электронный журнал
МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51038.

УДК 621.3.019

Автоматизация параметрического контроля преобразователей напряжения специального назначения при их серийном изготовлении

Панфилов А.О., *студент*
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Компьютерные системы автоматизации производства»

Научный руководитель: Арбузов Е.В., к.т.н, доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
gss@bmstu.ru

Введение

Рассматриваемые преобразователи напряжения (ПН) используются для электропитания блоков автоматики космических летательных аппаратов. В связи с этим предъявляются особые требования к надежности работы ПН в различных условиях эксплуатации. Для этого необходимо перед установкой в блок автоматики проводить проверку большого количества параметров преобразователя при различных неблагоприятных воздействиях. В настоящее время отсутствуют автоматизированные комплексы параметрического контроля, позволяющие в полной мере и с высокой точностью проводить параметрический контроль ПН. Серийный выпуск ПН различных типов привел к необходимости создания АИК, позволяющего проводить их контроль с высокой степенью достоверности в процессе производства, затрачивая при этом минимум временных и людских ресурсов.

Выбор средств измерения и разработка методик автоматизированного контроля

Основным моментом разработки АИК ПН является разработка методик автоматизированного контроля, исходя из перечня технических требований к основным параметрам (ОП) ПН в следующих режимах работы [4]:

- «Настройка» («Н»);
- «Нормальные климатические условия» («НКУ»);
- «Пониженное атмосферное давление» («ПнАД»);
- «Пониженная температура» («ПнТ»);
- «Повышенная температура» («ПвТ»);
- «Непрерывная одноканальная работа в течение 30 мин» («НОР»);

- «Непрерывная 2-канальная работа в течение 30 минут» («НДР»);
- «Предельные испытания».

Измерения ОП в процессе проверки проводятся как прямым, так и косвенным методами. Погрешность при измерениях ОП ПН должна быть не хуже погрешности измерения соответствующих ОП ручной методикой. Также при разработке методик нежелательно округление результатов измерений и использование приближенных алгоритмов обработки результатов измерений. В процессе работы был произведен анализ средств измерения различных производителей и исходя из технических требований к ОП ПН и технических характеристик средств измерения и средств измерения специального назначения, предложен представленный в таблице ниже следующий набор измерительного оборудования:

Основные параметры ПН и соответствующие им средства измерения

Наименование параметра	Тип измерителя, канал
Установившиеся значения напряжений на пусковых конденсаторах, кроме режима «ПнАД»	Agilent 34970A с модулем Agilent 34901A в слоте 100, каналы: 105, 106, 107
Установившееся значение напряжения на выходе	Agilent 34970A с модулем Agilent 34901A в слоте 100, делитель 1000:1, каналы: 101, 102
Установившиеся минимаксные значения напряжений на пусковых конденсаторах в режимах «Н», «НКУ», «ПнТ», «ПвТ»	Agilent DSO6014A, пробник 100:1 Agilent 10076A канал 3
	Agilent 34970A с модулем Agilent 34901A в слоте 100, канал 105
Пауза потребляемого тока в установившемся режиме в режиме «Н»	Agilent DSO6014A, канал 4
Время зарядки накопительных конденсаторов (точно) в режимах «НКУ», «ПнТ» и «ПвТ»	Agilent DSO6014A, пробник 100:1 Agilent 10076A канал 2
	Agilent 34970A с модулем Agilent 34901A в слоте 100, делитель 1000:1, канал 101
Установившееся среднее значение токопотребления	Токовый шунт, RC интегратор, Agilent 34970A с модулем Agilent 34901A в слоте

Наименование параметра	Тип измерителя, канал
	100, каналы: 103, 104
Изменение установившегося среднего значение токопотребления в режиме НДР	Токовый шунт, RC интегратор, Agilent 34970A с модулем Agilent 34901A в слоте 100, каналы: 103, 104
Изменение установившегося значения напряжения на выходе в режиме НДР	Agilent 34970A с модулем Agilent 34901A в слоте 100, делитель 1000:1, каналы: 101, 102

Необходимо отметить, что состав ОП и технические требования к ним различаются в зависимости от типа ПН. В процессе работы был проведен расчёт погрешностей, коэффициентов точности и контрольных норм основных параметров ПН и параметров АИК при автоматизированном контроле, а так же были проведены аналогичные расчеты для параметров АИК при автоматизированном контроле в ходе работы РП и рассчитаны погрешности, коэффициенты точности и контрольные нормы параметров АИК при ежегодном контроле.

