

УДК 621.317; 621.643  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ФАЗОВОГО МЕТОДА  
КОНТРОЛЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОТСЛОЕНИЙ ИЗОЛЯЦИОННЫХ  
ПОКРЫТИЙ ПОДЗЕМНЫХ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ

В. С. ЦИХ  
«ИВАНО-ФРАНКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА»  
Ивано-Франковск, Украина

Возможности бесконтактного поиска мест повреждений изоляционного покрытия подземных нефтегазопроводов на сегодняшний день, в первую очередь, связывают с использованием электромагнитного амплитудного метода контроля, который основан на измерении величины тока в стенках исследуемого трубопровода. С помощью такого метода возможно правильное трассирование подземного трубопровода, а по изменению величины тока в стенках исследуемого нефтегазопровода, можно судить о наличии повреждений в изоляционном покрытии.

Но использование амплитудного электромагнитного метода контроля не позволяет обнаруживать повреждения подземных нефтегазопроводов типа «отслоение изоляционного покрытия». Это связано с тем, что изменения величины амплитуды токового сигнала напрямую зависят от вытекания тока в грунт, что наблюдается только в случае сквозных дефектов изоляционного покрытия. Поиск отслоений изоляции, на данное время, возможен исключительно в шурфах, что является дорогим и неэффективным способом.

По мнению авторов, более перспективным бесконтактным методом для определения изоляционных повреждений является электромагнитный фазовый метод контроля. Но на данное время такой метод реализован только в приборах контроля подземных кабельных линий производства русской компании «Связьприбор» (разработанные приборы – «Поиск-310Д-2М» и «Поиск-410»).

В основу следующего метода положен тот факт, что трубопровод является искусственной «длинной линией», характеризующейся распределённой электрической ёмкостью, обусловленной состоянием изоляционного покрытия, и распределённой индуктивностью, которая слабо зависит от параметров трубопровода. В результате, скорость распространения электрических сигналов по трубопроводу становится существенно ниже скорости света. При этом по мере удаления от генератора, увеличивается задержка распространения сигнала и изменяется величина сдвига фазы [1].

Перспективным может быть применение электромагнитного фазового метода и для контроля технического состояния изоляционных покрытий подземных нефтегазопроводов, учитывая, что скорость изменения фазы за-

висит от толщины и состояния таких покрытий, что в свою очередь, позволяет делать соответствующие выводы, анализируя ход фазы.

В [2] описаны возможности использования электромагнитного фазового метода обследований для контроля технического состояния изоляционных покрытий подземных нефтегазопроводов. В отличие от амплитудного, использование такого метода позволяет выявлять высокоумные повреждения изоляционного покрытия.

Согласно выводам, сделанных в [1–3], можно подытожить, что величина фазы и ее изменения, вследствие проведения измерений, не зависят от величины амплитуды принятого сигнала, а зависят исключительно только от электрических параметров исследуемого трубопровода и электрических характеристик его изоляционного покрытия, для заданной частоты сигнала.

Таким образом, согласно с [2–4] и учитывая наличие повреждения типа «отслоение изоляционного покрытия», смещение фазы входного сигнала будет рассчитываться по формуле (1):

$$\varphi_{отсл} = 2\pi f \sqrt{\frac{R_{из} \cdot L_T \cdot C_{из} \cdot C_{II}}{(Z_i + R_T + R_{ГР} + R_{из}) \cdot (C_{из} + C_{II})}}, \quad (1)$$

где  $Z_i$  – выходное сопротивление генератора;  $R_T$ ,  $L_T$  – сопротивление и индуктивность трубопровода;  $R_{ГР}$  – сопротивление грунта;  $R_{из}$ ,  $C_{из}$  – сопротивление и емкость изоляционного покрытия;  $C_{II}$  – емкость повреждения изоляционного покрытия (отслоение изоляции).

На рис. 1 отображены графики изменения сдвига фазы от разных величин отслоений изоляционного покрытия, а также на разных рабочих частотах. На рис. 2 приведены графики зависимости сдвига фазы в случае наличия сквозных повреждений изоляционного покрытия подземных нефтегазопроводов.

