

СОГЛАСОВАНО

АО «НИИФИ»

Начальник центра 15-
главный метролог



М.Е. Горшенин
« 15 » 06 2022 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Датчики угла поворота -
синусно-косинусные вращающиеся трансформаторы
ПУИ 067

Методика поверки
СДАИ.401261.007МП

г. Пенза
2022 г.

Содержание

Общие положения	3
1 Перечень операций поверки средства измерений.....	4
2 Требования к условиям проведения поверки.....	4
3 Требования к специалистам, осуществляющим поверку.....	4
4 Метрологические и технические требования к средствам поверки	5
5 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки	6
6 Внешний осмотр средства измерений	6
7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений.....	6
8 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	7
8.1 Проверка выходного сигнала и коэффициента трансформации	7
8.2 Проверка диапазона измеряемых углов и определение основной абсолютной погрешности	8
9 Оформление результатов поверки	9
Приложение А Форма протокола поверки.....	11

Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на датчики угла поворота - синусно-косинусные вращающиеся трансформаторы ПУИ 067 (далее по тексту - датчики), предназначенные для преобразования угловых перемещений ротора датчика в электрические сигналы переменного тока, амплитуды напряжений которых отображают синусную и косинусную зависимости от углового перемещения ротора.

Методика поверки устанавливает объём, условия первичной поверки датчиков, методы и средства определения метрологических характеристик датчиков, а также порядок оформления результатов поверки.

Первичная поверка датчиков проводится до ввода в эксплуатацию.

В процессе эксплуатации датчики не подлежат периодической поверке, так как являются средством измерения одноразового применения (датчики предназначены для работы в составе привода остронаправленной антенны (ПОНА) космического аппарата и доступ к датчикам во время эксплуатации невозможен).

В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений угловых перемещений	от 0° до 360°
Выходной сигнал	Напряжения переменного тока, отображающие синусную и косинусную зависимости амплитуды напряжений от углового перемещения ротора датчика
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений угловых перемещений	$\pm 10'$
Пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности измерений угловых перемещений от воздействия повышенной и пониженной температуры	$\pm 5'$
Примечания 1 Нормальные климатические условия характеризуются температурой окружающей среды от плюс 15 °С до плюс 35 °С, относительной влажностью воздуха от 45 % до 75 % и атмосферным давлением от $8,6 \cdot 10^4$ до $10,6 \cdot 10^4$ Па (от 645 до 795 мм рт. ст.). При температуре воздуха свыше плюс 30 °С относительная влажность не должна превышать 70 %. 2 Указанное значение дополнительной абсолютной погрешности измерений угловых перемещений от воздействия повышенной и пониженной температуры нормируется при воздействии пониженной температуры в диапазоне от минус 60 °С до плюс 15 °С и при воздействии от повышенной температуре в диапазоне от плюс 35 °С до плюс 100 °С. 3 Указанные значения погрешностей достигаются при использовании датчика с аналого-цифровым преобразователем сигналов вращающихся трансформаторов, представляющим собой одноотсчетный одноканальный преобразователь «амплитуда-код», применяемым в качестве источника синусоидальных напряжений для питания обмоток возбуждения датчиков и в качестве преобразователя амплитуды выходных напряжений датчиков в двоичные коды, пропорциональные углу поворота роторов датчиков и имеющим разрешение не менее 14 разрядов в отсчете.	

При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы плоского угла в соответствии с поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта № 2482 от 26 ноября 2018 г. (далее – Приказ № 2482), подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 22-2014.

1 Перечень операций поверки средства измерений

1.1 При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при первичной поверке
Внешний осмотр средства измерений	6	да
Подготовка к поверке и опробование	7	да
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям:	8	да
- проверка выходного сигнала и коэффициента трансформации	8.1	да
- проверка диапазона измеряемых углов и определение основной абсолютной погрешности	8.2	да
Оформление результатов поверки	9	да

1.2 При получении отрицательного результата при проведении любой операции поверка прекращается.

2 Требования к условиям проведения поверки

Нормальные условия при проведении поверки характеризуются:

- температурой окружающей среды от 15 °С до 35 °С;
- относительной влажностью воздуха от 45 % до 75 %;
- атмосферным давлением от 86 до 106 кПа (от 645 до 795 мм рт. ст.).