При расчете погрешностей, коэффициентов точности и контрольных норм основных параметров ПН и параметров АИК при автоматизированном контроле рабочие условия применения средств измерения, входящих в состав АИК ПН ОП приняты следующими:

температура – от 15 °С до 35 °С;

влажность – не более 80 % при 25 °С;

давление – от 84 кПа (630 мм рт. ст.) до 106,7 кПа (800 мм рт. ст).

Для разработки методики контроля времени зарядки накопительных конденсаторов необходимо иметь оценку крутизны зарядного напряжения $\frac{dV}{dt}$, которую получили, основываясь на допущении, что напряжение на накопительных конденсаторах изменяется по закону:

$$V = V_{\acute{O}}(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}), \qquad (1)$$

где $V_{\acute{O}}$ - установившееся значение напряжения, В;

V = 2800 В – уровень напряжения по которому измеряется время зарядки;

τ - постоянная времени зарядки накопительных конденсаторов, с.

Дифференцируя (1) по t и выполняя подстановку минимального значения $V_{\acute{O}} = 2900$ В получаем требуемую оценку минимального значения $\frac{dV}{dt}$:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{(2900 - 2800) \times \ln\left(\frac{2900}{2900 - 2800}\right)}{t} = \frac{337}{t} \text{ В/с} \qquad (2)$$

Измерения времени зарядки накопительных конденсаторов определяются погрешностью горизонтальной и вертикальной системой осциллографа:

$$\Delta t_{\Sigma}^{B} = \pm U_{B} \sqrt{\left(\frac{\Delta t_{t}^{\hat{A}}}{U_{Bt}}\right)^{2} + \left(\frac{\Delta t_{U}^{B}}{U_{BU}}\right)^{2}}, \qquad (3)$$

где $\Delta t_{t}^{\hat{A}}$ - верхнее, абсолютное значение погрешности, горизонтальной системы осциллографа;

$\Delta t_{U}^{B} = \frac{\Delta V}{\left(\frac{dV}{dt}\right)}$ - верхнее, абсолютное значение погрешности, связанной с погрешностью вертикальной системы осциллографа;

ΔV - погрешность измерения напряжения осциллографом;

$\left(\frac{dV}{dt}\right)$ - крутизна зарядного напряжения;

U_{B} = 1,96 – квантиль нормального распределения погрешности Δt_{Σ}^{B} и P= 0,95;

U_{Bt} = 1,834 – квантиль трапециевидного распределения погрешности Δt_{t}^{B} и P= 0,95;

$U_{\hat{A}U}$ = 1,96 - квантиль нормального закона распределения погрешности Δt_{U}^{B} и P= 0,95.

В процессе исследования, представленного в [1] были получена требуемая оценка погрешности горизонтальной и вертикальной системы осциллографа, а так же относительное значение погрешности АИК ПН ОП, которое составило 2.3%.

При расчете погрешностей, коэффициентов точности и контрольных норм параметров АИК при автоматизированном контроле в ходе работы РП были получены в [1] следующие результаты:

Для измерения сопротивления ограничительного $R_{огр}$:

погрешность измерения $R_{огр}$ составляет не более ±1,015 Ом;

коэффициент точности составляет 5,02;

контрольные нормы приняты равными техническим: (51±5,1) Ом.

Для измерения сопротивления цепи заземления $R_{заз}$:

погрешность измерения $R_{заз}$ составляет не более ±0,0078 Ом;

коэффициент точности оставляет 23;

контрольные нормы приняты равными техническим: не более 2,0 Ом.

Для измерения напряжения питания блока управления и связи U_{24} и напряжения питания ПН $U_{ПН}$:

погрешность измерения составляет не более ±0,0145 %;

коэффициент точности оставляет 33;

контрольные нормы приняты равными техническим.

Для измерения остаточного напряжения на накопительных конденсаторах $U_{ост}$:

относительное значение погрешности составило не более 0.67%;

абсолютное значение погрешности измерения напряжения составило 0.033 В;

коэффициент точности составляет 119;

контрольные нормы приняты равными техническим: не более 5 В.

Аналогично были рассчитаны погрешности, коэффициенты точности и контрольные нормы параметров АИК при ежегодном контроле.

В работе [1] показано, что разработанные автоматизированные методики контроля удовлетворяют предъявленным требованиям и являются рекомендуемыми в качестве допустимых методик при проверке основных параметров различных типов ПН.

Аппаратурно-измерительный комплекс: структура и управление

На рисунке 1 представлена типовая схема АИК, предназначенного для проведения параметрического контроля исследуемого объекта. АИК может применяться как в режиме ручного управления, так и в режиме программного управления.

