

## ПОВЫШЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИФМАНОМЕТРОВ ЗА СЧЕТ ЛИНЕАРИЗАЦИИ ИХ ВЫХОДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Е.Г. Абаринов, П.П. Изотов

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

Технологические системы измерения и контроля промышленных предприятий, тепловых и атомных электростанций, коммунального хозяйства не обходятся без дифманометров. Дифманометры используются для измерения избыточного давления (напора), разности давлений (перепада), разряжения (тяги), уровня жидкости в открытых резервуарах и в резервуарах под давлением, а также для измерения технологических параметров расходов жидкости, газа и пара. Однако в последнее время интерес к дифманометрам снижается из-за того, что точностные показатели дифманометров не удовлетворяют новым требованиям. Особенно это проявляется в расходомерии, где, согласно новым российским «Правилам учета тепловой энергии и теплоносителя / П-683» [1], требуется, чтобы в диапазоне измерения от 10 до 100 % номинального расхода относительная погрешность не превышала  $\pm 3\%$ . Как показано в [2], этому требованию не удовлетворяют даже дифманометры, имеющие высокий класс точности 0,25 (устанавливаемый в соответствии с ГОСТ 22520-85 [3] по приведенной погрешности).

Авторами исследовалась возможность уменьшения погрешности дифманометров с дифференциально-трансформаторным датчиком (ДТД) ДМ-3583М, ДКО-3702 и ПД, изготавливаемых на заводах «Промприбор» г. Ивано-Франковск (Украина) и «Спутник» г. Молодечно (Беларусь), за счет линейризации их выходной характеристики. Для дифманометров ДМ-3583М, ДКО-3702 согласно ГОСТ 22520-85 точность измерения перепада давления ( $\Delta p$ ) оценивалась по приведенной погрешности ( $\delta_{пр}$ ). Дифманометры ПД используются в составе теплосчетчика СТ-35, поэтому согласно МИ 2164-91 [4] погрешность этих дифманометров оценивалась по относительной погрешности ( $\delta_{отн}$ ). Выходной сигнал ДТД дифманометра измерялся преобразователем выходного сигнала ДТД [5], который предварительно был поверен при помощи магазина комплексной взаимной индуктивности Р5017 [6], разработанного для поверки дифманометров с ДТД. Линейризация выходной характеристики дифманометра проводилась устройством линейризации [7], реализация которого была осуществлена на одной интегральной микросхеме типа К1401УД2А.

Результаты исследования повышения точности дифманометров с ДТД отражены на рис. 1, 2 и представлены в виде характерного для данного типа дифманометра распределения приведенной или относительной погрешности по диапазону измерения до и после устройства линейризации. На рис. 1 видно, что линейризация выходной характеристики позволяет уменьшить приведенную погрешность дифманометров класса точности 1,5 завода «Промприбор»:

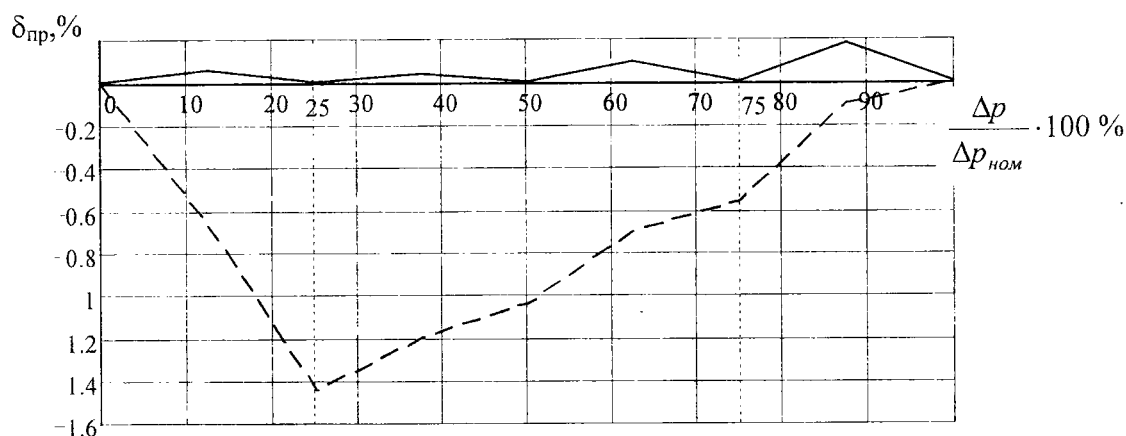
- типа ДМ-3583М, обусловленную нелинейностью с отрицательным знаком отклонения от линейного закона, в 8 раз и обеспечить приведенную погрешность  $\delta_{пр}$ , не превышающую 0,18 %;
- типа ДКО-3702, обусловленную нелинейностью с знакопеременным отклонением от линейного закона, в 3,7...3,8 раза и обеспечить приведенную погрешность  $\delta_{пр}$ , не превышающую 0,38 %...0,4 %.

