

## ЛИТЕРАТУРА

1. Трансформаторы силовые масляные общего назначения. Допустимые нагрузки: ГОСТ 14.209–69. – М.: Изд-во стандартов, 1969.
2. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. – М.; Л.; Омега, 2007.
3. Инструктивные и информационные материалы по проектированию электроустановок. – М.: ВНИПИ «Тяжпромэлектропроект». – 1996. – № 5.
4. Шницер, Л.М. Основы теории и нагрузочная способность трансформаторов / Л. М. Шницер. – М.; Л.: Госэнергоиздат, 1959. – 232 с.
5. Боднар, В.В. Нагрузочная способность силовых масляных трансформаторов / В. В. Боднар. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 177 с.

УДК 631.171

### ОБОСНОВАНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕЖПОВЕРОЧНОГО ИНТЕРВАЛА УЛЬТРАЗВУКОВОГО СЧЕТЧИКА ГАЗА СГУ 001 G25

Головин А.Н. д.т.н., проф.

*Белорусский государственный институт метрологии РБ  
г. Минск, Республика Беларусь*

Лисовский В.В., к.т.н., доцент, Булко М.И., ст. препод., Бугсев Е.В., инженер

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»  
г. Минск, Республика Беларусь*

Опытная партия отечественных ультразвуковых счетчиков газа для работы в диапазоне расходов от  $0,25\text{ м}^3/\text{час}$  до  $40\text{ м}^3/\text{час}$  было принято в производственную эксплуатацию в 2001 году.

Начиная с 2008 года получены технические условия и сертификат типа №4221 на ультразвуковые счетчики на номинальный измеряемый объем  $0,25\text{ м}^3/\text{час}$ . Первоначальный межповерочный интервал (МПИ), установленный Госстандартом Республики Беларусь составил 2 года, что в настоящее время явилось большим препятствием для продвижения данной продукции на рынки стран СНГ. Данная работа посвящена обоснованию выбора оптимального межповерочного интервала для ультразвуковых счетчиков газа серии СГУ 001.

В соответствии с рекомендациями РМГ 74-2004 ГСИ [1] критериями для определения межповерочного интервала являются показатели метрологической надежности либо критерий экономической оптимальности. В качестве показателей метрологической надежности используются следующие:

- вероятность работы без метрологических отказов  $P_m(t)$  за интервал времени  $t$ ;
- интенсивность метрологических отказов  $\lambda_m$ ;
- наработка на метрологический отказ  $T_0$ .

Экономическим критерием оптимальности МПИ является условный минимум экономических издержек при эксплуатации средств измерений (СИ).

В данном случае, на основе опыта эксплуатации 30-ти экземпляров счетчиков газа ультразвуковых СГУ 001 G25 (являющихся прототипом БУГ-1) на Барановичской бройлерной птицефабрике «Дружба» начиная с 2001г., а также учитывая принцип работы ультразвукового счетчика газа для которого метрологическая надежность практически соответствует общей надежности прибора для определения МПИ используем *критерий метрологической надежности*.

Анализ отказов опытной партии счетчиков СГУ 001 G25 более чем за 10-летний период промышленной эксплуатации подтверждает высокую метрологическую надежность приборов, т.к. после всех случаев выхода их из строя за указанный период по причине отказа отдельных комплектующих элементов (в 85% случаев из-за отказа литиевой батареи) не требовалась повторная калибровка, т.е. все счетчики после ремонта соответствовали классу 1,5. Данное обстоятельство подтверждается и результатами испытаний образцового ультразвукового счетчика газа СГУ 001 G25(м) зав.№ 001 класса точности 0,5, проходившего первоначальную калибровку в ДП

«Ивано-Франковскстандартметрология» в 2006г. с использованием государственного первичного эталона единицы объема и объемного расхода газа ДЕТУ 03-01-96 и периодическую поверку там же в 2008г. (копии протоколов прилагаются). Кроме того, следует учесть то обстоятельство, что измерение расхода счетчиками, с целью уменьшения энергопотребления, производится один раз в 3,8с, остальное время схема находится в «спящем» состоянии, т.е. коэффициент использования  $K_{и} \leq 0,5$ .

Поскольку в данном случае нет долгосрочных статистических данных по результатам проверки большого количества ультразвуковых счетчиков МПИ определяем расчетным путем тремя способами.

Расчет межповерочного интервала по показателям надежности производим по критерию интенсивности метрологических отказов  $\lambda_{и}$ , т.к. оценить реальное время наработки счетчиков затруднительно. Принимая экспоненциальный закон распределения времени безотказной работы, МПИ определяем по формуле

$$t = \frac{\ln P_{доп.з}}{\lambda_{и}}$$

где  $t$ - межповерочный интервал;

$\lambda_{и} = 5,5684 \times 10^{-6}$  - интенсивность метрологических отказов;

$P_{доп}$  - допускаемая вероятность безотказной работы.

Допускаемую вероятность безотказной работы  $P_{доп}$  для рабочих средств измерений выбирают в пределах 0,85-0,99 в зависимости от степени ответственности измерений. В соответствии с рекомендациями [2] для средств измерений предназначенных для учета и расчетов с потребителями, значение этого коэффициента принимается 0,85. Т.о. расчетный межповерочный интервал

$$t = 0,18 \times 10^6 \times 0,1625 = 29182 \text{ ч.}, \text{ или при } K_{и} = 0,5 \quad t = 79,9 \text{ мес.}$$

Принимаем рекомендуемый межповерочный интервал [1] – 72мес.

