



**УСТАНОВКИ ПОВЕРОЧНЫЕ  
ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ  
СА7400, СА7400М1**

**УСТАНОВКИ ПОВІРОЧНІ  
ТРАНСФОРМАТОРІВ НАПРУГИ  
СА7400, СА7400М1**

**Руководство по эксплуатации  
Часть 1. Техническая эксплуатация  
АМАК.411210.002 РЭ**

**Киев**

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ .....  | 6  |
| 1.1   | Назначение .....   | 6  |
| 1.2   | Область и условия применения .....   | 6  |
| 2     | ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ .....   | 7  |
| 2.1   | Измеряемые величины .....  | 7  |
| 2.2   | Характеристики конденсаторов измерительных и преобразователя высоковольтного ..... | 8  |
| 2.3   | Диапазоны и погрешности измерений .....  | 9  |
| 2.4   | Конструктивные характеристики и питание .....                                      | 12 |
| 2.5   | Действительные значения технических и конструктивных характеристик УПТН .....      | 13 |
| 3     | КОМПЛЕКТНОСТЬ .....  | 14 |
| 4     | УКАЗАНИЯ ПО МЕРАМ БЕЗОПАСНОСТИ .....   | 16 |
| 5     | УСТРОЙСТВО И РАБОТА УПТН CA7400 .....  | 17 |
| 5.1   | Описание метода измерения .....  | 17 |
| 5.2   | Устройство и принцип действия УПТН .....   | 18 |
| 5.3   | Конструкция составных частей УПТН .....  | 23 |
| 6     | РАБОТА С УПТН .....  | 25 |
| 6.1   | Подготовка к работе .....  | 25 |
| 6.1.1 | Подключение ПК и запуск программы .....  | 25 |
| 6.1.2 | Работа с программой .....  | 25 |
| 6.2   | Поверка ТН .....   | 33 |
| 6.2.1 | Поверка однофазных ТН .....  | 33 |
| 6.2.2 | Поверка трехфазных ТН .....  | 37 |
| 6.3   | Измерение параметров напряжения .....  | 41 |
| 6.4   | Тестирование УПТН .....  | 45 |
| 6.4.1 | Работа с Устройством тестирующим в автоматическом режиме .....                     | 46 |
| 6.4.2 | Работа с Устройством тестирующим в ручном режиме .....                             | 46 |
| 7     | ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ .....   | 47 |
| 7.1   | Заряд аккумулятора .....   | 47 |
| 7.2   | Порядок обслуживания аккумулятора .....  | 50 |
| 7.3   | Замена предохранителей .....   | 51 |
| 8     | ТИПИЧНЫЕ ОШИБКИ И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ .....                                       | 52 |
| 9     | ПРАВИЛА ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ .....   | 54 |
| 10    | ПЕРИОДИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ УПТН .....  | 55 |

ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИЗМЕРЕНИЙ, КАК В ПОЛЕВЫХ, ТАК И В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ:

–БЛОК ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ, ВХОДЯЩИЙ В СОСТАВ УСТАНОВКИ ПОВЕРОЧНОЙ ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ CA7400, ДОЛЖЕН УСТАНОВЛИВАТЬСЯ НА ИЗОЛЯЦИОННОМ ОСНОВАНИИ В ОГРАЖДЕННОЙ ЗОНЕ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИСПЫТАНИЙ;

–РАБОЧЕЕ МЕСТО ОПЕРАТОРА ДОЛЖНО РАСПОЛАГАТЬСЯ ЗА ПРЕДЕЛАМИ ОГРАЖДЕННОЙ ЗОНЫ;

–ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИЗМЕРЕНИЙ КАБЕЛЬ УСТРОЙСТВА ЗАРЯДНОГО ДОЛЖЕН БЫТЬ ОТКЛЮЧЕН ОТ РАЗЪЕМА "ИНТЕРФЕЙС" БЛОКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО;

–КОРПУС БЛОКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО И ПОДКЛЮЧЕННЫЕ К НЕМУ ЭЛЕМЕНТЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СХЕМЫ ПРИ РАБОТЕ МОГУТ НАХОДИТЬСЯ ПОД ОПАСНЫМ ДЛЯ ЖИЗНИ НАПРЯЖЕНИЕМ, ПОЭТОМУ КАСАНИЕ ИХ ПОСЛЕ ПОДАЧИ РАБОЧЕГО НАПРЯЖЕНИЯ ДОЛЖНО БЫТЬ ПОЛНОСТЬЮ ИСКЛЮЧЕНО;

–РАДИУС ИЗГИБА ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ ВОК ДОЛЖЕН БЫТЬ НЕ МЕНЕЕ 5 см;

–ПРИ КОММУТАЦИИ СХЕМ ВСЕ КАБЕЛИ, ПОДКЛЮЧЕННЫЕ К ОБЪЕКТУ, ДОЛЖНЫ БЫТЬ ЗАЗЕМЛЕНЫ;

–ЗАРЯД АККУМУЛЯТОРА ДОЛЖЕН ОСУЩЕСТВЛЯТЬСЯ ПО МЕРЕ ЕГО РАЗРЯДА, НО НЕ РЕЖЕ ЧЕМ 1 РАЗ В 6 МЕСЯЦЕВ.

**КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА**

Почтовый адрес: Украина, 04128, г. Киев, а/я 33, ООО "ОЛТЕСТ"

Юридический адрес: Украина, 03056, г. Киев, пр. Победы, 37/1,  
кв. 11, ООО "ОЛТЕСТ"

E-mail: [info@oltest.ua](mailto:info@oltest.ua)

Тел.: 380-44-537-08-01, 380-44-227-66-65, 380-44-331-46-21

$K_U$  – коэффициент масштабного преобразования напряжения  
 $K_{U_{ном}}$  – номинальное значение коэффициента масштабного преобразования напряжения

$\delta_{Ku}$  – относительная погрешность коэффициента масштабного преобразования напряжения трансформаторов напряжения (погрешность напряжения ТН)

$\varphi_U$  – угол фазового сдвига напряжения

$\Delta\varphi_U$  – абсолютная погрешность угла фазового сдвига напряжения трансформаторов напряжения (угловая погрешность ТН)

$U_1$  – действующее значение напряжения, поданного на вход "U1", кВ

$U_2$  – действующее значение напряжения, поданного на вход "U2", В

$U_{1ном}$  – номинальное значение первичного напряжения поверяемого ТН, кВ

$U_{2ном}$  – номинальное значение вторичного напряжения поверяемого ТН, В

$U_{2RL}$  – относительное значение вторичного напряжения ТН в % от номинального значения, равное  $U_2/U_{2ном} \cdot 100\%$

$U_{11}$  – действующее значение напряжения первой гармоники, поданного на вход "U1", кВ

$U_{21}$  – действующее значение напряжения первой гармоники, поданного на вход "U2", В

$K_{U(Tr)}$  – коэффициент масштабного преобразования напряжения ТН

$K_{U1}$  – коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения, поданного на вход "U1", %

$K_{U2}$  – коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения, поданного на вход "U2", %

$K_{U1(n)}$  – коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения, поданного на вход "U1", n – от 1 до 40, %

$K_{U2(n)}$  – коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения, поданного на вход "U2", n – от 1 до 40, %

$U_{сн}$  – максимальное рабочее напряжение конденсатора измерительного высоковольтного  $C_n$ , кВ

$U_{пв}$  – максимальное рабочее напряжение преобразователя высоковольтного, кВ

$F$  – частота, Гц

| Термин  | Определение термина  |
|---|--|
| Относительное значение первичного (вторичного) напряжения ТН  | Отношение действительного значения первой гармоники первичного (вторичного) напряжения ТН к номинальному значению первичного (вторичного) напряжения ТН, выраженное в процентах.   |
| Погрешность коэффициента масштабного преобразования напряжения трансформаторов напряжения (погрешность напряжения ТН) | Погрешность, которую трансформатор напряжения вносит в измерение напряжения, возникающая вследствие того, что действительный коэффициент масштабного преобразования напряжения не равен номинальному коэффициенту масштабного преобразования   |
| Погрешность угла фазового сдвига напряжения трансформаторов напряжения (угловая погрешность ТН)                       | Разность фаз первичного и вторичного напряжений при таком выборе положительных направлений первичных и вторичных напряжений, чтобы для идеального трансформатора эта разность равнялась нулю.<br><i>Примечание</i> – Угловая погрешность считается положительной, когда вторичное напряжение опережает первичное напряжение. |
| Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения  | Величина, равная отношению действующего значения суммы гармонических составляющих к действующему значению основной составляющей переменного напряжения   |
| Коэффициент $n$ -ой гармонической составляющей напряжения   | Величина, равная отношению действующего значения $n$ -ой гармонической составляющей к действующему значению основной составляющей переменного напряжения   |

Руководство по эксплуатации установок поверочных трансформаторов напряжения СА7400, СА7400М1 (далее – УПТН) содержит сведения, необходимые для правильной и безопасной их эксплуатации. Эти сведения включают информацию о назначении и области применения УПТН, их технических характеристиках, устройстве и принципе действия, подготовке к работе, порядке работы и техническому обслуживанию.

## 1 НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

### 1.1 Назначение

1.1.1 УПТН предназначены для измерения коэффициента масштабного преобразования напряжения и угла фазового сдвига напряжения трансформаторов напряжения (далее – ТН) и других масштабных преобразователей при их поверке и калибровке в соответствии с ГОСТ 8.216-2011, а также для измерения действующего значения напряжения переменного тока и его первой гармоники, коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения и коэффициентов  $n$ -ых гармонических составляющих напряжения.

1.1.2 УПТН обеспечивает отображение погрешности напряжения и угловой погрешности поверяемого ТН. При этом значение погрешности напряжения ТН  $\delta_{Ku}$  рассчитывается по результатам измерения коэффициента масштабного преобразования по формуле:

$$\delta_{Ku} = \frac{K_{Uном} - K_U}{K_U} \cdot 100, \quad (1)$$

где  $K_{Uном}$  – заданное номинальное значение коэффициента масштабного преобразования напряжения,

$K_U$  – результат измерения коэффициента масштабного преобразования.

Значение угловой погрешности ТН  $\Delta\varphi_u$  равно результату измерения угла фазового сдвига напряжения  $\varphi_u$

$$\Delta\varphi_u = \varphi_u.$$

1.1.3 УПТН выпускаются в двух исполнениях:

- СА7400 для поверки ТН класса точности 0,2 и менее точных;
- СА7400М1 для поверки ТН класса точности 0,05 и менее точных.

### 1.2 Область и условия применения

1.2.1 Область применения УПТН – предприятия и организации, осуществляющие поверку и калибровку ТН и других масштабных преобразователей переменного напряжения при их разработке, производстве и эксплуатации.

1.2.2 УПТН могут эксплуатироваться в производственных цехах, стационарных и передвижных лабораториях.

1.2.3 УПТН относятся к ремонтируемым и восстанавливаемым изделиям.

1.2.4 Рабочие условия применения УПТН:

- температура окружающего воздуха – от минус 10 до 40 °С;
- относительная влажность – до 95 % при температуре 25 °С;
- атмосферное давление – от 84 до 106 кПа.

1.2.5 Климатические условия при транспортировании УПТН:

- температура окружающего воздуха – от минус 20 до 50 °С;
- относительная влажность – 95 % при температуре 35°С.

1.2.6 Климатические условия при хранении УПТН:

- температура окружающего воздуха – от минус 20 до 50 °С;
- относительная влажность – 95 % при температуре 35 °С.

## 2 ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

### 2.1 Измеряемые величины

2.1.1 УПТН обеспечивают измерение следующих характеристик однофазных и трехфазных ТН:

- коэффициента масштабного преобразования напряжения;
- угла фазового сдвига напряжения;
- относительного значения вторичного напряжения ТН;
- частоты вторичного напряжения ТН;
- коэффициента искажения синусоидальности кривой первичного напряжения однофазных ТН;
- коэффициента искажения синусоидальности кривой вторичного напряжения однофазных и трехфазных ТН.

2.1.2 УПТН при использовании Конденсатора измерительного высоковольтного С<sub>н</sub> выполняют измерение коэффициента масштабного преобразования напряжения и угла фазового сдвига напряжения однофазных ТН (с последующим расчетом и отображением погрешности напряжения и угловой погрешности ТН). Выбор Конденсатора С<sub>н</sub> осуществляется при заказе в соответствии с номинальными значениями поверяемых ТН (таблица 2.1).

2.1.3 УПТН при использовании Преобразователя высоковольтного (далее – ПВ) выполняют измерение коэффициента масштабного преобразования напряжения и угла фазового сдвига напряжения трехфазных ТН (с последующим расчетом и отображением погрешности напряжения и угловой погрешности ТН). Выбор ПВ осуществляется при заказе в соответствии с номинальными значениями поверяемых ТН (таблица 2.2).

Таблица 2.1

| Диапазон номинальных значений первичного напряжения поверяемых однофазных ТН, кВ | Характеристики Конденсатора С <sub>н</sub>    |              |           |                   |
|--|---|--------------|-----------|-------------------|
|  | Максимальное значение рабочего напряжения, кВ | Габариты, мм | Масса, кг | Децимальный номер |
|  |   | не более     |           |                   |
| от 0,38 до 36  | 45  | 170x425      | 6,3       | АМАК.411634.032   |
| от 0,38 до 110/√3  | 100   | 260x610      | 18        | АМАК.411634.033   |
| от 0,38 до 330/√3  | 230   | 490x1030     | 45        | АМАК.411634.034   |
| от 0,38 до 500/√3  | 400   | 4000x1600    | 700       | АМАК.411634.035   |

Таблица 2.2

| Номинальные значения первичного напряжения поверяемых трехфазных ТН, кВ | Характеристики Преобразователя высоковольтного |              |           |                   |
|---|--|--------------|-----------|-------------------|
|   | Максимальное значение рабочего напряжения, кВ  | Габариты, мм | Масса, кг | Децимальный номер |
|   |  | не более     |           |                   |
| 6, 10   | 12   | 250x220x260  | 20        | АМАК.671241.009   |
| 6, 10, 35   | 42   | 500x500x600  | 60        | АМАК.671241.010   |

2.1.4 УПТН обеспечивают измерение следующих параметров напряжения:

- действующего значения напряжения;
- действующего значения первой гармоники напряжения;
- коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения;
- коэффициентов n-ых гармонических составляющих напряжения (n – от 2 до 40).

### 2.2 Характеристики конденсаторов измерительных и преобразователя высоковольтного

2.2.1 Характеристики Конденсатора С<sub>н</sub>:

- максимальное значение рабочего напряжения U<sub>сн</sub> – 45, 100, 230 или 400 кВ (выбирается в соответствии с таблицей 2.1);
- номинальное значение емкости С<sub>нном</sub> – в диапазоне от 45 до 55 пФ;
- номинальное избыточное давление элегаза составляет 0,3 МПа;

– минимальное избыточное давление элегаза, при котором обеспечивается электрическая прочность изоляции при номинальном напряжении, составляет 0,25 МПа.