3 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

Поверку систем должен проводить персонал, соответствующий требованиям пунктов 41, 42 Приказа Министерства экономического развития РФ от 26 октября 2020 г. № 707 «Об утверждении критериев аккредитации и перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации», а также изучивший настоящую методику поверки и эксплуатационную документацию на системы, имеющий стаж работы по данному виду измерений не менее 1 года, а также прошедший инструктаж по охране труда на рабочем месте.

4 Метрологические и технические требования к средствам поверки

4.1 При проведении поверки рекомендуется применять средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки	Рекомендуемый тип средства поверки, регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (далее – рег.№ в ФИФ ОЕИ) и (или) метрологические или основные технические средства поверки
Основные средства поверки		
п. 7 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании преобразователя)	Средства измерений температуры окружающей среды, относительной влажности воздуха и атмосферного давления в диапазонах в соответствии с п.2	Прибор комбинированный Testo 622 (диапазон измерений температуры окружающей среды от минус 10 °С до 60 °С, погрешность $\pm 0,4$ °С; диапазон измерений относительной влажности воздуха от 10 % до 98 %, погрешность ± 3 %; диапазон измерений атмосферного давления от 300 до 1200 гПа, погрешность ± 5 гПа). Рег. № 53505-13 в ФИФ ОЕИ.
п. 8 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Средства измерений угловых перемещений, применяемые в качестве эталона единицы плоского угла не ниже 4-го разряда согласно Приказу №2482. Средства измерений для питания датчиков напряжением переменного тока частотой 4000 Гц в диапазоне от 5,5 до 6,5 В и током не более 0,05 А.	Головка оптическая делительная ОДГЭ-20 (диапазон измерения от 0° до 360°, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 20''$). Рег. № 7306-79 в ФИФ ОЕИ. Мультиметры цифровые 34410А (предел измерений напряжения постоянного тока от 100 мВ до 1000 В, погрешность $\pm(0,00003 U_{изм} + 0,000005 U_{пр})$ - $(0,00005 U_{изм} + 0,000035 U_{пр})$). Рег. № 47717-11 в ФИФ ОЕИ. Генератор сигналов низкочастотный ГЗ-109 (диапазон частот от 20 Гц до 200 кГц, погрешность от $\pm(1+50/F)$ % до $\pm(2+50/F)$ %). Рег. № 5459-76 в ФИФ ОЕИ.
Вспомогательные средства поверки		
п. 8 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	-	Аналого-цифровой преобразователь сигналов вращающихся трансформаторов АЦПВТ 1 МКНИ.442253.009 (число двоичных разрядов выходного кода угла 14, разрешающая способность выходного кода угла 79'') Устройство угломерное МКНИ.441439.003

4.2 Допускается замена средств поверки, указанных в таблице 2 другими средствами измерений, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.

4.3 Все средства измерений, применяемые при поверке, должны быть утвержденного типа и иметь действующие свидетельства о поверке, эталоны должны быть аттестованы и иметь действующие свидетельства об аттестации.

5 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

5.1 Перед проведением поверки следует изучить эксплуатационные документы системы, средств измерений и вспомогательного оборудования, используемых при поверке.

5.2 Лица, выполняющие поверку, должны быть ознакомлены со всеми действующими инструкциями и правилами по безопасному выполнению работ и требованиями, указанными в эксплуатационных документах систем, средств измерений и вспомогательного оборудования, используемых при поверке.

5.3 При проведении поверки соблюдаются общие требования безопасности по ГОСТ 12.3.019-80 и требования на конкретное поверочное оборудование.

5.4 Средства измерений и вспомогательное оборудование, используемые при поверке и имеющие заземляющую клемму, должны быть заземлены.

6 Внешний осмотр средства измерений

6.1 Внешний осмотр датчика проводить без кабеля МКНИ.685619.490.

6.2 Контроль внешнего вида датчика проводить визуальным осмотром.

При контроле внешнего вида руководствоваться следующими требованиями:

- на поверхностях датчика не должно быть вмятин, царапин, забоин, трещин, отслоений покрытий, следов коррозии на металлических поверхностях и других дефектов за исключением отдельных царапин и вмятин (точек) разрешенных ОСТ 92-0400-69;

- не допускаются механические повреждения зубцовой зоны ротора и статора в виде сколов, вмятин, царапин.