В режиме ручного управления все операции контроля выполняются оператором вручную, что, с одной стороны, существенно увеличивает продолжительность и стоимость контроля, но с другой – позволяет реализовать нестандартные методики контроля параметров ПН.

В режиме программного управления АИК обеспечивает автоматизацию выполнения следующих операций:

– ввод исходных данных, необходимых для формирования структуры контрольного цикла и протокола проверки параметров ПН;

– конфигурирование измерительных приборов, входящих в состав измерительного оборудования;

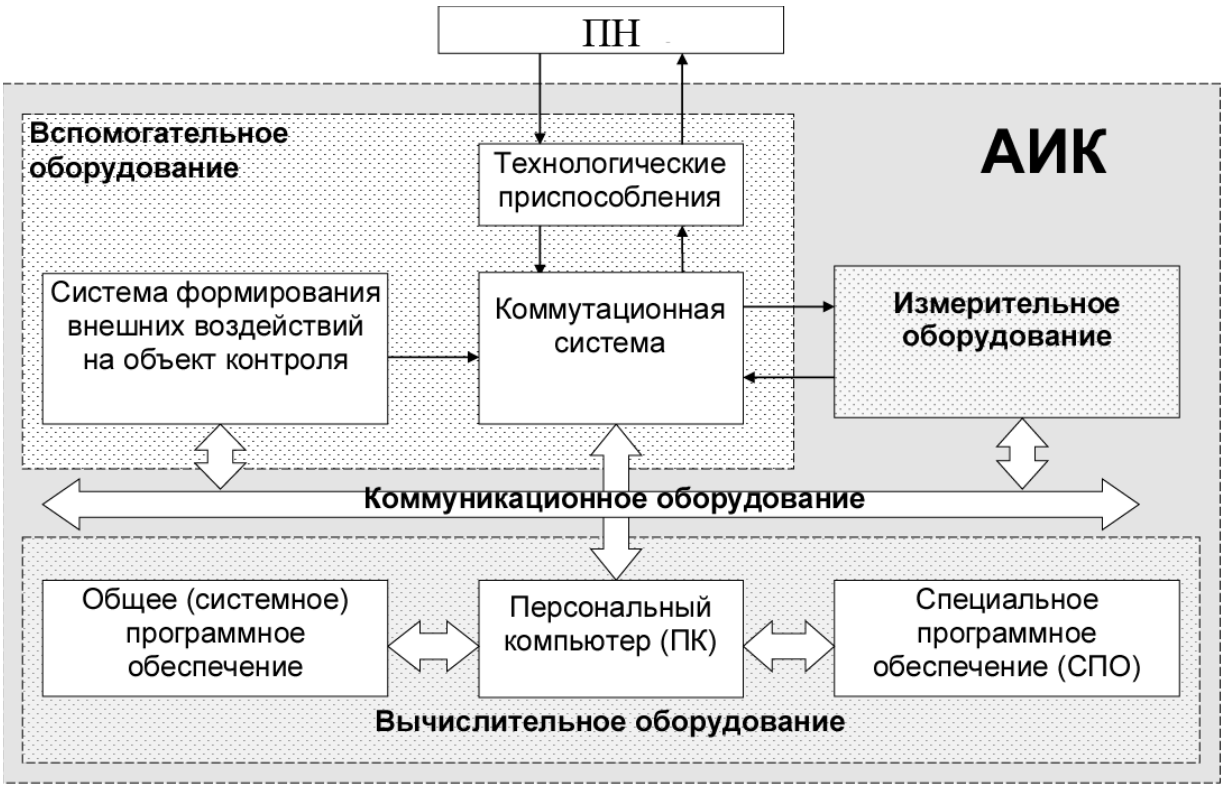

Рис. 1. Типовая схема АИК

– формирование испытательных воздействий (например, высокого напряжения) заданной величины;

– обнаружение отказов ПН;

– формирование протокола проверки параметров ПН;

– сохранение протокола проверки параметров ПН в виде файла формата MS Excel (*.xls) или MS Internet Explorer (*.htm);

– печать протокола проверки параметров ПН на локальном или сетевом принтере;

– контроль за возникновением критических ошибок измерительных приборов и открытых сеансов VISA;

– индикация сообщений о необходимости выполнения ручных операций, о возникновении ошибок и неисправностей оборудования, а также о рекомендуемых действиях оператора по их устранению.