Допускается по согласованию с производителем использование высоковольтного измерительного конденсатора с характеристиками, отличающимися от указанных выше, при условии соответствия УПТН в комплекте с этим конденсатором требованиям ГОСТ 8.216 к установкам 1.

2.2.2 Характеристики конденсатора измерительного низковольтного  $C_L$ , встроенного в Блок измерительный УПТН:

- максимальное значение рабочего напряжения  $U_{CL} - 1000$  В;
- номинальное значение емкости  $C_{Lном} -$  в диапазоне от 1000 до 10000 пФ.

2.2.3 Характеристики ПВ:

- максимальное значение рабочего напряжения  $U_{ПВ}$  составляет 12 или 42 кВ (выбирается в соответствии с таблицей 2.2).

### 2.3 Диапазоны и погрешности измерений

2.3.1 Диапазоны измерений и пределы допускаемых погрешностей измерения УПТН с Конденсатором измерительным высоковольтным  $C_H$  при поверке однофазных ТН (рисунок 5.3) приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3

| Наименование измеряемой величины                        | Диапазон измерений    | Пределы допускаемой погрешности измерения |                                 | Дополнительные условия                 |   |
|---|-----------------------|---|---------------------------------|--|---|
|   |                       | CA7400                                    | CA7400M1                        | $ \varphi_U  \leq 100'$                | $300 \text{ В} \leq U_1 < U_{CH}$<br>$6 \text{ В} \leq U_2 < 1000$<br>В |
| Коэффициент масштабного преобразования напряжения $K_U$ | от 2 до 10000         | $\delta_{K_U} = \pm 0,05 \%$              | $\delta_{K_U} = \pm 0,015 \%^1$ |  |   |
|   |                       | $\delta_{K_U} = \pm 0,1 \%$               |                                 |  |   |
|   |                       | $\delta_{K_U} = \pm 0,5 \%$               |                                 | $0,6 \text{ В} \leq U_2 < 6 \text{ В}$ |   |
|   |                       |   |                                 |  |   |
| Угол фазового сдвига напряжения $\varphi_U$             | от минус 300' до 300' | $\Delta\varphi_U = \pm 3'$                | $\Delta\varphi_U = \pm 1'^1$    | $ \varphi_U  > 100'$                   | В   |
|   |                       | $\Delta\varphi_U = \pm 5'$                |                                 |  |   |
|   |                       | $\Delta\varphi_U = \pm 20'$               |                                 | $0,6 \text{ В} \leq U_2 < 6 \text{ В}$ |   |
|   |                       |   |                                 |  |   |

<sup>1</sup> помеченные значения соответствуют пределам допускаемой основной погрешности измерения УПТН CA7400M1 в нормальных условиях применения (от 15 до 25 °С); пределы допускаемых дополнительных погрешностей в данных режимах измерения, вызванные изменением температуры окружающего воздуха от границ температурного диапазона нормальных условий на каждые 10 °С, равны половине соответствующих пределов основной погрешности.

Продолжение таблицы 2.3

| Наименование измеряемой величины   | Диапазон измерений | Пределы допускаемой погрешности измерения                       | Дополнительные условия                     |
|--|--------------------|---|--|
| Относительное значение вторичного напряжения ТН $U_{2RL}$  | 2...190 %          | $\delta_{U_{2RL}} = \pm 1,5 \%$                                 | –  |
| Частота вторичного напряжения ТН $F$ , Гц  | 49...51            | $\Delta F = \pm 0,02$ Гц  | –  |
| Коэффициент искажения синусоидальности кривой первичного и вторичного напряжений ( $K_{U1}$ , $K_{U2}$ ) | 0...20 %           | $\Delta_{K_{U1}} = \pm 0,2 \%$<br>$\Delta_{K_{U12}} \pm 0,2 \%$ | $K_{U1} < 2 \%$ ;<br>$K_{U2} < 2 \%$       |
|  |                    | $\delta_{K_{U1}} = \pm 10 \%$<br>$\delta_{K_{U2}} = \pm 10 \%$  | $K_{U1} \geq 2 \%$ ;<br>$K_{U2} \geq 2 \%$ |

2.3.2 Диапазоны измерений и пределы допускаемых погрешностей УПТН с ПВ при поверке трехфазных ТН (рисунок 5.4) приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4

| Наименование измеряемой величины   | Диапазон измерений    | Пределы допускаемой погрешности измерения | Дополнительные условия   |                      |
|--|-----------------------|---|--|----------------------|
|  |                       |   | $ \varphi_U  \leq 100'$  | $ \varphi_U  > 100'$ |
| Коэффициент масштабного преобразования напряжения $K_U$                      | от 2 до 10000         | $\delta_{K_U} = \pm 0,05 \%$              | $800 \text{ В} \leq U_1 < U_{ПВ}$<br>$6 \text{ В} \leq U_2 < 1000 \text{ В}$ |                      |
|  |                       | $\delta_{K_U} = \pm 0,1 \%$               |  |                      |
|  |                       | $\delta_{K_U} = \pm 0,5 \%$               | $0,6 \text{ В} \leq U_2 < 6 \text{ В}$                                       |                      |
| Угол фазового сдвига напряжения $\varphi_U$                                  | от минус 300' до 300' | $\Delta\varphi_U = \pm 3'$                | $800 \text{ В} \leq U_1 < U_{ПВ}$<br>$6 \text{ В} \leq U_2 < 1000 \text{ В}$ |                      |
|  |                       | $\Delta\varphi_U = \pm 5'$                |  |                      |
|  |                       | $\Delta\varphi_U = \pm 20'$               | $0,6 \text{ В} \leq U_2 < 6 \text{ В}$                                       |                      |
| Относительное значение вторичного напряжения ТН $U_{2RL}$                    | 2...190 %             | $\delta_{U_{2RL}} = \pm 1,5 \%$           | –  |                      |
| Частота вторичного напряжения ТН $F$ , Гц                                    | 49...51               | $\Delta F = \pm 0,02$ Гц                  | –  |                      |
| Коэффициент искажения синусоидальности кривой вторичного напряжения $K_{U2}$ | 0...20 %              | $\Delta_{K_{U2}} = \pm 0,2 \%$            | $K_{U2} < 2 \%$  |                      |
|  |                       | $\delta_{K_{U2}} = \pm 10 \%$             | $K_{U2} \geq 2 \%$   |                      |

2.3.3 Диапазоны измерений и пределы допускаемых погрешностей УПТН при измерении параметров напряжения приведены в таблице 2.5.

Таблица 2.5

| Наименование измеряемой величины  | Диапазон измерений | Пределы допускаемой погрешности измерения | Дополнительные условия                                   |
|---|--------------------|---|--|
| Действующее значение напряжения, В  | $U_1$              | 300... $U_{СН}$ (2.2.1)                   | При использовании Конденсатора Сн                        |
|   | $U_2$              | 6...1000                                  | –  |
| Действующее значение первой гармоники напряжения, В                                       | $U_{11}$           | 300... $U_{СН}$ (2.2.1)                   | При использовании Конденсатора Сн                        |
|   |                    | 800... $U_{ПВ}$ (2.2.3)                   | При наличии ПВ   |
|   | $U_{21}$           | 6...1000                                  | –  |
| Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения на входе $U_1$ ( $K_{U1}$ ), %   | 0...20             | $\Delta_{K_{U1}} = \pm 0,2$ %             | При использовании Конденсатора Сн при $K_{U1} < 2$       |
|   |                    | $\delta_{K_{U1}} = \pm 10$ %              | При использовании Конденсатора Сн при $K_{U1} \geq 2$    |
| Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения на входе $U_2$ ( $K_{U2}$ ), %   | 0...20             | $\Delta_{K_{U2}} = \pm 0,2$ %             | При $K_{U2} < 2$   |
|   |                    | $\delta_{K_{U2}} = \pm 10$ %              | При $K_{U2} \geq 2$                                      |
| Коэффициент n-той гармонической составляющей напряжения на входе $U_1$ ( $K_{U1(n)}$ ), % | 0...15             | $\Delta_{K_{U1(n)}} = \pm 0,05$ %         | При использовании Конденсатора Сн при $K_{U1(n)} < 1$    |
|   |                    | $\delta_{K_{U1(n)}} = \pm 5$ %            | При использовании Конденсатора Сн при $K_{U1(n)} \geq 1$ |
| Коэффициент n-той гармонической составляющей напряжения на входе $U_2$ ( $K_{U2(n)}$ ), % | 0...15             | $\Delta_{K_{U2(n)}} = \pm 0,05$ %         | При $K_{U2(n)} < 1$                                      |
|   |                    | $\delta_{K_{U2(n)}} = \pm 5$ %            | При $K_{U2(n)} \geq 1$                                   |

2.4 Конструктивные характеристики и питание

2.4.1 Управление УПТН и отображение результатов измерения выполняется с помощью персонального компьютера (далее – ПК). Связь Блока измерительного УПТН и ПК осуществляется через волоконно-оптический кабель с помощью Блока сопряжения.

2.4.2 ПК должен иметь следующие характеристики:

- операционная система Windows 7, 8 или 10;
- наличие USB порта;
- тактовая частота процессора – не менее 2 ГГц;
- объем оперативной памяти – не менее 2 Гб.

Для просмотра текстовых документов, размещенных на диске инсталляционном, на ПК должна быть установлена программа для чтения pdf-файлов.

2.4.3 Результаты измерений автоматически сохраняются в памяти ПК.

2.4.4 Полное время измерения погрешностей ТН не превышает  $(15+7 \cdot (n-1))$  секунд, где n – установленное число усредняемых измерений.

2.4.5 Время первого измерения действующего значения напряжения, коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения в следящем режиме не превышает 3 с, а время каждого повторного измерения – 1 с.

2.4.6 Время измерения коэффициентов n-ых гармонических составляющих напряжения не превышает 3 с.

2.4.7 Масса составных частей УПТН, в килограммах, не более:

- Блока измерительного – 10;
- Конденсатора измерительного высоковольтного – 700<sup>2</sup>;
- Преобразователя высоковольтного – 60<sup>2</sup>;
- Устройства тестирующего – 1;
- Блока сопряжения – 0,2;
- Устройства зарядного – 1
- Источника питания для калибровки – 1.

2.4.8 Габаритные размеры составных частей УПТН, в мм, не более:

- Блока измерительного – 250×350×185;
- Конденсатора измерительного высоковольтного – 4000×1600;
- Преобразователя высоковольтного – 500×500×600;

<sup>2</sup> Масса и габаритные размеры Конденсатора измерительного высоковольтного и Преобразователя высоковольтного изменяются в зависимости от максимального значения рабочих напряжений  $U_{СН}$  и  $U_{ПВ}$ , выбранных при заказе. Действительные значения массы и габаритных размеров приведены в 2.5.

- Устройства тестирующего – 140×190×55;
- Блок сопряжения – 70×60×35;
- Устройства зарядного – 130×80×80;
- Источника питания для калибровки – 130×80×80.

2.4.9 Электропитание Блока измерительного осуществляется от встроенного аккумулятора с номинальными напряжением 6 В и емкостью 12 А·ч.

2.4.10 Время работы от полностью заряженного аккумулятора составляет не менее 40 часов.

2.4.11 Заряд аккумулятора осуществляется с помощью Устройства зарядного от сети переменного напряжения ~50 Гц 220/230 В или от бортовой сети 12 В.

2.4.12 Мощность, потребляемая Устройством тестирующим от сети питания, – не более 5 В·А.

2.4.13 Мощность, потребляемая Устройством зарядным от сети питания, – не более 20 В·А.

### 2.5 Действительные значения технических и конструктивных характеристик УПТН

2.5.1 Исполнение: УПТН \_\_\_\_\_.

2.5.2 Заводской номер: \_\_\_\_\_.

2.5.3 Максимальное значение рабочего напряжения Конденсатора измерительного высоковольтного  $U_{сн}$  \_\_\_\_\_ кВ.

2.5.4 Действительное значение емкости Конденсатора измерительного высоковольтного  $C_n$  – \_\_\_\_\_ пФ.

2.5.5 Действительное значение массы Конденсатора измерительного высоковольтного – \_\_\_\_\_ кг.

2.5.6 Действительное значение габаритных размеров Конденсатора измерительного высоковольтного – \_\_\_\_\_ мм.

2.5.7 Действительное значение емкости Конденсатора измерительного низковольтного  $C_L$  – \_\_\_\_\_ пФ.

2.5.8 Максимальное значение рабочего напряжения Преобразователя высоковольтного  $U_{пв}$  – \_\_\_\_\_ кВ.

2.5.9 Действительное значение массы Преобразователя высоковольтного – \_\_\_\_\_ кг.

2.5.10 Действительное значение габаритных размеров Преобразователя высоковольтного – \_\_\_\_\_ мм.

2.5.11 Допускается по согласованию с производителем использование высоковольтного измерительного конденсатора с характеристиками, отличающимися от указанных выше, при условии соответствия УПТН в комплекте с этим конденсатором требованиям ГОСТ 8.216 к установкам 1.