6.3 Контроль маркировки датчика проводить визуальным осмотром.

На роторе датчика должно быть отчетливо выгравировано:

- «ПУИ 067» - индекс датчика;
- «РОТОР»;
- риска, соответствующая нулевому положению ротора;
- заводской номер датчика.

На статоре датчика должно быть отчетливо выгравировано:

- «ПУИ 067» - индекс датчика;
- «СТАТОР»;
- риска, соответствующая нулевому положению ротора;
- заводской номер датчика;
- «1», «2», «5», «6», «7», «8» - номера контактов датчика.

Примечание – Заводские номера датчика, нанесенные на роторе и статоре, должны совпадать.

6.4 Результаты контроля занести в таблицу по форме таблицы А.1.

6.5 Результаты контроля считать положительными, если внешний вид систем соответствует требованиям п. 6.2, маркировка – требованиям п.6.3.

7 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

7.1 Предварительный прогрев контрольно-измерительных приборов должен соответствовать требованиям технических описаний и инструкций по эксплуатации на них.

7.2 В процессе поверки датчика менять средства измерений не рекомендуется.

7.3 При проведении поверки контрольно-измерительные приборы должны быть надежно заземлены.

7.4 Коммутации и подключения, связанные с монтажом схем поверки, проводить только при выключенном напряжении питания.

7.5 При проведении поверки датчика, если это не оговорено особо, к контактам датчика присоединен кабель для испытаний МКНИ.685619.490 согласно схеме СДАИ.401261.007Э5 путем пайки припоем ПОС 61, пайка бескислотная. Пайку проводить с теплоотводом. Не допускается попадание припоя на поверхности статора и ротора датчика.

7.6 При проведении поверки датчика применять аналого-цифровой преобразователь сигналов вращающихся трансформаторов АЦПВТ 1 МКНИ.442253.009 (далее по тексту - АЦП).

Установку, коммутации и подключения, связанные с монтажом схем поверки, проводить только при выключенном напряжении питания АЦП.

Запрещается включать АЦП, если к АЦП не подключен датчик.

Значение выходного сигнала АЦП возрастает при вращении ротора датчика по часовой стрелке, если смотреть со стороны контактной колодки датчика.

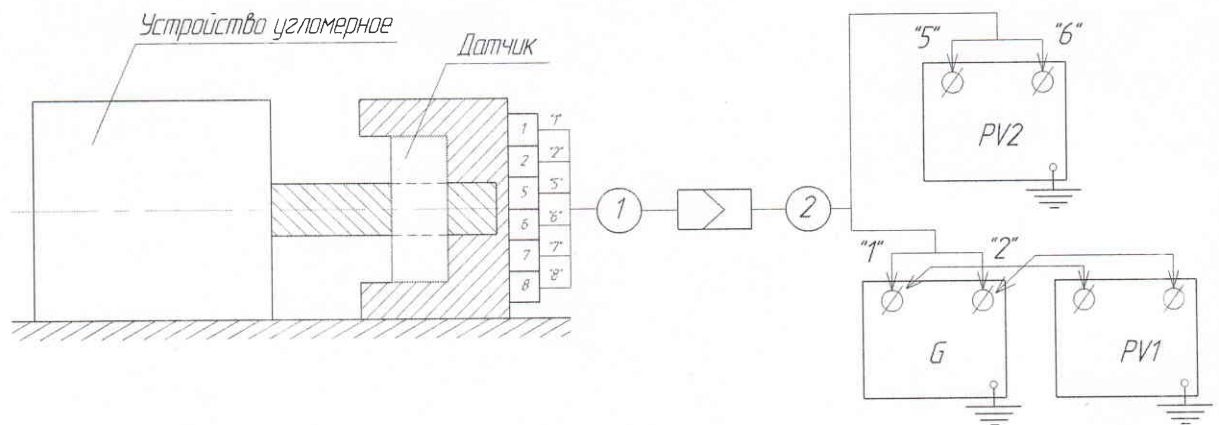
При полном повороте ротора датчика в поле вывода данных АЦП отобразится показание 0° , что соответствует углу поворота 360° .

8 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

8.1 Проверка выходного сигнала и коэффициента трансформации

8.1.1 Установить датчик в устройство угломерное.

8.1.2 Собрать схему согласно рисунку 1.