– На рис. 2а,б видно, что линейризация выходной характеристики позволяет уменьшить в дифманометрах типа ПД завода «Спутник» в диапазоне 1 %...100 % номинального перепада давления ( $\Delta p_{\text{ном}}$ ) относительную погрешность  $\delta_{\text{отн}}$ :

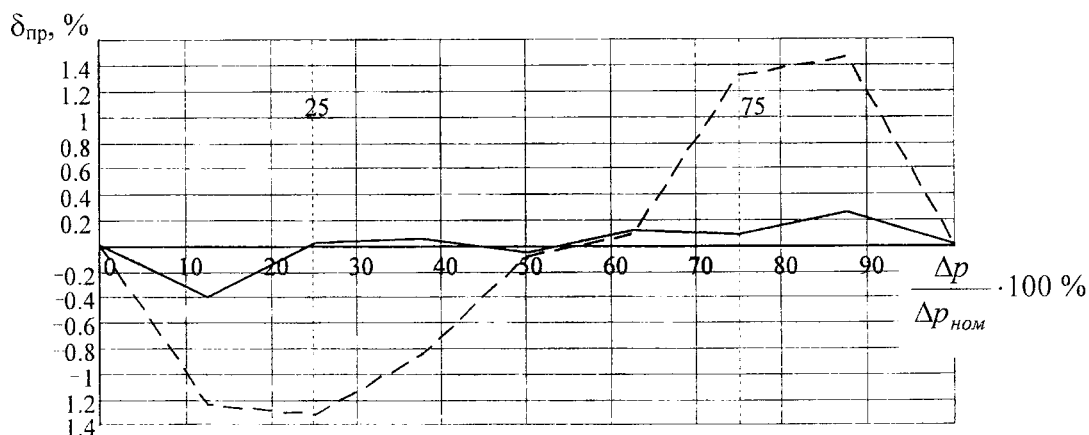
– обусловленную нелинейностью с положительным знаком отклонения от линейного закона, до 0,53 % (рис. 2а);

– обусловленную нелинейностью с отрицательным знаком отклонения от линейного закона, до 0,52 % (рис. 2б).

Принимая во внимание, что относительная погрешность 0,6 % в диапазоне измерений 1 %...100 % номинального перепада давления, согласно [2], соответствует относительной погрешности 0,3 % в диапазоне измерений 10 %...100 % номинального расхода, то видно, что линейризация выходной характеристики дифманометров позволяет с большим запасом обеспечить требования, сформированные в [1].

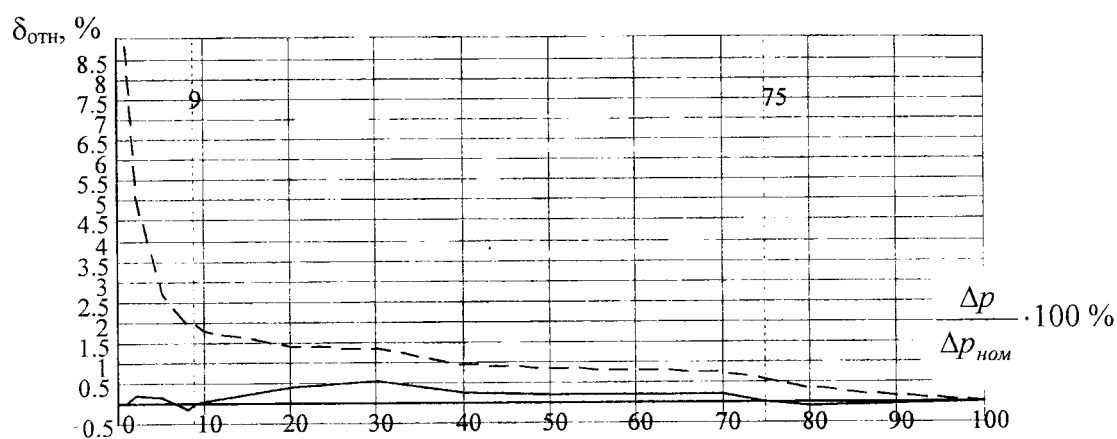


а)

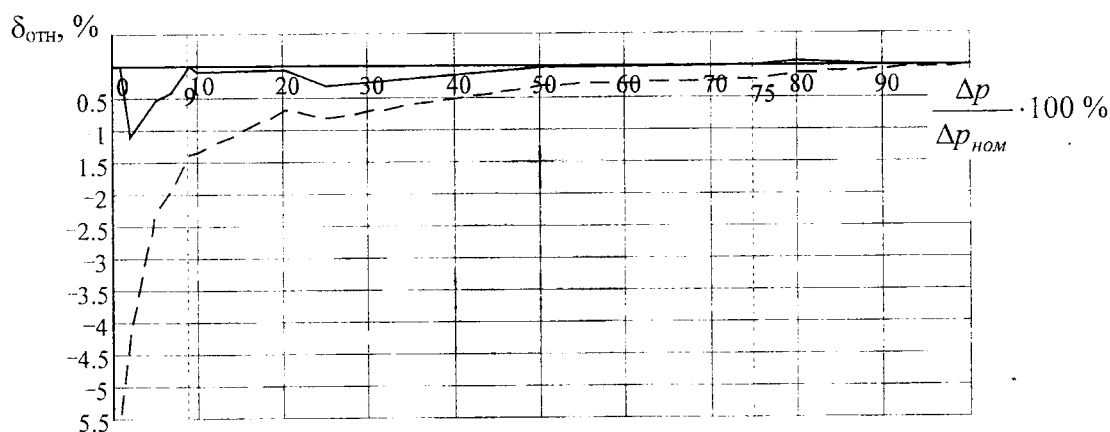


б)