### 3 КОМПЛЕКТНОСТЬ

Комплектность УПТН соответствует таблице.

| Наименование                                 | Обозначение        | Кол. <sup>3</sup> | Примечание                                 |
|--|--------------------|-------------------|--|
| Блок измерительный СА7400                    | АМАК.411722.006    | 1                 | Вариант исполнения выбирается при заказе   |
| Блок измерительный СА7400M1                  | АМАК.411722.017    |                   |  |
| Устройство зарядное                          | АМАК.436112.016    | 1                 |  |
| Блок сопряжения                              | АМАК.411722.003    | 1                 |  |
| Устройство тестирующее                       | АМАК.411644.011    | 1                 |  |
| Конденсатор измерительный высоковольтный 45  | АМАК.411634.032    | 1                 | Вариант конденсатора выбирается при заказе |
| Конденсатор измерительный высоковольтный 100 | АМАК.411634.033    |                   |  |
| Конденсатор измерительный высоковольтный 230 | АМАК.411634.034    |                   |  |
| Преобразователь высоковольтный 12            | АМАК.671241.009    |                   |  |
| Преобразователь высоковольтный 42            | АМАК.671241.010    |                   |  |
| Персональный компьютер                       | Покупное изделие   |                   |  |
| Источник питания для калибровки              | АМАК.436112.027    | 1                 |  |
| Мера емкости и сопротивлений                 | АМАК.411213.010    |                   |  |
| Кабель волоконно-оптический ВОК              | АМАК.468615.014    | 1                 | 5 м  |
|  | АМАК.468615.014-01 |                   | 10 м                                       |
|  | АМАК.468615.014-02 |                   | 30 м                                       |

<sup>3</sup> Записи о количестве изделий, входящих в комплект поставки, должны быть сделаны четко черными чернилами: наличие – цифра, отсутствие – прочерк.

| Наименование  | Обозначение         | Кол. | Примечание |
|---|---------------------|------|------------|
| Кабель измерительный вторичного напряжения КИ(U2) (длина определяется при заказе) | АМАК.685612.061     | 1    |            |
| Кабель измерительный КИ(1)  | АМАК.685612.062     | 2    |            |
| Кабель измерительный высоковольтный КИВ1(U1+)                                     | АМАК.685651.044     |      |            |
| Кабель измерительный высоковольтный КИВ1(U1-)                                     | АМАК.685651.044-01  |      |            |
| Кабель питания для калибровки КГ(К)   | АМАК.685611.143     | 1    |            |
| Кабель интерфейсный последовательного порта КИПП                                  | АМАК.685614.087     | 1    |            |
| Сумка 7400 для блока измерительного   | АМАК.323382.025     | 1    |            |
| Сумка 7400 для конденсатора   | АМАК.323382.026     |      |            |
| Сумка 7400 для аксессуаров  | АМАК. 323382.027    | 1    |            |
| Программное обеспечение СА7400 (диск инсталляционный)                             | АМАК.411210.002 К   | 1    |            |
| Руководство по эксплуатации. Часть 1. Техническая эксплуатация                    | АМАК.411210.002 РЭ  | 1    |            |
| Руководство по эксплуатации. Часть 2. Методика поверки                            | АМАК.411210.002 РЭ1 | 1    |            |
| Паспорт   | АМАК.411210.002 ПС  | 1    |            |

Допускается по согласованию с производителем использование высоковольтного измерительного конденсатора с характеристиками, отличающимися от указанных выше, при условии соответствия УПТН в комплекте с этим конденсатором требованиям ГОСТ 8.216 к установкам 1.

#### 4 УКАЗАНИЯ ПО МЕРАМ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1 УПТН соответствует общим требованиям безопасности по способу защиты человека от поражения электрическим током ГОСТ Р 52319-2005. Для обеспечения защиты необходимо, чтобы при подключении Устройства зарядного к сети переменного тока использовались розетки, в которых имеются зажимы защитного заземления.

4.2 Корпус Блока измерительного и подключенные к нему элементы измерительной схемы при проведении измерений могут находиться под опасным для жизни напряжением, поэтому касание их после подачи рабочего напряжения категорически запрещается.

4.3 Запрещается проведение измерений при подключенном Устройстве зарядном к Блоку измерительному.

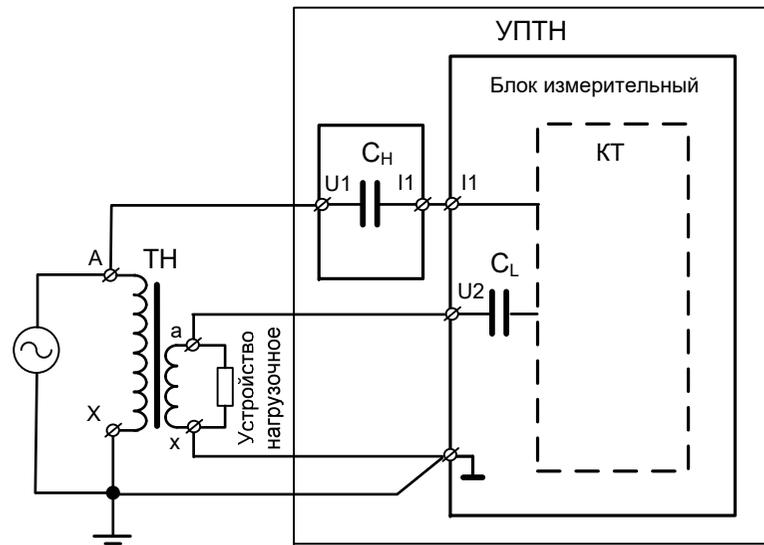
4.4 На всех стадиях испытаний и эксплуатации УПТН должны соблюдаться требования по электробезопасности в соответствии с ГОСТ 12.3.019, ПОТ Р М-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00 и эксплуатационной документацией на оборудование, которое используется.

## 5 УСТРОЙСТВО И РАБОТА УПТН СА7400

### 5.1 Описание метода измерения

Измерение коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига напряжения с последующим расчетом погрешностей ТН реализовано в УПТН методом компарирования токов с использованием двух измерительных конденсаторов и электромагнитного компаратора токов с автоматическим уравниванием.

Структурная схема измерения показана на рисунке 5.1.



$C_L$  – низковольтный измерительный конденсатор;  
 $C_H$  – высоковольтный измерительный конденсатор;  
 КТ – компаратор токов с автоматическим уравниванием.

Рисунок 5.1

Первичное напряжение поверяемого ТН подается на вход "U1", который расположен на Конденсаторе измерительном высоковольтном  $C_H$ . Вторичное напряжение поверяемого ТН подается на вход "U2", который является выводом низковольтного измерительного конденсатора  $C_L$ , входящего в состав Блока измерительного.

С помощью компаратора токов КТ выполняется измерение отношения комплексных амплитуд токов, протекающих через конденсаторы  $C_H$  и  $C_L$ . На основании известных значений емкости и тангенса угла диэлектрических потерь конденсаторов  $C_H$  и  $C_L$  определяется коэффициент масштабного преобразования напряжения ТН  $K_U$  (отношение значений первичного и вторичного напряжений, приложенных к входам "U1" и "U2") и угол фазового сдвига между

первичным и вторичным напряжением ТН.

Затем выполняется расчет погрешностей ТН с учетом номинальных значений первичного и вторичного напряжений.

Для исключения систематической погрешности, вызванной нестабильностью характеристик измерительных конденсаторов  $C_H$  и  $C_L$ , например, вследствие изменения температуры окружающего воздуха, перед измерением погрешностей ТН проводится калибровка УПТН. На оба входа "U1" и "U2" подается одно и то же напряжение (рисунок 5.2), то есть, воспроизводится коэффициент масштабного преобразования напряжения равный единице и угол фазового сдвига равный нулю. Результаты, полученные при калибровке, представляют собой систематические погрешности и учитываются при последующих измерениях УПТН.

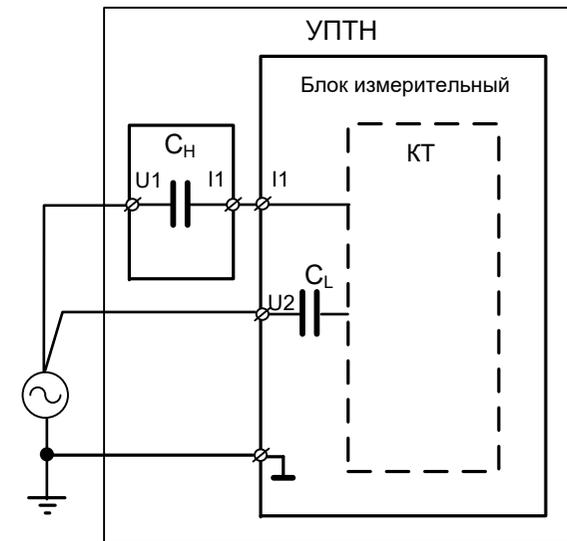


Рисунок 5.2

### 5.2 Устройство и принцип действия УПТН

УПТН обеспечивают:

- контроль установки напряжения по действующему значению первичного напряжения и относительному значению вторичного напряжения, а также контроль частоты напряжения;
- измерение коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига напряжения с последующим расчетом погрешностей однофазных и трехфазных ТН, которое сопровождается измерением коэффициента искажения синусоидальности кривой первичного и вторичного напряжений ТН;

– измерение действующего значения напряжения, действующего значения первой гармоники напряжения и коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения;

– измерение коэффициентов n-ых гармонических составляющих напряжения.

Основными составными частями УПТН являются:

– Блок измерительный, в состав которого входит низковольтный конденсатор  $C_L$ . Блок измерительный размещается в высоковольтной зоне.

– Конденсатор измерительный высоковольтный, который используется при измерении погрешностей однофазных ТН и размещается в высоковольтной зоне.

– Преобразователь высоковольтный, который используется при измерении погрешностей трехфазных ТН и размещается в высоковольтной зоне.

– Персональный компьютер, предназначенный для управления процессом измерения, а также для диалога оператора с УПТН. ПК размещается на рабочем месте оператора.

Связь персонального компьютера с Блоком измерительным осуществляется через волоконно-оптический кабель ВОК, что позволяет обеспечить безопасность персонала.

Блок-схема подключения УПТН к однофазному ТН показана на рисунке 5.3, к трехфазному ТН – на рисунке 5.4.

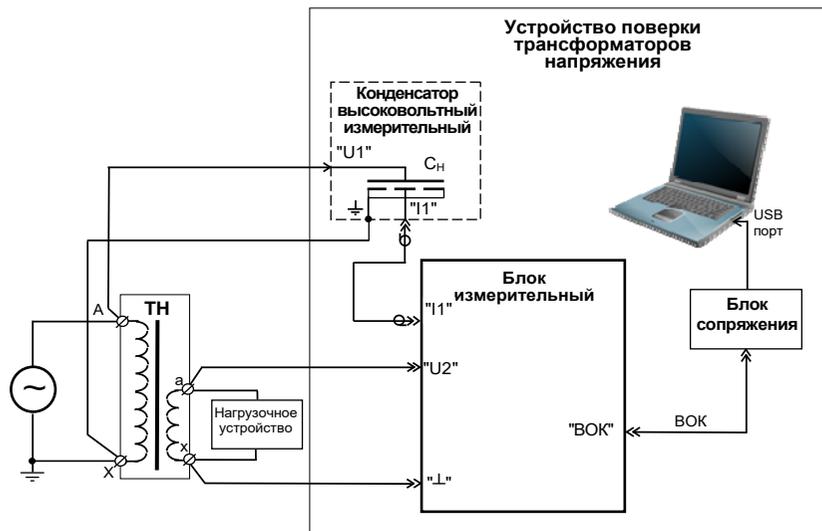


Рисунок 5.3

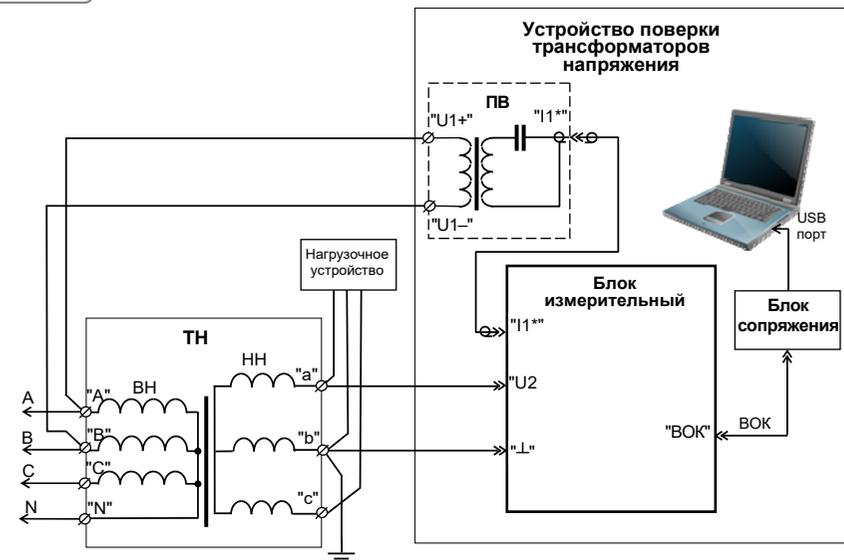
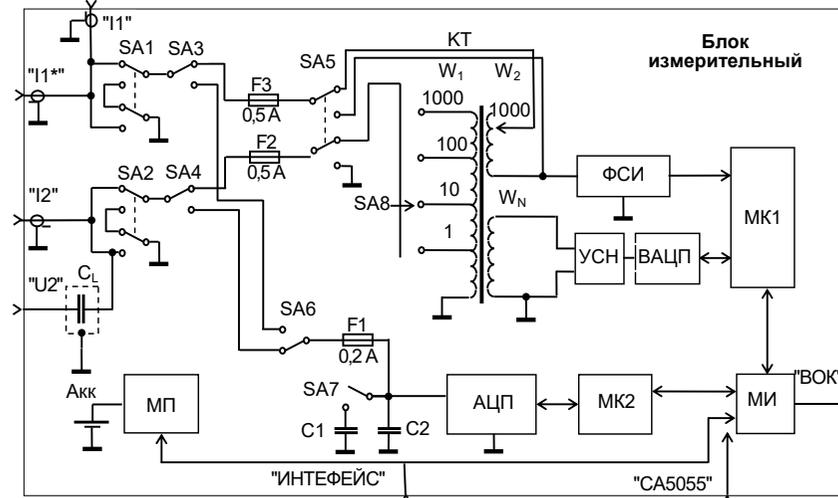


Рисунок 5.4

Структурная схема Блока измерительного приведена на рисунке 5.5.



КТ – компаратор токов; ФСИ – формирователь синхриимпульсов; УСН – усилитель сигнала неравновесия; ВАЦП – вектормерный аналого-цифровой преобразователь; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; МК1 и МК2 – микроконтроллеры; МИ – модуль интерфейса; МП – модуль питания; Акк – аккумулятор;  $C_L$  – низковольтный конденсатор; ВОК – волоконно-оптический кабель; F1-F3 – предохранители

Рисунок 5.5

*МИ (модуль интерфейса)* осуществляет функцию преобразования оптических сигналов в электрические и передачу информации между ПК и микроконтроллерами Блока измерительного.

*МП (модуль питания)* формирует питающие напряжения модулей Блока измерительного, а также обеспечивает контроль заряда аккумулятора.

*КТ (компаратор токов)* уравнивается путем установки соответствующего количества витков  $W_1$  и  $W_2$  в цепях высоковольтного и низковольтного конденсаторов с последующим выделением сигнала неравновесия на обмотке  $W_N$ .

*УСН (усилитель сигнала неравновесия)* усиливает сигнал неравновесия до уровня, необходимого для эффективной работы *ВАЦП*.

*ВАЦП (вектормерный аналого-цифровой преобразователь)* представляет собой комбинацию двух синхронных детекторов с взаимно квадратурными опорными колебаниями и двух АЦП, подключенных к их выходам. Значения кодов, считываемых микроконтроллером с указанных АЦП, пропорциональны соответствующим квадратурным составляющим сигнала неравновесия.

*ФСИ (формирователь синхроимпульсов)* вырабатывает импульсы, синхронные с измерительным сигналом, которые поступают на вход микроконтроллера *МК1*.