Г – генератор сигналов низкочастотный ГЗ-109;
 PV1, PV2 – мультиметр цифровой Agilent 34401A;
 1 – кабель для испытаний МКНИ.685619.490;
 2 – кабель для испытаний МКНИ.685619.491

Рисунок 1 - Схема контроля выходного сигнала

8.1.3 Установить на генераторе G напряжение переменного тока синусоидальной формы $(6,0 \pm 0,5)$ В и частотой 4000 Гц. Подать напряжение питания на датчик.

8.1.4 Поворотом ротора в зоне нулевой отметки найти такое положение, при котором напряжение, измеренное между контактами 5 и 6, будет наименьшим (нулевое положение).

8.1.5 Повернуть ротор датчика на угол 90° от нулевого положения. Прибором PV1 измерить напряжение U между контактами 1 и 2, прибором PV2 измерить напряжение U_1 между контактами 5 и 6. Определить коэффициент трансформации K_1 (синусная обмотка) по формуле:

$$K_1 = \frac{U_1}{U}. \quad (1)$$

Повернуть ротор датчика на угол 270° от нулевого положения и аналогичным образом измерить напряжение U между контактами 1 и 2, напряжение U_2 между контактами 5 и 6. Определить коэффициент трансформации K_2 (синусная обмотка) по формуле:

$$K_2 = \frac{U_2}{U} \quad (2)$$

8.1.6 Поворотом ротора в зоне нулевой отметки найти нулевое положение, выполнив операции по п. 8.1.4.

8.1.7 Прибором PV1 измерить напряжение U между контактами 1 и 2, прибором PV2 измерить напряжение U_1 между контактами 7 и 8. Определить коэффициент трансформации K_1 (косинусная обмотка) по формуле 1.

Повернуть ротор датчика на угол 180° от нулевого положения, измерить напряжение U между контактами 1 и 2, напряжение U_2 между контактами 7 и 8 и определить второе значение коэффициента трансформации K_2 (косинусная обмотка) по формуле 2.

8.1.8 Отключить питание датчика. Разобрать схему испытаний.

8.1.9 Определить коэффициент трансформации K датчика (для синусной обмотки и косинусной обмотки) по формуле:

$$K = \frac{K_1 + K_2}{2}. \quad (3)$$

Результаты контроля занести в таблицу по форме таблицы А.2.

8.1.10 Результаты считать положительными, если выходной сигнал датчика имеет вид двух напряжений переменного тока частотой 4000 Гц, отображающих синусную и косинусную зависимость амплитуды напряжений от угловых перемещений ротора датчика и значение коэффициента трансформации K датчика (для синусной обмотки и косинусной обмотки) составляет не менее 0,2.

8.2 Проверка диапазона измеряемых углов и определение основной абсолютной погрешности

8.2.1 Установить датчик в устройство угломерное.

8.2.2 Собрать схему согласно рисунку 2.

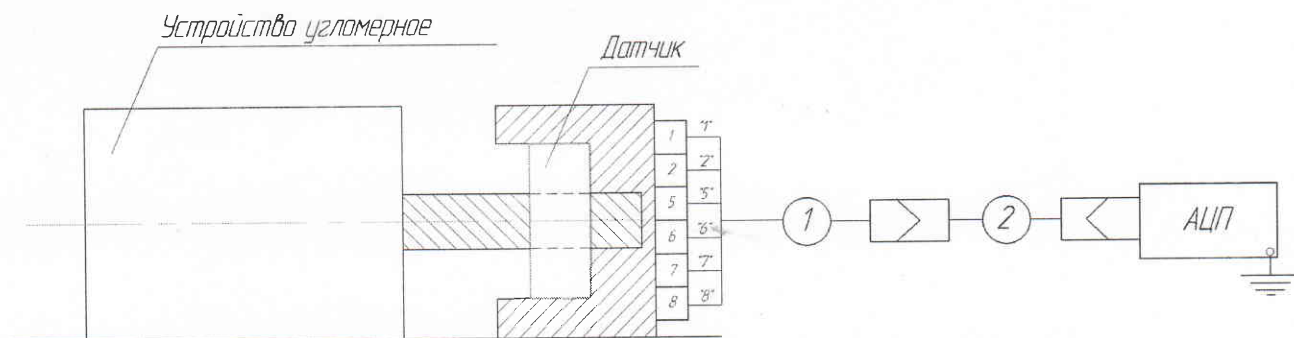
Подготовить АЦП к работе в следующем порядке:

- включить персональный компьютер (далее по тексту - ПК);
- подать напряжение питания на АЦП;
- запустить на ПК программу «АСРVT.exe»;
- в окне программы выбрать пункт меню «Настройки» и пункт подменю «Com-порт»; в появившемся списке выбрать номер порта к которому подключен АЦП;
- в окне программы выбрать вкладку «Режим 1»;
- нажать кнопку «Старт», после нажатия в полях вывода окна программы должны появиться значения угла поворота.