Рис. 1. Распределения приведенной погрешности  $\delta_{\text{пр}}$  по диапазону измерения ----- до линейризации, ————— после линейризации выходной характеристики дифманометров завода «Промприбор»: а) типа ДМ-3583М; б) ДКО-3702



а)



б)

Рис. 2. Распределения относительной погрешности  $\delta_{отн}$  по диапазону измерения ----- до линейризации, ————— после линейризации выходной характеристики дифманометра типа ПД завода «Спутник», имеющих нелинейность: а) с положительным знаком отклонением от линейного закона; б) с отрицательным знаком отклонением от линейного закона

### Литература

1. Правила учета тепловой энергии и теплоносителя /П-683 Главгосэнергонадзор. – М.: Изд-во МЭИ, 1995. – 68 с.
2. Абаринев Е.Г., Изотов П.П. О необходимости аттестации дифманометров по относительной погрешности /Материалы 11-ой межд. науч.-техн. конф. – СПб.: Политехника, 2000. – С. 235-238.
3. ГОСТ 22520-85 (СТ СЭВ 4124-83). Датчики давления, разрежения и разности давлений с электрическими аналоговыми выходными сигналами ГСП. Общие технические условия. – Взамен ГОСТ 14763-78, ГОСТ 14795-79, ГОСТ 22520-77; Введ.01.07.86. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 31 с.
4. МИ 2164-91. ГСИ. Теплосчетчики. Требования к испытаниям, метрологической аттестации, поверке. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 37 с.
5. Пат. 2845, МКИ<sup>6</sup> G 01D 5/22. Преобразователь выходного сигнала дифференциально-трансформаторного датчика /Абаринев Е.Г., Изотов П.П. (ВУ) – № 960252; Заявлено 23.05.96; Опубл.

- 30.06.1999 //Изобретения, полезные модели, промышленные образцы /Дзярж. пат. ведамства Рэсп. Беларусь. – 1999. – № 2. – С. 151-152.
6. Магазин комплексной взаимной индуктивности Р5017. Техническое описание и инструкция по эксплуатации /М-во приборостроения, средств автоматизации и систем управления СССР. – 3-д «ТЭП», 1975. – 22 с.
7. Абаринов Е.Г., Изотов П.П. Линеаризация выходной характеристики дифманометрических преобразователей //Метрологическое обеспечение качества – 2000: Материалы межд. науч.-практ. конф.– Минск: Тесей, 2000. – С. 165-171.

## АНТЕННОЕ ПРИСОЕДИНЕНИЕ ДЛЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ СВЯЗИ ПО ЛИНИЯМ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

**И.В. Осипенко**

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

Традиционная схема присоединения аппаратуры высокочастотной связи к высоковольтной линии электропередач (ЛЭП) включает: высокочастотный заградитель (ВЗ), конденсатор связи (КС), фильтр присоединения (Ф) и технологическую аппаратуру. Такая схема хорошо отработана в электроэнергетике, имеет приемлемые электротехнические параметры. Существенный недостаток ее состоит в необходимости присоединения через КС непосредственно к фазным проводам высокого напряжения и, как следствие, высокая цена КС. В литературе [1] ранее рассматривался вопрос о возможности снятия ВЧ-сигнала посредством антенн присоединения, находящихся в непосредственной близости к ЛЭП и возбуждаемых электромагнитным полем, окружающим канал связи. Такая схема не нашла применения, по нашему мнению, по следующим основным причинам: а) вследствие несовершенства электронной аппаратуры 50-60 годов необходимо было иметь минимальное затухание схемы присоединения; б) неудачным был выбор конструкции антенны присоединения в виде разомкнутого вибратора; в) для ВЧ-связи использовалась нижняя часть частотного диапазона (до 500 кГц).

Вследствие возникшего «частотного голода» для решения новых технологических задач электроэнергетики в мире осуществляется переход к использованию для каналов ВЧ-связи частот до 1000 кГц. Использование новой электронной базы, помехоустойчивых методов кодирования информации снизили требование по мощности сигнала ВЧ-связи.

Нами рассмотрена схема антенного присоединения, основой которой является рамочная антенна, размещенная рядом с ЛЭП (рис. 1а). Электродинамический анализ выполнен на основе решения интегрального уравнения Поплингтона для электрических полей на поверхности проводников:

$$-E(x) + Z(x) \cdot I(x) = E^{cm}(x), \quad (1)$$

где  $E(x)$  – поле токов антенны  $I(x)$  на ее проводниках с погонным импедансом  $Z(x)$ ;  $E^{cm}(x)$  – стороннее поле ЛЭП с учетом полей, отражаемых от земли.