*МК1 (микроконтроллер)* измеряет период синхроимпульсов и формирует опорные колебания, когерентные с токами, сравниваемыми *КТ*, для синхронных детекторов *ВАЦП*. Также *МК1* осуществляет преобразование команд, поступающих из ПК, в сигналы управления *ЭКТ*, передачу в ПК значений кодов, выдаваемых *ВАЦП*, информацию о перегрузке входных цепей по току и о заряде аккумулятора.

*МК2 (микроконтроллер)* осуществляет преобразование команд, поступающих из ПК, в сигналы управления модулем, участвующим в измерении напряжений и коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения, а также математическую обработку кодов, выдаваемых *АЦП*, и передачу результатов обработки в ПК.

Метод измерения погрешностей ТН описан в разделе 5.1.

Измерение напряжения, коэффициента искажений синусоидальности и коэффициентов  $n$ -ых гармонических составляющих напряжения выполняются с помощью *АЦП* и *МК2*. На вход *АЦП* измеряемое напряжение подается через емкостной делитель, верхнее плечо которого может быть высоковольтным или низковольтным конденсатором ( $C_n$  или  $C_L$ ), в зависимости от используемого входа ( $U_1$  или  $U_2$ ), а нижнее плечо – конденсаторами  $C_1$  или  $C_2$ , которые переключаются с помощью реле SA7 автомати-

чески. Измеряемое напряжение с помощью АЦП преобразовывается в коды, которые поступают в *МК2*, где осуществляется вычисление действующих (среднеквадратичных) значений напряжений, коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения и коэффициентов  $n$ -ых гармонических составляющих напряжения. Полученные значения через *МИ* передаются в ПК.

В состав УПТН входят следующие дополнительные устройства:

*Источник питания для калибровки*, предназначенный для питания измерительной цепи в процессе проведения калибровки.

*Устройство зарядное*, обеспечивающее заряд аккумулятора, встроенного в Блок измерительный. Питание *Устройства зарядного* может осуществляться от сети РЕ~50 Гц 220/230 В или от бортовой сети передвижной лаборатории 12 В.

*Устройство тестирующее*, предназначенное для оперативной проверки работоспособности УПТН.

### 5.3 Конструкция составных частей УПТН

На рисунке 5.6 показан вид спереди Блока измерительного, а на рисунке 5.7 – вид сзади.



- 1 – разъем "I1\*" для подключения Преобразователя высоковольтного;
- 2 – разъем "I1" для подключения Конденсатора измерительного высоковольтного с помощью кабеля измерительного КИ(1) АМАК.685612.062 или Устройства тестирующего АМАК.411644.011;
- 3 – разъем "I2" для подключения Устройства тестирующего АМАК.411644.011;
- 4 – разъем "U2" для подключения к вторичной обмотке поверяемого ТН при проверке или к объекту измерения при измерении параметров напряжения с помощью кабеля измерительного КИ(U2) АМАК.685612.061;
- 5 – корпусной зажим

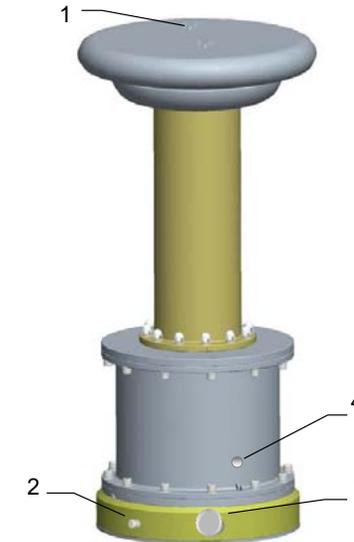
Рисунок 5.6



- 1 – разъем "ИНТЕРФЕЙС" для подключения кабеля Устройства тестирующего АМАК.411644.011 или Устройства зарядного АМАК.436112.016;
- 5 – индикатор "ВКЛ/ЗАР", информирующий о включении питания Блока измерительного и контролирующий состояние заряда аккумулятора;
- 2 – разъем "ВОК" для подключения Блока сопряжения АМАК.411619.019 с помощью волоконно-оптического кабеля ВОК АМАК.468615.002;
- 3 – разъем "СА5055" для подключения Магазины нагрузок СА5055 с помощью кабеля интерфейсного последовательного порта КИПП АМАК.685614.087

Рисунок 5.7

Внешний вид Конденсатора измерительного высоковольтного 230 АМАК.411634.034 приведен на рисунке 5.8, а Преобразователя высоковольтного 12 АМАК.671241.009 на рисунке 5.9.



- 1 – зажим "U1" для подключения к первичной обмотке ТН при проверке или к объекту измерения при измерении напряжения;
- 2 – разъем "I1" для подключения к Блоку измерительному АМАК.411722.006 с помощью кабеля измерительного КИ(1) АМАК.685612.062;
- 3 – манометр;
- 4 – корпусной зажим для подключения рабочего заземления

Рисунок 5.8



- 1 – разъемы "U1+" и "U1-" для подключения к первичной обмотке ТН при проверке или к объекту измерения при измерении напряжения;
- 2 – разъем "I1\*" для подключения к разъему "I1\*" Блока измерительного при проверке ТН

Рисунок 5.9

## 6 РАБОТА С УПТН

## 6.1 Подготовка к работе

## 6.1.1 Подключение ПК и запуск программы

Если предполагается использование персонального компьютера, не входящего в комплект поставки УПТН, на него необходимо установить специальное программное обеспечение, размещенное на инсталляционном диске, входящем в комплект (файл readme.txt).

1) Подсоединить ПК к БИ с помощью Блока сопряжения в соответствии с рисунком 6.1.



Рисунок 6.1

2) Включить компьютер и запустить программу "CA7400", сделав двойной щелчок на ярлыке , который размещен на Рабочем столе ПК. Убедиться, что в окне программы (рисунок 6.2) в строке состояния появилось сообщение "CA7400 №XXXXX включен".

3) При запуске программы автоматически включается БИ. Для предотвращения неоправданного разряда аккумулятора предусмотрено автоматическое отключение БИ, если в течение 20 минут не производились измерения.

4) Проверить состояние заряда аккумулятора (рисунок 6.2, поз.24). При необходимости выполнить заряд аккумулятора в соответствии с указаниями раздела 7.1.

## 6.1.2 Работа с программой

Окно программы имеет следующие вкладки:

- "Поверка ТН";
- "Измерение U";
- "Архив";
- "Тестирование".

## 6.1.2.1 Вкладка "Поверка ТН"

На рисунке 6.2 показано окно программы, открытое на вкладке "Поверка ТН".

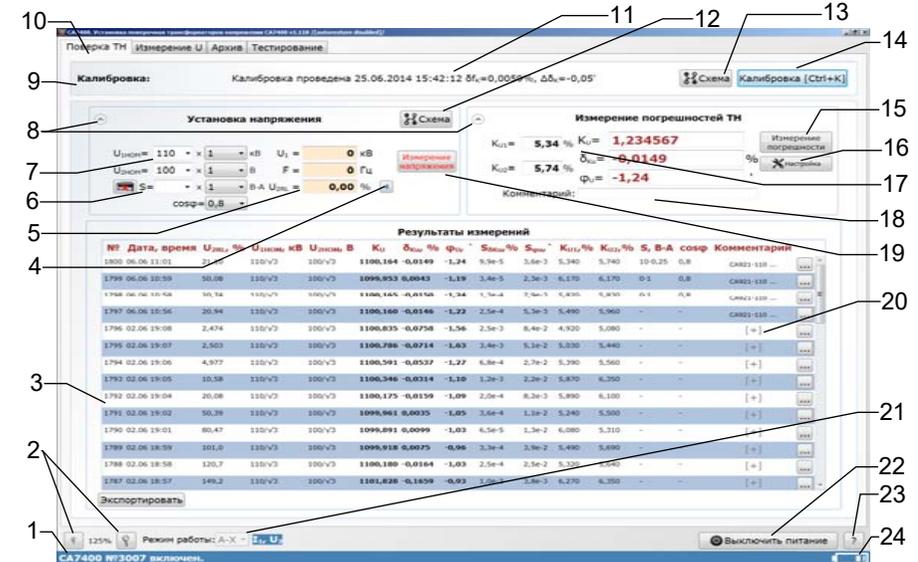


Рисунок 6.2

На вкладке "Проверка ТН" (рисунок 6.2) размещены органы контроля и управления, которые обеспечивают:

- Выбор режима работы "А-Х" (проверка однофазных ТН) или "А-В-С" (проверка трехфазных ТН) (поз. 21);
- Установку значений нагрузки, воспроизводимой Магазином нагрузок CA5055 или другим нагрузочным устройством (поз.6);
- Контроль установки напряжения по действующему значению первичного напряжения и относительному значению вторичного напряжения, а также контроль частоты напряжения (поз. 5);
- Калибровку УПТН и отображение ее результатов (поз.11);
- Измерение коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига напряжения с последующим расчетом погрешностей ТН, которое сопровождается измерением коэффициента искажения синусоидальности кривой первичного и вторичного напряжений ТН (поз. 17). При желании можно ввести текст комментария, который будет использоваться по умолчанию, для чего щелкнуть в поле "Комментарий" (поз.18) и ввести необходимый текст. Этот текст будет добавляться во все последующие архивные записи, до тех пор, пока не будет удален или изменен;
- Отображение результатов всех измерений в поле "Результаты измерений" (поз.3).

В поле "Результаты измерений" (рисунок 6.3) можно выполнить следующие операции:

- добавить комментарий в архивную запись измерения, для чего щелкнуть в соответствующей строке столбца "Комментарий" раздела "Результаты измерений" и ввести необходимой текст (поз. 2);
- удалить или скопировать архивную запись, щелкнув по ней и выбрав нужный вариант в контекстном меню;
- экспортировать архивные записи в файл с расширением .html или файл MS Excel, для чего нажать кнопку **Экспортировать** (поз.1).

Поэтапная процедура измерений при проверке ТН изложена в разделе 6.2.

При работе следует учитывать:

- Перед началом работы для справки на экран можно вывести изображение собираемой измерительной схемы, щелкнув по кнопке **Схема** (рисунок 6.2, поз.12 или 13).
- Измерение выполняется с накоплением результатов измерений. Для установки количества усредняемых измерений необходимо нажать кнопку **Настройка** (рисунок 6.2, поз. 16) и ввести нужное значение в поле "Количество усредняемых измерений" в окне (рисунок 6.4, поз. 2). Рекомендуемое количество усредняемых измерений – 5.

| №    | Дата, время | U <sub>лн</sub> , % | U <sub>лн</sub> кв, В | U <sub>лн</sub> фаз, В | К <sub>и</sub> | δ <sub>кн</sub> , % | φ <sub>кн</sub> , ° | δ <sub>сн</sub> , % | S <sub>фаз</sub> , В·А | S <sub>фаз</sub> , В·А | К <sub>и</sub> 1, % | К <sub>и</sub> 2, % | S, В·А | cosφ | Комментарий  |
|------|-------------|---------------------|-----------------------|------------------------|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|--------|------|--------------|
| 1800 | 06.06.11:01 | 21,10               | 110/√3                | 100/√3                 | 1100,164       | -0,0149             | -1,24               | 9,9e-5              | 3,6e-3                 | 5,340                  | 5,740               | 10,025              | 0,8    |      | CA821-110... |
| 1799 | 06.06.10:59 | 50,08               | 110/√3                | 100/√3                 | 1099,953       | 0,0043              | -1,19               | 3,4e-5              | 2,3e-3                 | 6,170                  | 6,170               | 0,1                 | 0,8    |      | CA821-110... |
| 1798 | 06.06.10:58 | 20,74               | 110/√3                | 100/√3                 | 1100,165       | -0,0150             | -1,24               | 1,3e-4              | 7,9e-3                 | 5,820                  | 5,820               | 0,1                 | 0,8    |      | CA821-110... |
| 1797 | 06.06.10:56 | 25,94               | 110/√3                | 100/√3                 | 1100,160       | -0,0146             | -1,22               | 2,5e-4              | 5,3e-3                 | 5,490                  | 5,460               | -                   | -      |      | CA821-110... |
| 1796 | 02.06.19:08 | 2,474               | 110/√3                | 100/√3                 | 1100,833       | -0,0758             | -1,56               | 2,5e-3              | 8,4e-2                 | 4,920                  | 5,080               | -                   | -      |      |              |
| 1795 | 02.06.19:07 | 2,503               | 110/√3                | 100/√3                 | 1100,786       | -0,0714             | -1,63               | 3,4e-3              | 5,1e-2                 | 5,030                  | 5,440               | -                   | -      |      |              |
| 1794 | 02.06.19:06 | 4,977               | 110/√3                | 100/√3                 | 1100,591       | -0,0537             | -1,27               | 6,8e-4              | 2,7e-2                 | 5,390                  | 5,560               | -                   | -      |      |              |
| 1793 | 02.06.19:05 | 10,58               | 110/√3                | 100/√3                 | 1100,348       | -0,0314             | -1,10               | 1,2e-3              | 2,2e-2                 | 5,870                  | 6,350               | -                   | -      |      |              |
| 1792 | 02.06.19:04 | 20,08               | 110/√3                | 100/√3                 | 1100,173       | -0,0159             | -1,09               | 2,0e-4              | 8,2e-3                 | 5,890                  | 6,100               | -                   | -      |      |              |
| 1791 | 02.06.19:02 | 50,39               | 110/√3                | 100/√3                 | 1099,961       | 0,0035              | -1,05               | 3,6e-4              | 1,1e-2                 | 5,240                  | 5,500               | -                   | -      |      |              |
| 1790 | 02.06.19:01 | 80,47               | 110/√3                | 100/√3                 | 1099,891       | 0,0099              | -1,03               | 6,5e-5              | 1,3e-2                 | 6,080                  | 5,310               | -                   | -      |      |              |
| 1789 | 02.06.18:59 | 101,0               | 110/√3                | 100/√3                 | 1099,918       | 0,0075              | -0,96               | 3,3e-4              | 3,9e-2                 | 5,490                  | 5,690               | -                   | -      |      |              |
| 1788 | 02.06.18:58 | 120,7               | 110/√3                | 100/√3                 | 1100,180       | -0,0164             | -1,03               | 2,5e-4              | 2,5e-2                 | 5,320                  | 5,640               | -                   | -      |      |              |
| 1787 | 02.06.18:57 | 149,2               | 110/√3                | 100/√3                 | 1101,828       | -0,1859             | -0,93               | 1,0e-3              | 3,8e-3                 | 6,270                  | 6,350               | -                   | -      |      |              |

- 1 – кнопка для экспорта результатов измерения в файл .html или в файл Excel;  
2 – поле для ввода комментария

Рисунок 6.3

– Проверка ТН может сопровождаться измерением коэффициентов искажения синусоидальности кривых первичного и вторичного напряжений. Для включения данной функции необходимо установить флажок в поле "Измерять коэффициенты искажения синусоидальности кривой напряжения" (рисунок 6.4, поз. 1).