8.2.3 Доворотом вала устройства угломерного добиться нулевого показания на отсчетном устройстве АЦП.

8.2.4 Поворачивать вал устройства угломерного с закрепленным на нем ротором датчика с шагом 10° в диапазоне от 0° до 360° и регистрировать в каждой градуировочной точке показания АЦП (первый цикл градуирования). В конце первого цикла довернуть вал устройства угломерного на $10^\circ - 30^\circ$, после чего провести второй цикл градуирования, поворачивая вал устройства угломерного в обратном направлении с шагом 10° в диапазоне от 360° до 0° .

Результаты контроля занести в таблицу по форме таблицы А.3.



- 1 – кабель для испытаний МКНИ.685619.490;
2 – кабель для испытаний МКНИ.685619.492

Рисунок 2 - Схема проверки диапазона измеряемых углов

8.2.5 Для завершения приема данных от АЦП нажать в окне программы кнопку «Стоп». Для завершения работы закрыть программу и отключить питание АЦП.

8.2.6 Рассчитать значение основной абсолютной погрешности датчика, используя результаты градуирования и следующие указания.

Основная абсолютная погрешность датчика рассчитывается по формуле, в угловых минутах

$$\Delta_0 = \pm \frac{|\min \Delta_j| + |\max \Delta_j|}{2},$$

за погрешность принимают полусумму абсолютных значений наибольшего положительного и наибольшего отрицательного отклонений.

Отклонение в j точке градуирования рассчитывается по формуле

$$\Delta_j = Y_{jcp} - \alpha_j,$$

где α_j – угол поворота в j точке градуирования;

Y_{jcp} – среднее значение выходного сигнала в j точке градуирования.

Среднее значение выходного сигнала в j точке градуирования рассчитывается по формуле

$$Y_{jcp} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_{ij}}{n},$$

где Y_{ij} – значение выходного сигнала в j точке i цикла градуирования;

$i = 1 \dots n$ – число циклов градуирования, $n = 2$;

$j = 1 \dots m$ – число точек градуирования, $m = 37$.

8.2.7 Результаты считать положительными, если диапазон измеряемых углов датчика находится в пределах от 0° до 360° , значение основной абсолютной погрешности датчика находится в пределах $\pm 10'$.

9 Оформление результатов поверки

9.1 Результаты измерений, полученные в результате поверки, занести в протокол. Рекомендуемая форма протокола поверки приведена в приложении А.

9.2 Результаты поверки оформляются в соответствии с Приказом Минпромторга от 31 июля 2020 г. № 2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

9.3 Сведения о результатах поверки датчика в целях подтверждения поверки должны быть переданы в ФИФ ОЕИ в соответствии с порядком создания и ведения ФИФ ОЕИ, передачи сведений в него и внесения изменений в данные сведения, предоставления содержащихся в нем документов и

сведений, предусмотренным частью 3 статьи 20 Федерального закона N 102-ФЗ, аккредитованным на поверку лицом, проводившим поверку, в сроки, согласованные с лицом, представляющим датчик на поверку, но не превышающие 40 рабочих дней с даты проведения поверки датчика.

9.4 По заявлению владельца датчика или лица, представившего их на поверку, с учетом требований методик поверки аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, в случае положительных результатов поверки (подтверждено соответствие датчика метрологическим требованиям) выдает свидетельство о поверке по форме, установленной в соответствии с действующим законодательством, и (или) вносит запись о проведенной поверке в паспорт (формуляр) датчика или в случае отрицательных результатов поверки (не подтверждено соответствие датчика метрологическим требованиям) выдает извещение о непригодности к применению датчика.