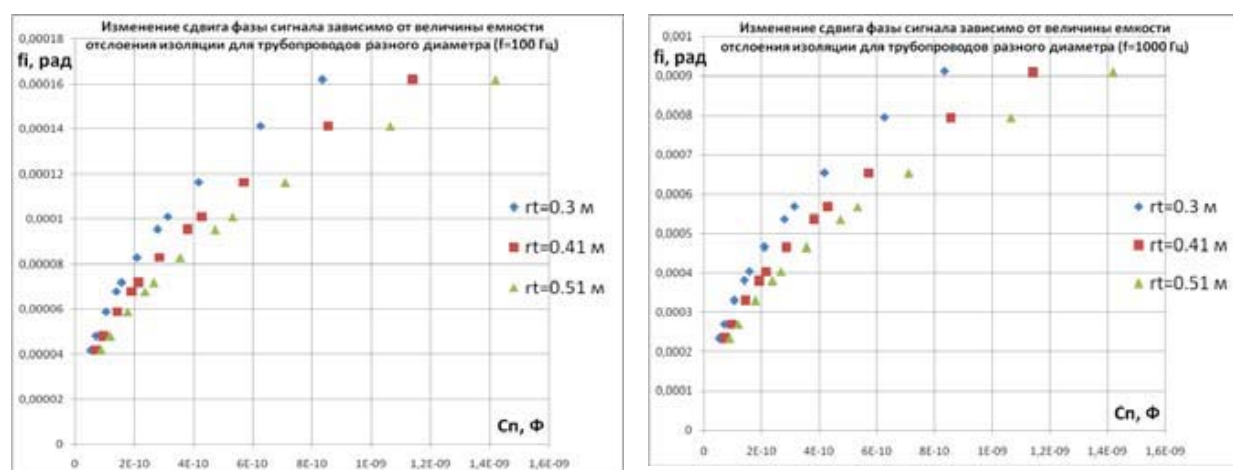


Рис. 1. Графики изменения сдвига фазы сигнала от величины емкости отслоения для трубопроводов разного диаметра на частотах 100 Гц и 1000 Гц соответственно

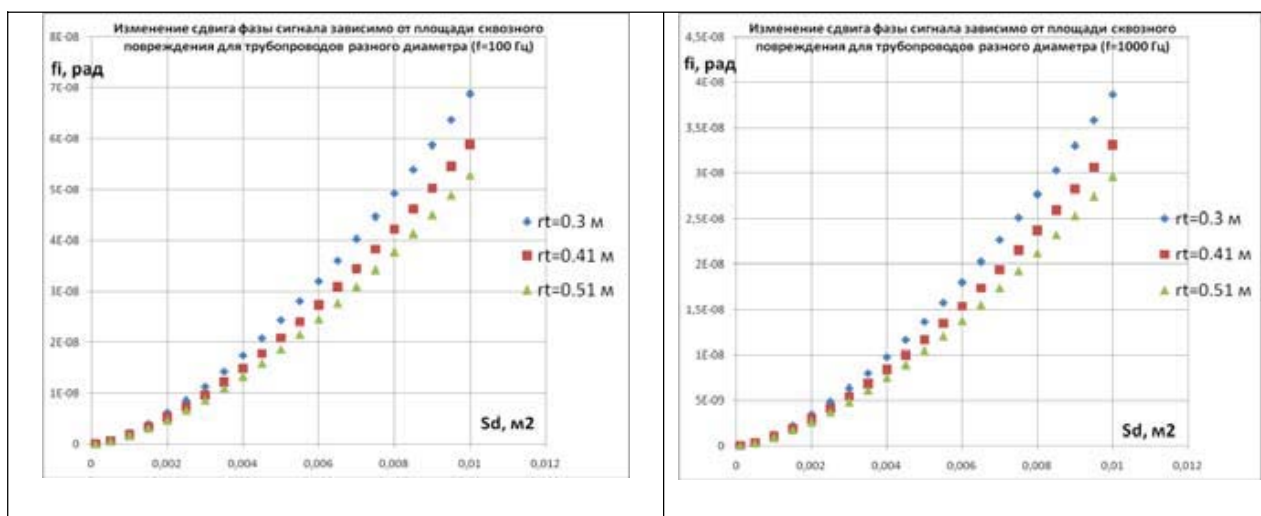


Рис. 2. Графики изменения сдвига фазы сигнала от площади сквозного повреждения для трубопроводов разного диаметра на частотах 100 Гц и 1000 Гц соответственно

По графикам рис. 1, 2 можно сделать заключение о том, что в случае наличия отслоений изоляционных покрытий, скачок фазы входного сигнала будет на несколько порядков большим, чем сдвиг фазы в случае сквозных повреждений изоляционного покрытия, что дает возможность различать разные типы дефектов изоляции подземных нефтегазопроводов.

Таким образом, тщательный анализ электрических параметров размещенного в грунте подземного нефтегазопровода дает возможность найти зависимости изменения сдвига фазы входного сигнала, поданного на исследуемый трубопровод под влиянием разного рода дефектов. Все это дает возможность найти пути решения актуальной проблемы нефтегазового комплекса – задачи поиска мест отслоений изоляционного покрытия подземных нефтегазопроводов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трассопоисковый приемник «Оникс». Техническое описание. Инструкция по эксплуатации. Паспорт. – М. – 2008. – 31 с.
2. **Яворський, А. В.** Фазовий метод контролю ізоляційного покриття підземних нафтогазопроводів / А. В. Яворський, С. П. Ващишак, А. М. Карпаш // Методи та прилади контролю якості. – 2008. – № 21 – С. 14–18.
3. **Сидоров, Б. В.** О расчете электрических параметров трубопроводов / Б. В. Сидоров, Л. Ф. Щербакова // Изоляция трубопроводов. Тр. ВНИИСТА. – 1982. – С. 92–109.
4. **Дикмарова, Л. П.** Эквивалентные электрические схемы замещения подземных трубопроводов / Л. П. Дикмарова // Радіоелектроніка і телекомунікації: Вісник ДУ «Львівська політехніка», 1998. – № 352. – С. 26–30.

E-mail: [tvsvitalik@gmail.com](mailto:tvsvitalik@gmail.com)