CA7400

Параметры измерений δ<sub>кн</sub>, φ<sub>кн</sub>

Количество усредняемых измерений: 5

Измерять коэффициенты искажения синусоидальности кривой напряжения при измерении погрешностей ТН

Режим быстрого измерения погрешностей

Запретить автоматическое отключение прибора

Использование других измерительных конденсаторов

Высоковольтный измерительный конденсатор

С<sub>н</sub>, комплект CA7400

Другой

С<sub>н</sub>  пФ tgδС<sub>н</sub>  С<sub>кн</sub>  пФ

Низковольтный измерительный конденсатор

С<sub>л</sub>, встроенный в БИ

Другой

С<sub>л</sub>  пФ tgδС<sub>л</sub>  С<sub>кл</sub>  пФ

OK Отмена

- 1 – поле для включения функции "измерение гармонического состава сигнала при проверке ТН";  
2 – поле для ввода количества усредняемых измерений

Рисунок 6.4

## 6.1.2.2 Вкладка "Измерение U "

На рисунке 6.5 показано окно программы, открытое на вкладке "Измерение U". Здесь размещены органы контроля и управления, которые обеспечивают:

– Измерение действующего значения напряжения ( $U_1$  и  $U_2$ ), действующего значения напряжения первой гармоники ( $U_{11}$  и  $U_{21}$ ) и коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения ( $K_{U1}$  и  $K_{U2}$ ) (поз. 1).

– Измерение коэффициентов n-ых гармонических составляющих напряжения.

– Отображение результатов измерений в поле "Результаты измерений" (поз. 9).

Органы контроля и управления, размещенные в разделе "Вход U1", обеспечивают измерение напряжения:

– в режиме "А-Х" – в диапазоне от 300 В до  $U_{СН}$ , где  $U_{СН}$  – максимальное значение рабочего напряжения Конденсатора  $C_n$ , приведенное в 2.5.3;

– в режиме "А-В-С" – в диапазоне от 800 В до  $U_{ПВ}$ , где  $U_{ПВ}$  – максимальное значение рабочего напряжения, приведенное в 2.5.7.

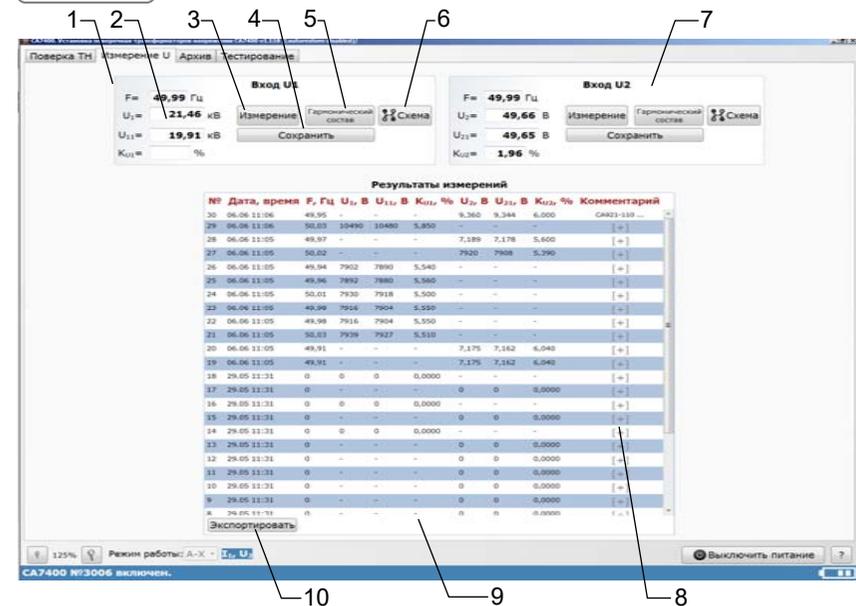
Органы контроля и управления, размещенные в разделе "Вход U2", обеспечивают измерение напряжения в диапазоне от 6 В до 1000 В.

В поле "Результаты измерений" можно выполнить следующие операции, подробно описанные в 6.1.2.1:

- добавить комментарий в архивную запись измерения (поз. 8);
- удалить или скопировать архивную запись;
- экспортировать архивные записи в файл MS Excel или файл с расширением .html (поз.10).

Поэтапная процедура измерений параметров напряжения изложена в разделе 6.3.

Перед началом работы для справки на экран можно вывести изображение собираемой измерительной схемы, щелкнув по кнопке  (поз. 6).

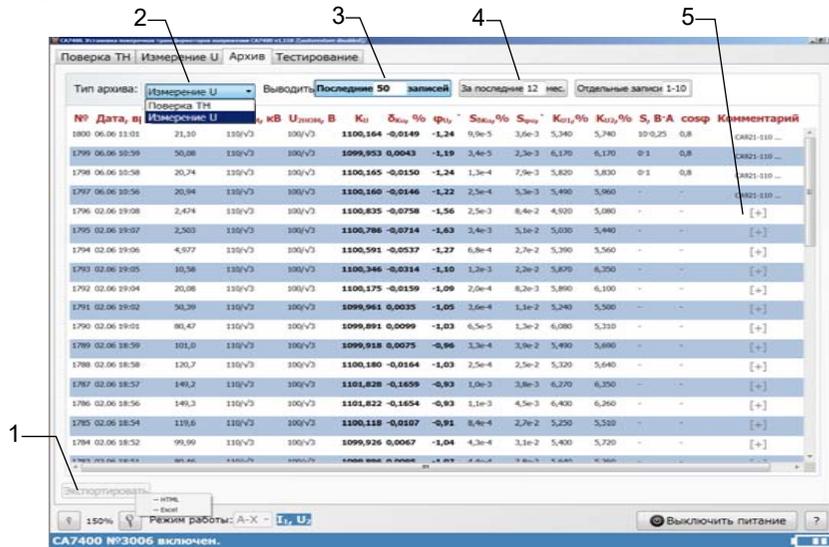


- 1 – раздел "Вход U1", предназначенный для управления процессом измерения при подаче измеряемого напряжения на вход "U1" УПТН (в диапазоне от 300 В до  $U_{СН}$ ) и вывода результатов измерения;
- 2 – поля для вывода результатов измерения параметров напряжения, поданного на вход "U1": действующего значения переменного напряжения  $U_1$ ; действующего значения первой гармоники переменного напряжения  $U_{11}$ ; коэффициента искажения синусоидальности кривой;
- 3 – кнопка для включения режима измерения напряжения;
- 4 – кнопка сохранения результата измерения;
- 5 – кнопка для вывода гармонического состава измеряемого напряжения;
- 6 – кнопка вывода на экран схемы измерения напряжения;
- 7 – раздел "Вход U2", предназначенный для управления процессом измерения при подаче измеряемого напряжения на вход "U2" (в диапазоне от 6 В до 1000 В) и вывода результатов измерения (расположение кнопок и полей вывода результатов аналогично разделу "Вход U1" – поз. 2 ...6);
- 8 – поле для ввода комментария;
- 9 – архивные записи результатов измерения напряжения;
- 10 – кнопка для экспортирования результатов измерения в файл .html или Excel

Рисунок 6.5

6.1.2.3 Вкладка "Архив"

На рисунке 6.6 показано окно программы, открытое на вкладке "Архив". Все результаты измерений, выполненных в режимах "Проверка ТН" и "Измерение U" сохраняются соответственно в одном из двух разделов архива. Записи результатов измерений могут идентифицироваться по дате и времени измерения.



- 1 – кнопка для экспортирования результатов измерения в файл с расширением .html или файл Excel;
- 2 – список архивов;
- 3 – кнопка с полем для ввода количества последних архивных записей, которые необходимо вывести на экран;
- 4 – кнопка с полем для ввода количества месяцев, последних по времени, за которые необходимо вывести на экран архивные записи;
- 5 – поле для комментария

Рисунок 6.6

На вкладке "Архив" размещены органы контроля и управления, которые позволяют выполнить:

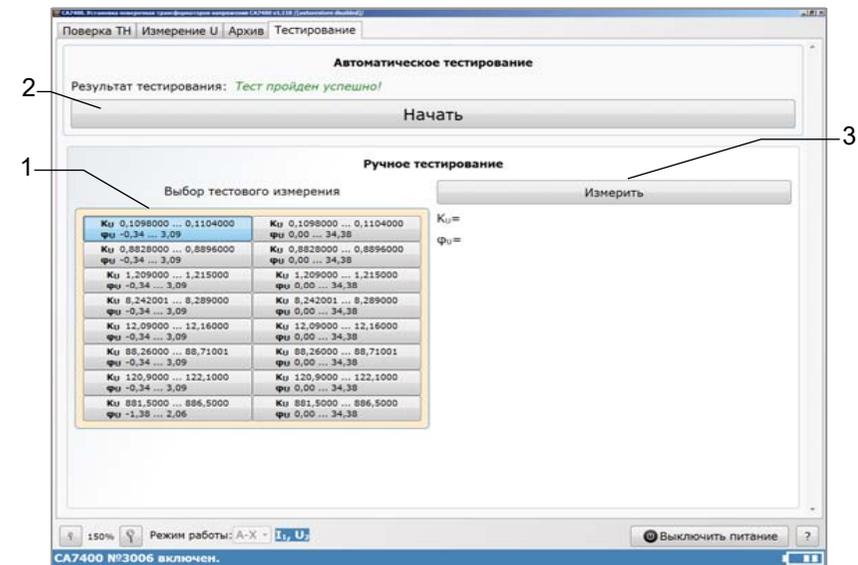
- выбор типа архива "Проверка ТН" или "Измерение U" (поз. 2);
- просмотр конкретного числа записей результатов измерений или записи за несколько последних месяцев, для чего ввести соответствующие значения в поля (поз. 3 и 4);
- копирование или удаление записи, для чего щелкнуть на записи и в появившемся контекстном меню выбрать требуемую строку;

- добавление комментария к любой записи, для чего щелкнуть в поле (поз. 5) и ввести необходимый текст;
- сохранение записи результатов измерения в файл с расширением .html или файл Excel, для чего щелкнуть по кнопке **Экспортировать** (поз.1).

6.1.2.4 Вкладка "Тестирование"

На рисунке 6.7 показано окно программы, открытое на вкладке "Тестирование".

На вкладке "Тестирование" размещены органы управления и контроля, которые позволяют проверить работоспособность УПТН в автоматическом режиме или в ручном режиме с возможностью выбора необходимого тестового измерения.



- 1 – таблица тестовых измерений;
- 2 – кнопка запуска автоматического тестирования;
- 3 – кнопка запуска ручного тестирования

Рисунок 6.7

## 6.2 Поверка ТН

Поверка ТН выполняется в два этапа.

Первый этап – калибровка УПТН для исключения систематических погрешностей, вызванных нестабильностью характеристик измерительных конденсаторов  $C_N$  (или  $C_{ПВ}$ ) и  $C_L$ . Калибровку необходимо выполнять всегда перед измерениями при поверке ТН.

Второй этап – измерение коэффициента масштабного преобразования и угла фазового сдвига ТН с последующим расчетом погрешностей ТН, которое выполняется с учетом значений систематических погрешностей, полученных на этапе калибровки.

При поверке ТН в качестве нагрузочного устройства рекомендуется использовать дистанционно управляемый Магазин нагрузок CA5055, который следует располагать в высоковольтной зоне. Установка воспроизводимого значения нагрузки в Магазине нагрузок CA5055 выполняется автоматически путем выбора значения нагрузки в окне программы. При этом ПК размещается в зоне оператора. Выбранное значение вместе с результатом измерения сохраняется в архиве.

В УПТН предусмотрена возможность применения любого другого нагрузочного устройства.

### 6.2.1 Поверка однофазных ТН

#### 6.2.1.1 Калибровка УПТН

1) Подсоединить ПК к Блоку измерительному, включить ПК и запустить программу "CA7400" в соответствии с 6.1.1, п.п. 1,2.

2) Подсоединить к Блоку измерительному, не отсоединяя от него ПК, Конденсатор  $C_N$  и Источник питания для калибровки, собрав схему, показанную на рисунке 6.8. При подключении Кабеля КП(К) к Источнику питания для калибровки красный штекер подключать к красному гнезду, черный – к черному.

3) В окне программы перейти на вкладку "Поверка ТН" (рисунок 6.2, поз. 8).

4) Включить режим работы "А-Х", выбрав его в окне "Режимы работы" (рисунок 6.2, поз.21)

5) Включить Источник питания для калибровки, для чего установить выключатель, размещенный на Источнике питания для калибровки, в положение "I", и убедиться, что в разделе "Установка напряжения" в поле " $U_1$ " значение напряжения находится в диапазоне от 800 до 1000 В (рисунок 6.2, поз. 5) и под кнопкой

Измерение напряжения

(рисунок 6.2, поз. 19) появилось сообщение "Подключен источник питания для калибровки".

6) Выполнить калибровку, для чего нажать кнопку **Калибровка [Ctrl+K]**, на экране появится окно, демонстрирующее процесс выполнения калибровки, а затем в разделе "Калибровка" обновятся результаты калибровки (рисунок 6.2, поз. 11).

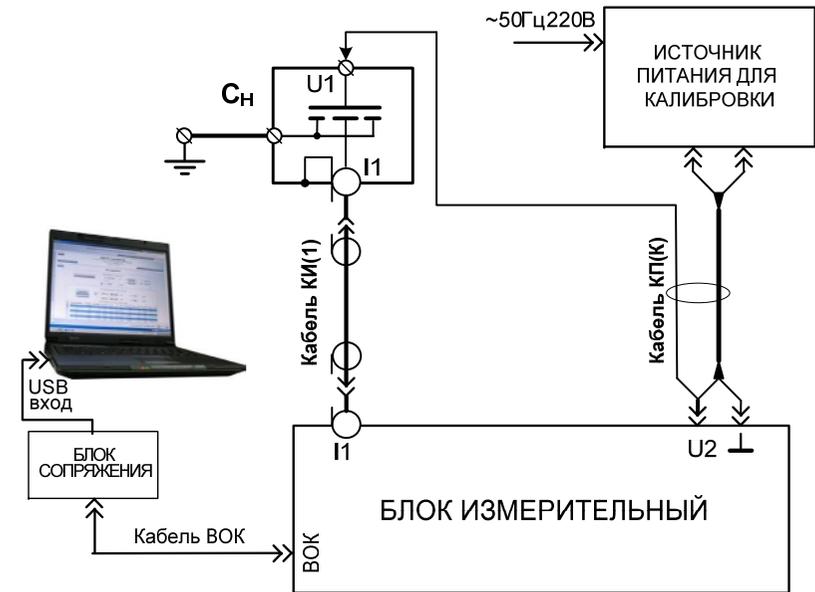


Рисунок 6.8

#### 6.2.1.2 Измерение погрешностей ТН

1) После выполнения калибровки согласно 6.2.1.1 собрать схему, показанную на рисунке 6.9. Подсоединить к Блоку измерительному, не отсоединяя от него ПК и Конденсатор  $C_N$ , поверяемый ТН и Магазин нагрузок CA5055.

