изложенных выкладок действительности.

Лен. фкл. ЕрПИ им. К. Маркса

18.XI.1983

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Григорович К. К., Ягола Г. К. Методы и средства оценки состояния изоляционных покрытий подземных газопроводов.— РИТС ВНИИЭНГ. Сер. «Коррозия и защита в нефтегазовой промышленности», 1979, № 9, с. 17—20.
2. А. с. 940077 (СССР). Устройство для бесконтактного измерения электрических сигналов /И. И. Яковлев.— Оpubл. в БИ., 1982, № 24.
3. Пат. № 2070783 (Великобритания). Measuring current in a conductor /I. Mark C. A.-D. Scott.— 1981.
4. Григорович К. К. Бесконтактный метод измерения токов в подземных трубопроводах.— Коррозия и защита, 1982, № 2, с. 16—19.