По вероятности работы без метрологических отказов  $P_{м}(t)$  за интервал времени  $t$  воспользуемся результатами проверки партии УЗ счетчиков СГУ-G25 после 2-х лет работы (первый межповерочный интервал был установлен в 24 мес.). Как видно из приведенных результатов (Приложение 2) все 36 счетчиков, подвергнутых проверке признаны годными, т.е.  $N_1 = 36$ шт.,  $n_1 = 0$ , тогда согласно [2] статистическое значение вероятности безотказной работы

$$\bar{P} = (N_1 - n_1) / N_1 = (36 - 0) / 36 = 1,0.$$

Оценку правильности ранее назначенного межповерочного интервала производим с доверительной вероятностью 0,85. Тогда согласно [2]

$$P_{доп} - 1,28 \sqrt{\frac{P_{доп}(1 - P_{доп})}{N_1}} \leq \bar{P} \leq P_{доп} + 1,28 \sqrt{\frac{P_{доп}(1 - P_{доп})}{N_1}};$$

$$0,85 - 1,28 \sqrt{\frac{0,85(1 - 0,85)}{36}} \leq P \leq 0,85 + 1,28 \sqrt{\frac{0,85(1 - 0,85)}{36}};$$

$$0,773 \leq P \leq 0,927.$$

Статистическое значение  $\bar{P} = 1,0$  выходит за пределы полученных границ. Следовательно, первый межповерочный интервал ( $t_1 = 24$  мес.) по результатам проведенной проверки может быть изменен в сторону увеличения. Согласно таблице 4.4 из [2] поправочный коэффициент  $c$  для  $N_1 = 36$  и  $n_1 = 0$  при доверительной вероятности 0,95 равен 5,100 (для 0,85 – 16,20).

Новый межповерочный интервал с учетом коэффициента коррекции  $c$  определяем по формуле  $t_2 = t_1 \times c = 24 \times 5,1 = 122,4$  мес.

Третий вариант расчета проведем по времени наработки на метрологический отказ по формуле [2]

$$T_s = \frac{T \ln K_n}{R(N, n)},$$

Где  $R(N, n)$  – коэффициент, определяемый по таблице 4.7 из [2] на основе статистической обработки исходных значений  $N$  и  $n$ . В нашем случае

$$T_s = \frac{24 \ln 0,85}{0,05} = \frac{24 \times 0,162}{0,05} = 77,76 \text{ мес.}$$

Принимаем рекомендуемый межповерочный интервал – 72 мес.

Таким образом, окончательно принимаем межповерочный интервал равный 72 месяцам.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. РМГ 74-2004 ГСИ. Методы определения межповерочных и межкалибровочных интервалов средств измерений
2. Артемьев Б.Г., Лукашов Ю.Э. Поверка и калибровка средств измерений. – М. ФГУП «Стандартинформ», 2006. – 408с.

УДК 621.762

### НАГРЕВ И ПРОПЛАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОНТАКТОВ ПРИ КОММУТАЦИИ

Мрачковский А.Н., Радько И.П.,

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, Украина*

Кохановский В.А.

*Национальный технический университет Украины "КПИ", Киев, Украина*

Конструктивные разиеры электрических контактов зависят от энергии, выделяющейся в межконтактном промежутке, их материала, характера нагрузки, рода тока.

Были проведены исследования зависимости выделяющейся энергии и определяемой этим глубины проплавления контактов в зависимости от величины тока, индуктивности нагрузки, а также теплофизических свойств материала контакта.

1. Мощность и энергия, выделяющаяся на поверхность контактов.

Сопротивление размыкающихся контактов  $R_t$  изменяется от 0 до  $\infty$  за время размыкания  $t_0$  и зависит от времени  $t$  ( $0 \leq t \leq t_0$ )

$$R_t = R \frac{t}{t_0 - t},$$

где  $R$  – активное сопротивление отключаемой нагрузки.

Поэтому процесс размыкания цепи с индуктивностью  $L_n$  и сопротивлением  $R$  равноценен введению последовательно в такую цепь сопротивления  $R_t$  в соответствии с рис.1.

В этом случае закон изменения тока в цепи описывается дифференциальным уравнением

$$iR + L \frac{di}{dt} + U_n = U_0, \quad (1)$$

где  $U_n = iR_t$  – напряжение на контактах выключателя.

Предполагаем, что ток в цепи и напряжение на контактах при отключении чисто активной нагрузки изменяются пропорционально времени.

В этом случае уравнение (1) – линейное и его решение имеет следующий вид

$$i = I_0 \frac{t_0 - t}{t_0} \cdot B; \quad U_n = U_0 \frac{t}{t_0} \cdot B, \quad (2)$$

где  $I_0$  и  $U_0$  – ток нагрузки и напряжение на ней до размыкания контактов.

Коэффициент, зависящий от характера цепи (соотношения  $R$  и  $L$ ) и от времени  $t_0$ .

$$B = \frac{\left(\frac{t_0 - t}{t_0}\right)^{\alpha - 1} - \alpha}{1 - \alpha}$$