2) Включить питание Магазина нагрузок CA5055.

3) Ввести данные по поверяемому ТН, предварительно щелкнув в поле "Комментарий" (рисунок 6.2, поз.18).

4) Ввести номинальные значения первичного и вторичного напряжений поверяемого ТН и значения множительных коэффициентов (1, 1/3 или 1/√3), для чего в полях " $U_{1НОМ}$ " и " $U_{2НОМ}$ " (рисунок 6.2, поз.7) выбрать из списков необходимые значения. Если в списке выбран вариант "Другое", то ввести иное значение.

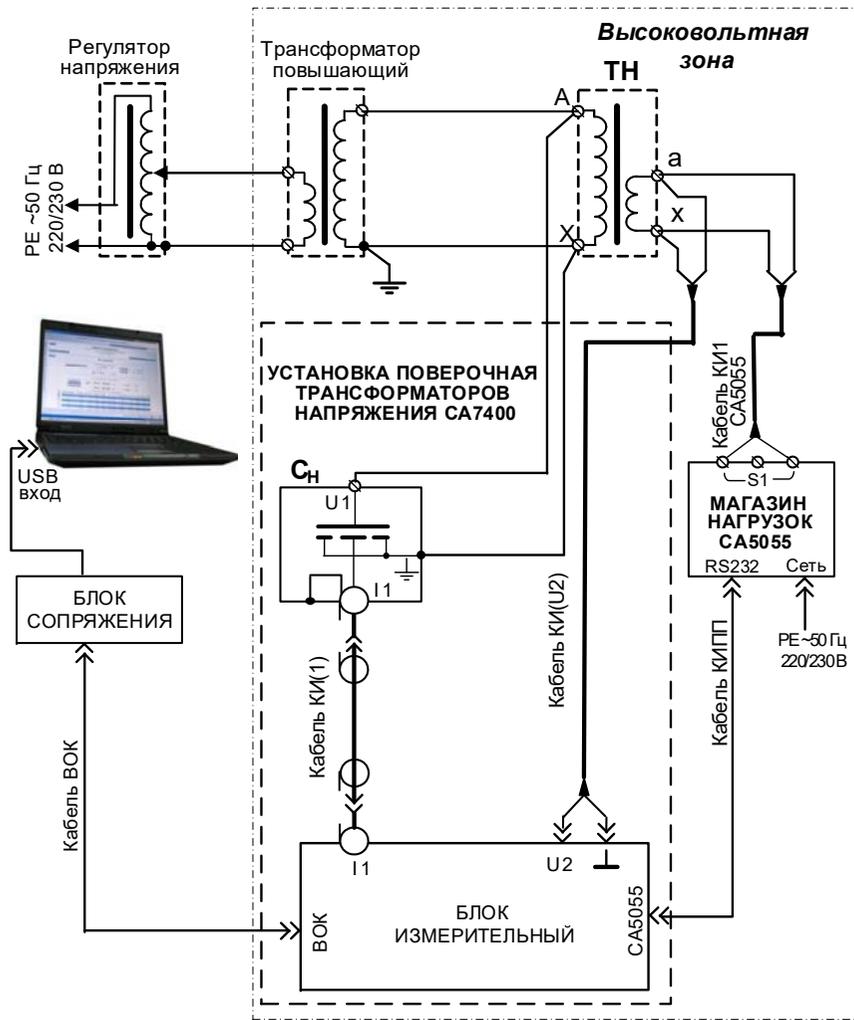


Рисунок 6.9

5) Установить необходимое значение нагрузки:

– Если используется Магазин нагрузок CA5055, нажать кнопку  в разделе "Установка напряжения" (рисунок 6.2, поз.6), в появившемся окне (рисунок 6.10) выбрать схему подключения нагрузки CA5055, щелкнув по кнопке , и вариант значения нагрузки, щелкнув по нему, после чего в поле S (рисунок 6.2, поз. 6) появится выбранное значение.

– Если Магазин нагрузок CA5055 не подключен и используется другое нагрузочное устройство, то на значке  будет изображен "крестик". Для ввода значения подключенной нагрузки щелкнуть в поле "S" (рисунок 6.2, поз.6), ввести необходимое значение S, из списков выбрать значения множительного коэффициента и коэффициента мощности. Все введенные значения будут сохранены в архиве вместе с результатом измерения.

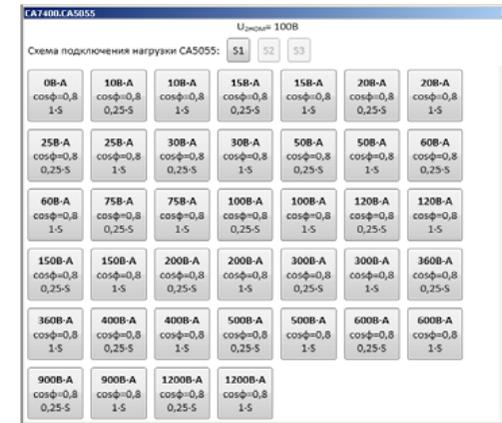
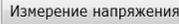
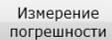


Рисунок 6.10

6) Включить режим измерения напряжения, если он был выключен, для чего нажать кнопку  в разделе "Установка напряжения" (рисунок 6.2, поз.19). Текст на кнопке окрасится в красный цвет. Измерение напряжения будет выполняться в следующем режиме.

7) Установить необходимое значение первичного напряжения поверяемого ТН, контролируя его по показаниям в полях "U<sub>1</sub>" и "U<sub>2RL</sub>" в разделе "Установка напряжения" (рисунок 6.2, поз.5).

8) Выполнить измерение погрешностей поверяемого ТН, для чего нажать кнопку .

На экране появится окно, демонстрирующее процесс выполнения измерения, а затем окно с результатами измерения коэффициента масштабного преобразования напряжения  $K_U$ , угла фазового сдвига напряжения  $\varphi_U$  (угловой погрешности ТН), значениями коэффициентов искажения синусоидальности кривой напряжения (рисунок 6.2, поз.17), если такая функция была включена (рисунок 6.4), и результатом расчета погрешности напряжения ТН  $\delta_{K_U}$  в разделе "Измерение погрешностей ТН". В разделе "Результаты измерения" (рисунок 6.2, поз. 3) появится новая архивная запись.

9) Снять напряжение с измерительной схемы, для чего плавно понизить его до 0 В, контролируя значения в полях "U<sub>1</sub>" и "U<sub>2RL</sub>" в разделе "Установка напряжения" (рисунок 6.2, поз.8), а затем отключить измерительную схему от сети питания.

## 6.2.2 Поверка трехфазных ТН

### 6.2.2.1 Калибровка УПТН

1) Подсоединить ПК к Блоку измерительному, включить ПК и запустить программу "CA7400" в соответствии с 6.1.1, п.п.1, 2.

2) Подсоединить к Блоку измерительному, не отсоединяя от него ПК, Преобразователь высоковольтный (далее – ПВ) и Источник питания для калибровки, собрав схему, показанную на рисунке 6.11.

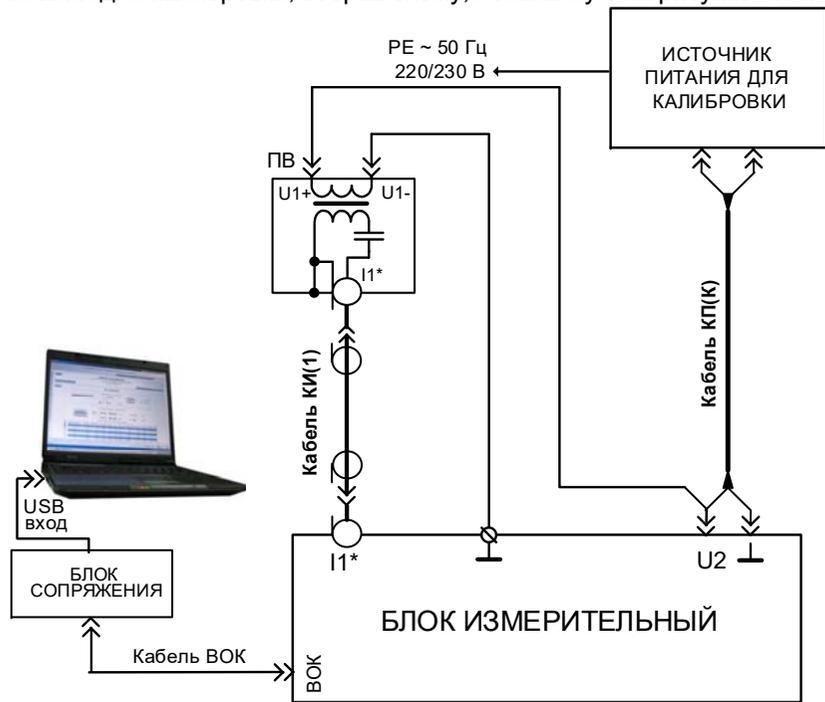


Рисунок 6.11

3) На вкладке "Поверка ТН" (рисунок 6.2, поз.10) включить режим работы "А-В-С", выбрав его в окне "Режим работы" (рисунок 6.2, поз. 21).

4) Выполнить п.п. 5, 6 раздела 6.2.1.

### 6.2.2.2 Измерение погрешностей ТН

1) После выполнения калибровки, согласно 6.2.2.1 собрать схему, показанную на рисунке 6.12. Подсоединить к Блоку измерительному, не отсоединяя от него ПК и ПВ, поверяемый ТН и Магазин нагрузок CA5055.

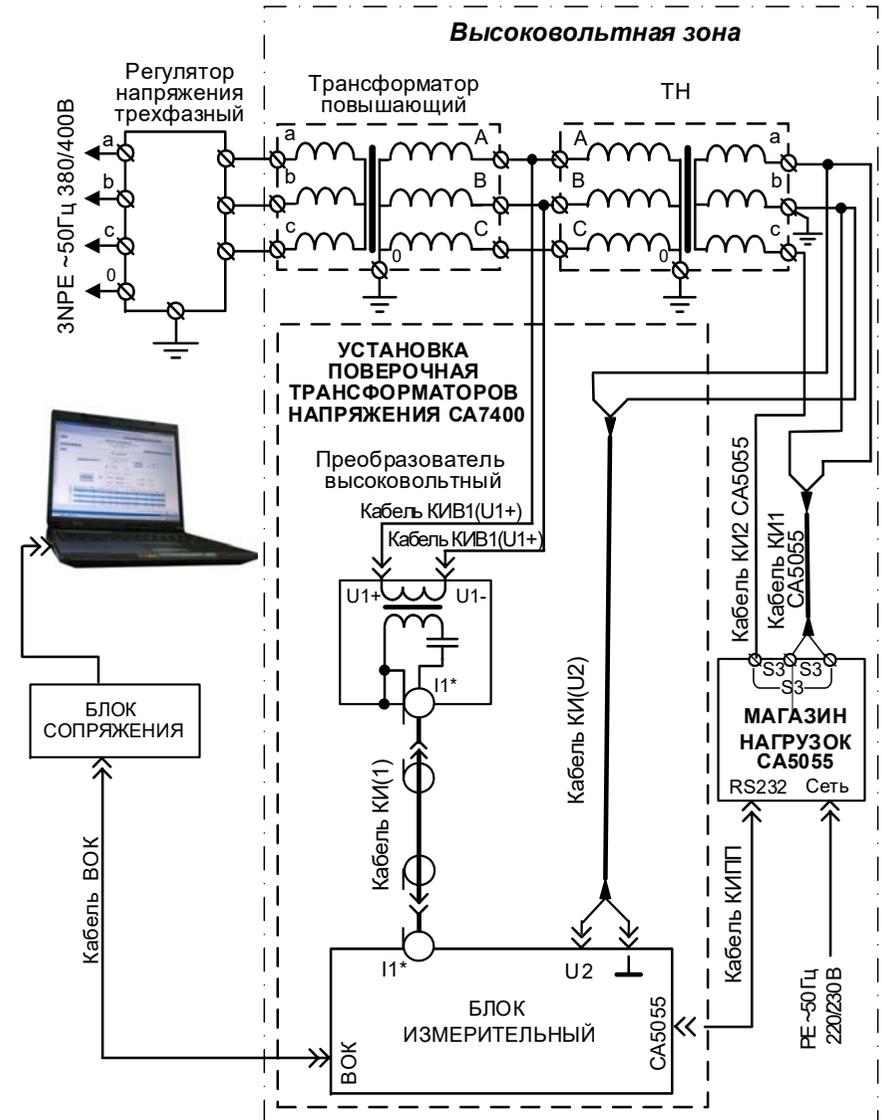


Рисунок 6.12

2) Ввести данные по поверяемому ТН, для чего щелкнуть в поле "Комментарий" (рисунок 6.2, поз.18) и ввести нужную информацию.

3) Ввести номинальные значения первичного и вторичного междуфазных напряжений поверяемого ТН и значения множительных коэффициентов (1, 1/3 или 1/√3), для чего в полях "U<sub>1НОМ</sub>" и "U<sub>2НОМ</sub>" (рисунок 6.2, поз. 7) выбрать из списков необходимые значения. Если нужно ввести иное значение, выбрать вариант "Другое".

4) Установить необходимое значение нагрузки:

– Если используется Магазин нагрузок CA5055, нажать кнопку  в разделе "Установка напряжения" (рисунок 6.2, поз. 6), в появившемся окне (рисунок 6.12) выбрать схему подключения нагрузки CA5055, щелкнув по кнопке S2 или S3, и выбрать вариант значения нагрузки, щелкнув по нему, после чего в поле S (рисунок 6.2, поз.6) появится выбранное значение.

– Если Магазин нагрузок CA5055 не подключен и используется другое нагрузочное устройство, то на значке  будет изображен "крестик". Для ввода значения нагрузки щелкнуть в поле "S" (рисунок 6.2, поз.6), ввести необходимое значение S, из списков выбрать значения множительного коэффициента и коэффициента мощности. Все введенные значения будут сохранены в архиве вместе с результатом измерения.



Рисунок 6.12

5) Включить режим измерения напряжения, если он был выключен, для чего нажать кнопку

Измерение напряжения

в разделе "Установка напряжения" (рисунок 6.2, поз.19). Текст окрасится в красный цвет. Измерение напряжения будет выполняться в следующем режиме.