Приложение А
(рекомендуемое)
Форма протокола поверки

ПРОТОКОЛ №

**поверки датчика угла поворота -
синусно-косинусного вращающегося трансформатора ПУИ 067, зав. № _____**

1 Вид поверки:

2 Дата поверки: «__» _____ 20__ г.

3 Средства поверки

Наименование, тип	Заводской номер	№, дата свидетельства о поверке, кем выдано

4 Условия поверки

4.1 Температура окружающего воздуха, °С: _____.

4.2 Относительная влажность воздуха, %: _____.

4.3 Атмосферное давление, кПа: _____.

5 Результаты экспериментальных исследований

5.1 Контроль внешнего вида, маркировки, габаритных и установочных размеров

Результаты приведены в таблице А.1.

Таблица А.1 – Результаты осмотра внешнего вида и маркировки

Наименование параметра	Требование	Действительное состояние
Внешний вид	На поверхностях датчика не должно быть вмятин, царапин, забоин, трещин, отслоений покрытий, следов коррозии на металлических поверхностях и других дефектов за исключением отдельных царапин и вмятин (точек) разрешенных ОСТ 92-0400-69; Не допускаются механические повреждения зубцовой зоны ротора и статора в виде сколов, вмятин, царапин.	
Маркировка	На роторе датчика должно быть выгравировано: - «ПУИ 067» - индекс датчика; - «РОТОР»; - риска, соответствующая нулевому положению ротора; - заводской номер датчика. На статоре датчика должно быть выгравировано: - «ПУИ 067» - индекс датчика; - «СТАТОР»; - риска, соответствующая нулевому положению ротора; - заводской номер датчика; - «1», «2», «5», «6», «7», «8» - номера контактов датчика.	

5.2 Проверка выходного сигнала и коэффициента трансформации

Результаты приведены в таблице А.2.

5.4 Проверка диапазона измеряемых углов и определение основной абсолютной погрешности

Результаты приведены в таблице А.3.

6 Вывод

Основная абсолютная погрешность датчика угла поворота - синусно-косинусного вращающегося трансформатора ПУИ 067 зав. № _____ не превышает/(превышает) пределов основной абсолютной погрешности.

Метрологические характеристики датчика угла поворота - синусно-косинусного вращающегося трансформатора ПУИ 067 зав. № _____ соответствуют описанию типа.

Дата очередной поверки

Поверитель

(подпись, дата)

(Ф.И.О.)

Таблица А.2 – Результаты контроля выходного сигнала и коэффициента трансформации

Заводской номер	Положение ротора						Коэффициент трансформации К (синусная обмотка)		
	90°			270°			Коэффициент трансформации К ₂	требование	действительное значение
	Напряжение, В		Коэффициент трансформации К ₁	Напряжение, В					
	U между контактами 1 и 2	U ₁ между контактами 5 и 6		U между контактами 1 и 2	U ₂ между контактами 5 и 6			0,2, не менее	
	Положение ротора						Коэффициент трансформации К (косинусная обмотка)		
	0°			180°			Коэффициент трансформации К ₂	требование	действительное значение
	Напряжение, В		Коэффициент трансформации К ₁	Напряжение, В					
	U между контактами 1 и 2	U ₁ между контактами 7 и 8		U между контактами 1 и 2	U ₂ между контактами 7 и 8			0,2, не менее	

Таблица А.3 - Результаты контроля диапазона измеряемых углов и определение основной абсолютной погрешности

Заводской номер	Номер точки градуирования, j	Угол поворота	Выходной сигнал		Номер точки градуирования, j	Угол поворота	Выходной сигнал	
			1 цикл Y_{1j}	2 цикл Y_{2j}			1 цикл Y_{1j}	2 цикл Y_{2j}
	1	0°			20	190°		
	2	10°			21	200°		
	3	20°			22	210°		
	4	30°			23	220°		
	5	40°			24	230°		
	6	50°			25	240°		
	7	60°			26	250°		
	8	70°			27	260°		
	9	80°			28	270°		
	10	90°			29	280°		
	11	100°			30	290°		
	12	110°			31	300°		
	13	120°			32	310°		
	14	130°			33	320°		
	15	140°			34	330°		
	16	150°			35	340°		
	17	160°			36	350°		
	18	170°			37	360°		
	19	180°						
Основная абсолютная погрешность			требование ТУ		±10'			
			действительное значение					