6) Установить необходимое значение первичного междуфазного напряжения "А-В" поверяемого ТН, контролируя его по показаниям в полях "U<sub>1</sub>" и "U<sub>2RL</sub>" в разделе "Установка напряжения" (рисунок 6.2, поз.5).

7) Выполнить измерение погрешностей поверяемого ТН для междуфазного напряжения "А-В", для чего нажать кнопку

Измерение погрешности

. На экране появится окно, демонстрирующее процесс выполнения измерения, а затем окно с результатами измерения коэффициента масштабного преобразования напряжения K<sub>u</sub>, угла фазового сдвига напряжения φ<sub>u</sub> (угловой погрешности ТН), значениями коэффициентов искажения синусоидальности кривой напряжения (рисунок 6.2, поз.17), если такая функция была включена (рисунок 6.4), и результатом расчета погрешности напряжения ТН δ<sub>Ku</sub> в разделе "Измерение погрешностей ТН". В разделе "Результаты измерения" (рисунок 6.2, поз. 3) появится новая архивная запись.

10) Снять напряжение с измерительной схемы, для чего плавно понизить его до 0 В, контролируя значения в полях "U<sub>1</sub>" и "U<sub>2RL</sub>" в разделе "Установка напряжения" (рисунок 6.2, поз.5), а затем отключить измерительную схему от сети питания.

11) Ввести информацию о том, что было выполнено измерение фазы "А-В", для чего щелкнуть в поле "Комментарий" (рисунок 6.2, поз. 20) и ввести необходимую запись.

12) Подсоединить кабель КИВ1(U1+) к выводу "В", а кабель КИВ1(U1-) к выводу "С" первичной обмотки ТН.

13) Подсоединить кабель КИ(U2) к выводам "b" и "c" первичной обмотки ТН, для чего заземлить вывод "с" ТН и подсоединить к нему вывод кабеля КИ(U2) с черной термоусадкой, а вывод кабеля КИ(U2) с красной термоусадкой подсоединить к выводу "b" ТН.

14) Выполнить п.п. 7-11 для фазы В-С.

15) Подсоединить кабель КИВ1(U1+) к выводу "С", а кабель КИВ1(U1-) к выводу "А" первичной обмотки ТН.

16) Подсоединить кабель КИ(U2) к выводам "с" и "а" первичной обмотки ТН, для чего заземлить вывод "а" ТН и подсоединить к нему вывод кабеля КИ(U2) с черной термоусадкой, а вывод кабеля КИ(U2) с красной термоусадкой подсоединить к выводу "с" ТН.

17) Выполнить п.п. 7-11 для фазы С-А.

6.3 Измерение параметров напряжения.

1) Подсоединить ПК к Блоку измерительному, включить ПК и запустить программу "СА7400" в соответствии с 6.1.1, п.п. 1, 2.

2) Подсоединить объект измерения в соответствии с одним из рисунков 6.13 - 6.15. Для измерения напряжения:

- фазного в диапазоне от 6 до 1000 В – рисунок 6.13;
- фазного в диапазоне от 300 В до  $U_{сн}$  (максимального значения рабочего напряжения Конденсатора  $C_n$ , приведенного в 2.5.3) – рисунок 6.14.
- междуфазного в диапазоне от 800 В до  $U_{пв}$  (максимального значения рабочего напряжения Преобразователя высоковольтного, приведенного в 2.5.7) – рисунок 6.15.

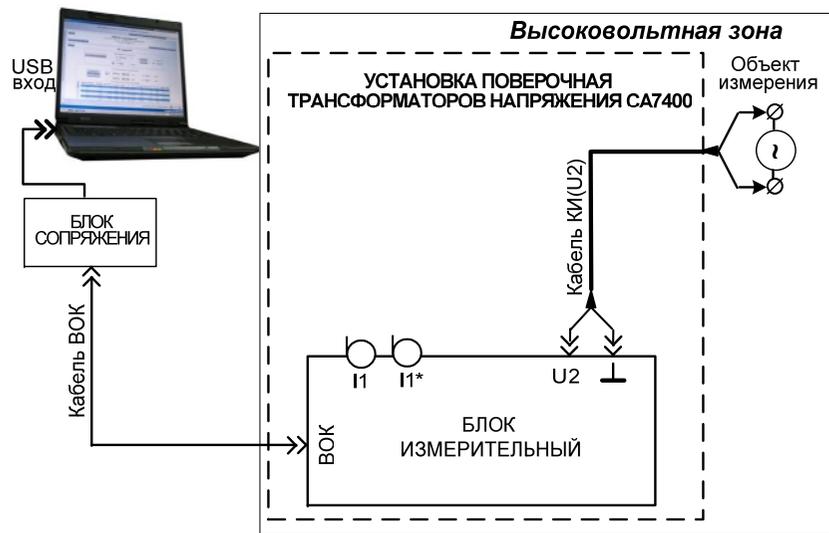


Рисунок 6.13

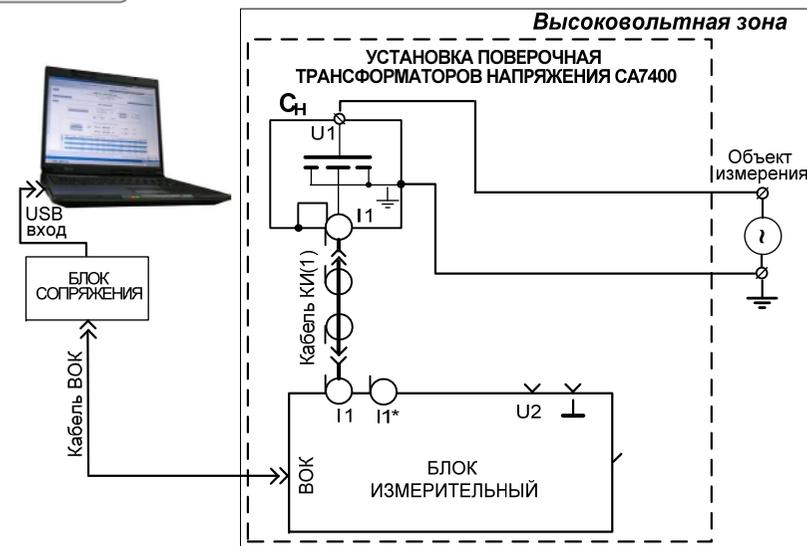


Рисунок 6.14

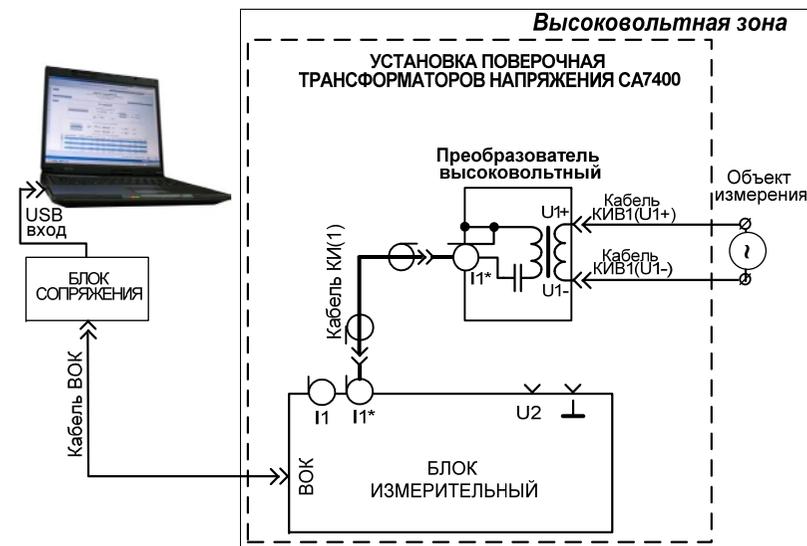


Рисунок 6.15

3) Включить режим работы в соответствии с данными таблицы 6.1, выбрав его в окне "Режим работы" (рисунок 6.2, поз.19).

Таблица 6.1

| Диапазон напряжений                       | Режим работы | Схема, № рис. | Измеряемые величины <sup>4</sup> |                |                 |                 |                 |                 |                    |                    |
|---|--------------|---------------|----------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|--------------------|
|   |              |               | U <sub>1</sub>                   | U <sub>2</sub> | U <sub>11</sub> | U <sub>21</sub> | K <sub>U1</sub> | K <sub>U2</sub> | K <sub>U1(n)</sub> | K <sub>U2(n)</sub> |
| От 6 до 1000 В, фазное                    | Любой        | 6.13          | –                                | Да             | –               | Да              | –               | Да              | –                  | Да                 |
| От 300 В до U <sub>сн</sub> , фазное      | "А-Х"        | 6.14          | Да                               | –              | Да              | –               | Да              | –               | Да                 | –                  |
| От 800 В до U <sub>пв</sub> , междуфазное | "А-В-С"      | 6.15          | Да                               | –              | –               | –               | –               | –               | –                  | –                  |

"–" – величина не измеряется

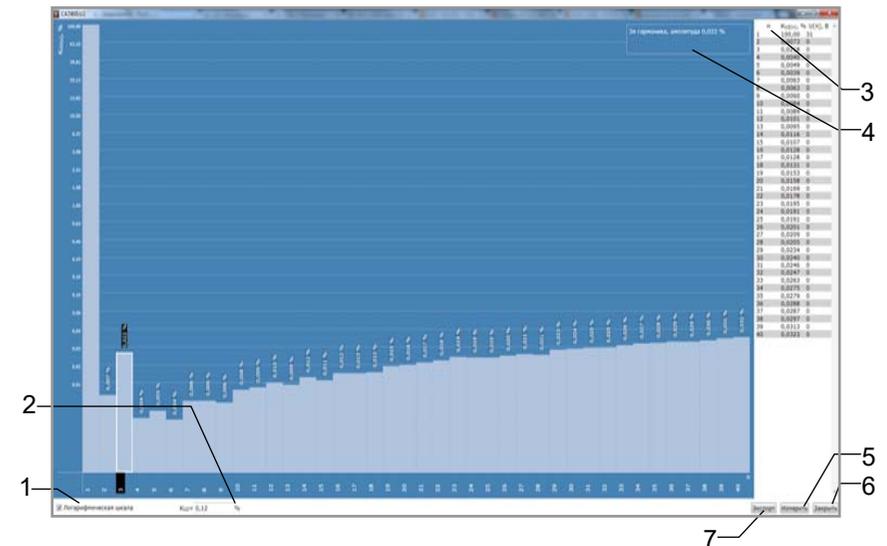
4) Перейти на вкладку "Измерение U" (рисунок 6.5). Так как процедура измерения напряжения на входах "U1" и "U2" идентична, то далее приводится порядок действий только при измерении на входе "U1".

5) Включить измерение напряжения в следящем режиме, для чего нажать кнопку **Измерение** (рисунок 6.5, поз.3), текст на кнопке окрасится в красный цвет и в соответствующих полях появятся текущие значения результатов измерения (рисунок 6.5, поз.2).

6) Подать напряжение на объект измерения, результаты измерения будут отображаться в окнах (рисунок 6.5, поз. 2). Для сохранения результатов измерения нажать кнопку **Сохранить**. В разделе "Результаты измерений" появится новая архивная запись (рисунок 6.5, поз. 9).

7) При желании можно просмотреть гармонический состав измеряемого напряжения, для чего нажать кнопку **Гармонический состав**. На экране появится окно с графиком и таблицей, отображающими гармонический состав измеряемого напряжения до 40-й гармоники включительно в логарифмическом виде (рисунок 6. 16). При необходимости перейти к линейному представлению графика необходимо снять флажок в поле "Логарифмическая шкала" (рисунок 6.16, поз. 1).

При измерениях в режиме работы "А-В-С" кнопка **Гармонический состав** в разделе "Вход U1" будет неактивна.



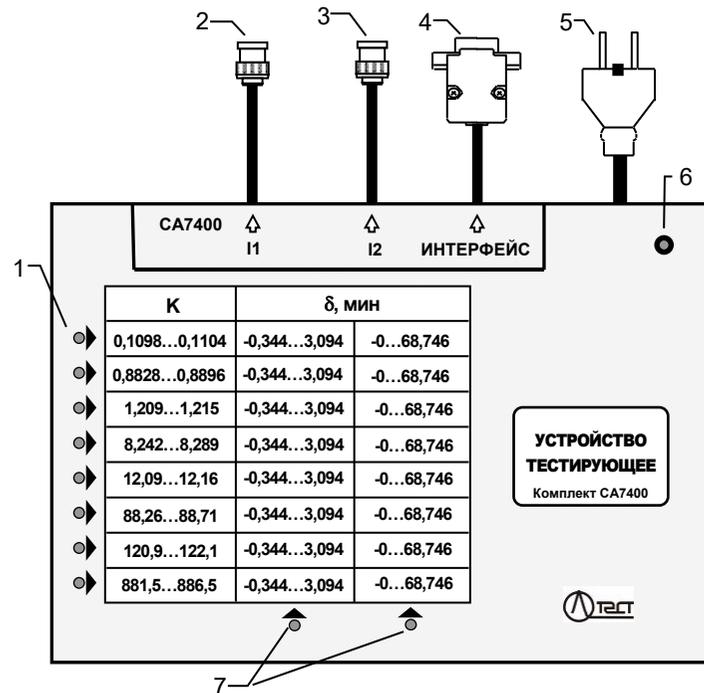
- 1 – поле для переключения представления графика: линейное или логарифмическое;
- 2 – поле для вывода значения коэффициента несинусоидальности кривой напряжения  $K_{U1}$ ;
- 3 – всплывающая подсказка с информацией о гармонической составляющей напряжения, на которой размещается указатель мыши;
- 4 – гармонический состав напряжения в табличном виде;
- 5 – кнопка для повторного измерения гармонического состава;
- 6 – кнопка закрытия окна
- 7 – кнопка для экспорта графика в файл

Рисунок 6.16

<sup>4</sup> Наименования величин приведены в разделе "Условные обозначения" на странице 4.

## 6.4 Тестирование УПТН

Тестирование выполняется с помощью Устройства тестирующего, внешний вид которого показан на рисунке 6.17



- 1 – индикаторы-указатели строк при выборе одного из 8-ми значений отношения токов К;  
 2 – разъем, подключаемый к входу "I1" БИ;  
 3 – разъем, подключаемый к входу "I2" БИ;  
 4 – разъем, подключаемый к входу "Interface" БИ;  
 5 – вилка с контактом защитного заземления кабеля сетевого питания PE~50 Гц 220 В;  
 6 – индикатор включения питания;  
 7 – индикаторы-указатели столбцов при выборе одного из 2-х значений разности фаз токов

Рисунок 6.17

6.4.1 Работа с Устройством тестирующим в автоматическом режиме

1) Подсоединить ПК к Блоку измерительному, включить ПК и запустить программу "CA7400" в соответствии с 6.1.1, п.п. 1,2.

2) Собрать схему (рисунок 6.18), подсоединив к Блоку измерительному Устройство тестирующее, не отсоединяя от него ПК. Подключить Устройство тестирующее к сети питания PE~50 Гц 220 В.

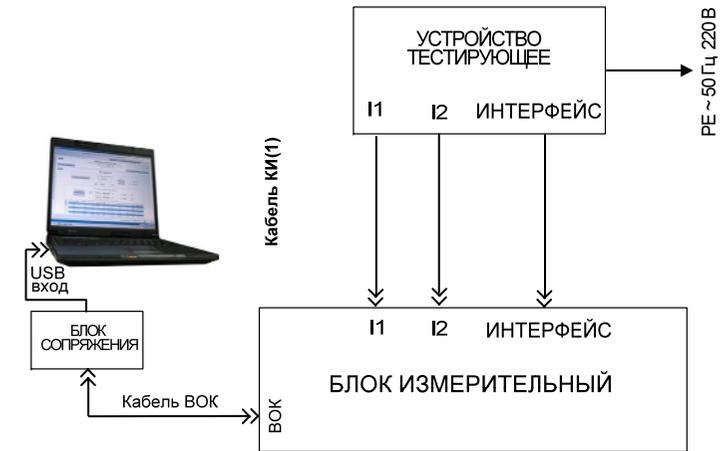


Рисунок 6.18

3) Перейти на вкладку "Тестирование", на экране появится окно (рисунок 6.7).

4) Начать автоматическое тестирование, для чего нажать кнопку **Начать** (рисунок 6.7, поз.2), на экране появится окно, демонстрирующее динамику процесса тестирования, а затем окно с сообщением о том, что тестирование завершено.

6.4.2 Работа с Устройством тестирующим в ручном режиме

1) Выполнить п.п.1-4 раздела 6.3.1.

2) Выбрать значения отношения токов К и разности фаз токов φ, при которых будет выполняться тестирование, для чего нажать кнопку из перечня (рисунок 6.7, поз.1), а затем нажать кнопку **Измерить** (рисунок 6.7, поз.3), на экране появится результат выполненного измерения, который необходимо сравнить с диапазонами значений К и δ, указанных на выбранной кнопке (рисунок 6.7, поз.1).

**7 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ**

**7.1 Заряд аккумулятора**

Заряд аккумулятора можно проводить только при температуре окружающего воздуха от 0 до +40 °С как от сети РЕ~50 Гц 220/230 В, так и от бортовой сети передвижной лаборатории 12 В.



Рисунок 7.1

**При заряде от сети РЕ~50 Гц 220/230 В:**

| № п/п | Действия  | Вид индикатора на Блоке измерительном                                      |
|-------|---|--|
| 1     | Собрать схему для заряда аккумулятора в соответствии с рисунком 7.1:<br>1) Присоединить кабель Устройства зарядного к разъему "ИНТЕРФЕЙС" Блока измерительного. Не проводить это подсоединение при включенном Устройстве зарядном!<br>2) Подключить к Устройству зарядному кабель питания сетевой РЕ~50 Гц 220/230 В и установить переключатель "I/O" в положение "O".<br>3) Включить кабель питания сетевой в розетку сети РЕ~50 Гц 220/230 В. |  |
| 2     | Начать заряд аккумулятора, установив выключатель "I/O" в положение "I".   | Индикатор "ВКЛ/ЗАР" на передней панели Блока измерительного начнет мигать. |

| № п/п | Действия   | Вид индикатора на Блоке измерительном   |
|-------|--|---|
|       | Время заряда полностью разряженного аккумулятора – 7 часов. <i>Используемый в УПТН свинцово-кислотный аккумулятор не обладает эффектом памяти, который присущ щелочным аккумуляторам, и не требует специальных режимов для его обслуживания.</i> | Прекращение мигания индикатора "ВКЛ/ЗАР" свидетельствует о полном заряде аккумулятора. При этом подача тока от Устройства зарядного автоматически прекращается, что исключает возможность перезаряда аккумулятора и выход его из строя. |
| 3     | Отключить Устройство зарядное от сети, для чего:<br>1) Установить выключатель "I/O" в положение "O".<br>2) Отключить кабель питания сетевой от сети РЕ~50 Гц 220/230 В.  | <i>При появлении признаков снижения емкости аккумулятора (быстрый разряд после полного заряда) необходимо его заменить согласно 7.2.</i>  |
| 4     | Отключить Устройство зарядное от Блока измерительного.   |   |

**При заряде от бортовой сети автомобиля 12 В:**

| № п/п | Действия  | Вид индикатора на Блоке измерительном |
|-------|---|---------------------------------------|
| 1     | Собрать схему для заряда аккумулятора в соответствии с рисунком 6.25:<br>1) Присоединить кабель Устройства зарядного к разъему "ИНТЕРФЕЙС" Блока измерительного. Не проводить это подсоединение при включенном Устройстве зарядном! |                                       |

| № п/п | Действия   | Вид индикатора на Блоке измерительном  |
|-------|--|--|
|       | 2) Подключить к Устройству зарядному кабель питания бортовой сети 12 В и установить переключатель "I/O" в положение "O".<br>3) Подключить к бортовой сети автомобиля кабель питания от бортовой сети 12 В. |  |
| 2     | Начать заряд аккумулятора, установив выключатель "I/O" в положение "I".<br>Время заряда полностью разряженного аккумулятора – 7 часов.   | Индикатор "ВКЛ/ЗАР" на передней панели Блока измерительного начнет мигать. Прекращение мигания индикатора "ВКЛ/ЗАР" свидетельствует о полном заряде аккумулятора. При этом подача тока от Устройства зарядного автоматически прекращается, что исключает возможность перезаряда аккумулятора и выход его из строя. |
| 3     | Отключить Устройство зарядное от сети, для чего:<br>1) Установить выключатель "I/O" в положение "O".<br>2) Отключить кабель питания от бортовой сети автомобиля.   | <i>При появлении признаков снижения емкости аккумулятора (быстрый разряд после полного заряда) необходимо его заменить согласно разделу 7.2.</i>   |
| 4     | Отключить Устройство зарядное от Блока измерительного.   |  |

## 7.2 Порядок обслуживания аккумулятора

7.2.1 В Блоке измерительном УПТН использован герметичный свинцово-кислотный аккумулятор NP7-6 фирмы YUASA или его аналог. Аккумулятор не обладает эффектом памяти, который присущ щелочным аккумуляторам, и не требует специальных режимов для его обслуживания.

7.2.2 Замена аккумулятора в течение гарантийного срока осуществляется предприятием-изготовителем или сервисной службой.

7.2.3 При перерывах в использовании УПТН, а также при хранении необходимо проводить заряд аккумулятора. Заряд должен проводиться не реже одного раза в 6 месяцев в соответствии с разделом 7.1.

7.2.4 Для замены аккумулятора необходимо:

1) Выключить УПТН, для чего нажать кнопку

 (рисунок 6.2, поз. 22).

2) Убедиться в том, что к разъему "INTERFACE" БИ не подключено Устройство зарядное.

3) Снять сначала одну боковую крышку БИ, для чего с помощью шлицевой отвертки шириной 5 мм отщелкнуть четыре внутренние защелки, которые ее удерживают (рисунок 7.2), а затем вторую боковую крышку – аналогичным образом.

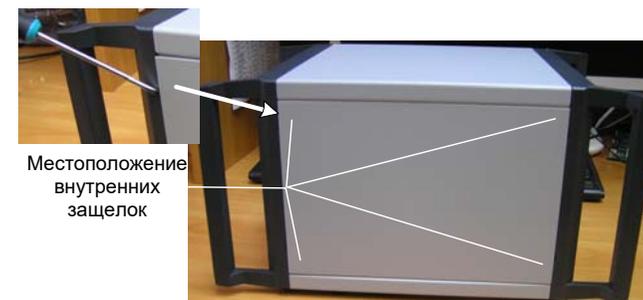


Рисунок 7.2

4) Снять нижнюю крышку БИ, для чего с помощью звездочной отвертки T20 выкрутить четыре винта, два с одной стороны и два с другой, которые фиксируют нижнюю крышку (рисунок 7.3), а затем с помощью шлицевой отвертки шириной 5 мм отщелкнуть четыре защелки нижней крышки, две с одной стороны и две с другой (рисунок 7.4).

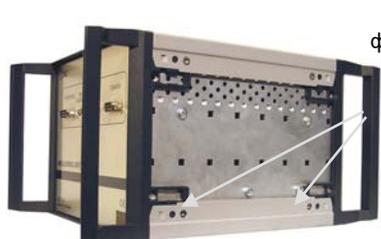


Рисунок 7.3

Винты, фиксирующие нижнюю крышку

Защелки нижней крышки



Рисунок 7.4

5) Отсоединить кабель от клемм аккумулятора (рисунок 7.5), затем с помощью крестообразной отвертки №1 выкрутить винты для крепления кронштейна аккумулятора и вынуть аккумулятор.

"+" клемма аккумулятора

"-" клемма аккумулятора

Винты для крепления кронштейна аккумулятора (4 шт., на рисунке видны только 2 шт.)

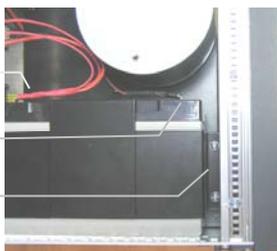


Рисунок 7.5

6) Установить новый аккумулятор и выполнить все предыдущие действия в обратном порядке. При подключении кабеля к аккумулятору необходимо строго соблюдать полярность: провод с красной термоусадкой подключается к "+", а с черной – к "-". **Внимание! Несоблюдение полярности может привести к выходу БИ из строя.**

### 7.3 Замена предохранителей

1) Выполнить 7.2.4, п.п.1-3.

2) Снять верхнюю крышку БИ. Процедура аналогична снятию нижней крышки, описанному в 7.2.4, п.4. Заменить предохранитель согласно маркировке (рисунок 7.5) и структурной схеме (рисунок 5.4).



Рисунок 7.5

3) Закрыть верхнюю крышку Блока измерительного, выполнив предыдущие действия в обратном порядке.

## 8 ТИПИЧНЫЕ ОШИБКИ И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

При обнаружении неисправности в работе УПТН на ПК выводится соответствующее сообщение.

Рекомендуемые действия оператора при некоторых неисправностях приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1

| Текст сообщения   | Вероятная причина ошибки                 | Рекомендуемые действия оператора   |
|---|--|--|
| "Внимание! Пробой в измерительной цепи! Проверьте подключение УПТН!"<br>"Проверьте схему измерительной цепи. Повторите измерение" | Измерительная схема собрана неправильно  | Проверить схему подключения  |
| "БИ не найден!"<br>"Ошибка связи с БИ"<br>"Измерение напряжения остановлено из-за ошибки связи"                                   | Отсутствует связь с блоком измерительным | 1. Проверить подключение кабеля ВОР и Блока сопряжения.<br>2. Убедиться, что в настройках USB-порта ПК установлен запрет на отключение питания УПТН для экономии энергии |

| Текст сообщения   | Вероятная причина ошибки  | Рекомендуемые действия оператора  |
|---|---|---|
| "Разряжен аккумулятор!"<br>"Зарядите аккумулятор блока измерительного!"                     | Аккумулятор разряжен  | Выполнить заряд аккумулятора  |
| "Превышена допустимая погрешность калибровки"   | Неправильно собрана схема. Используется измерительный конденсатор, не входящий в комплект                                     | 1. Проверить схему подключения.<br>2. Использовать конденсатор измерительный, входящий в комплект             |
| "Напряжение не подано"  | На измерительную схему не подано напряжение   | 1. Убедиться в правильности подключения оборудования.<br>2. Проверить, запитана ли измерительная цепь.        |
| "Аварийный ток! Возможно перегорание предохранителей!"<br>"Ток объекта больше допустимого!" | Превышено допустимое значение силы тока, протекающего через измерительный конденсатор. В измерительной цепи произошел пробой. | Убедиться в правильности подключения оборудования и установки рабочего напряжения.                            |
| Тестирующее устройство не подключено!   | Тестирующее устройство не подключено к БИ. На тестирующее устройство не подано питание.                                       | 1. Убедиться в правильности подключения оборудования.<br>2. Проверить наличие питания тестирующего устройства |

| Текст сообщения   | Вероятная причина ошибки   | Рекомендуемые действия оператора   |
|---|--|--|
| "Ошибка тестирования. Повторите измерения в ручном режиме." | При работе с тестирующим устройством в автоматическом режиме все или некоторые измерения выполнены с ошибкой | 1. Проверить схему подключения.<br>2. Повторить измерения в ручном режиме. |
| "Снимите рабочее напряжение!"                               | Выполняются коммутации в измерительной цепи при поданном рабочем напряжении                                  | Снять напряжение, выполнить коммутацию                                     |

## 9 ПРАВИЛА ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ

9.1 УПТН в упаковке изготовителя могут транспортироваться в крытых транспортных средствах любым видом транспорта, самолетом – в отапливаемых герметизированных отсеках.

9.2 Во время погрузочных и разгрузочных работ при транспортировке УПТН не должны подвергаться воздействию атмосферных осадков.

9.3 Условия хранения УПТН в упаковке предприятия-изготовителя должны соответствовать условиям хранения 1 по ГОСТ 15150-69.

9.4 В помещениях для хранения УПТН содержание пыли, паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию не должно превышать содержание коррозионно-активных агентов для атмосферы типа 1 по ГОСТ 15150-69.

**10 ПЕРИОДИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ УПТН**

10.1 К эксплуатации и обслуживанию УПТН должны допускаться лица, изучившие "Установки поверочные трансформаторов напряжения CA7400, CA7400M1. Руководство по эксплуатации. Часть 1. Техническая эксплуатация. АМАК.671240.002РЭ"; "Установки поверочные трансформаторов напряжения CA7400, CA7400M1. Руководство по эксплуатации. Часть 2. Методика поверки. АМАК.671240.002 РЭ1"; "Правила устройства электроустановок".

10.2 Вид контроля метрологических характеристик после ремонта и в процессе эксплуатации определяют, исходя из области применения УПТН. Межповерочный интервал – не более трех лет. Рекомендованный интервал между калибровками – 3 года.

10.3 Поверку или калибровку выполнять в соответствии с указаниями "Установки поверочные трансформаторов напряжения CA7400, CA7400M1.Руководства по эксплуатации. Часть 2. Методика поверки. АМАК.671240.002 РЭ1".

10.4 Необходимо строго соблюдать график периодических проверок или калибровок.