Автоматизированное управление АИК ПН осуществляется с помощью ПК с установленным системным программным обеспечением и специальным программным обеспечением – рабочей программой (РП). Связь ПК с АИК на командном уровне происходит через интерфейсный адаптер USB/GPIB. Разработка РП проводится в соответствии со спецификацией [2] и с учетом требований инструкции [3]. РП имеет модульную логическую структуру и состоит из программных блоков (процедур),

представленных на рисунке 2, где стрелки показывают возможные направления передачи управления между программными блоками.

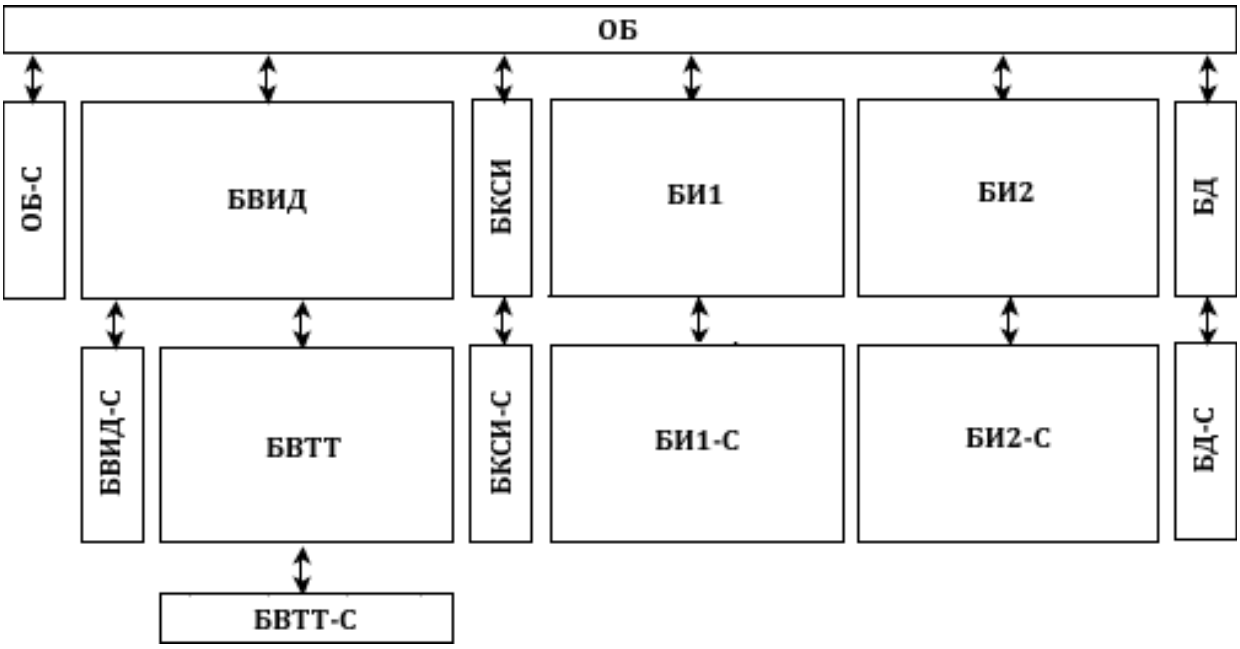

Рис. 2. Логическая схема РП

ОБ - основной блок; БВИД - блок ввода исходных данных; БВТТ - блок ввода технических требований; БКСИ - блок конфигурирования схемы измерений; БИ1 - 1-й блок измерений; БИ2 - 2-й блок измерений; БД - блок документирования; ОБ-С - блок вывода справочной информации по ОБ; БВИД-С - блок вывода справочной информации по БВИД; БКСИ-С - блок вывода справочной информации по БКСИ; БВТТ-С - блок вывода справочной информации по БВТТ; БИ1-С - блок вывода справочной информации по БИ1; БИ2-С - блок вывода справочной информации по БИ2; БД-С - блок вывода справочной информации по БД

Использование автоматизированного управления АИК ПН позволит значительно минимизировать количество ручных операций, снизит субъективные ошибки оператора при проведении контроля и интерпретировании результатов, значительно повысит точность и оперативность контроля, а также расширит номенклатуру контролируемых ПН.

Список литературы

1. Отчет №Т42-13/03-2012 «Разработка методик автоматизированного контроля параметров преобразователей напряжения с помощью АИК ПН ОП». – ВНИИА, 2012

2. Спецификация №Т42-13/04-2012 рабочей программы для автоматизированного контроля основных параметров преобразователей напряжения. – ВНИИА, 2012
3. Инструкция И Т42-13/02-2008 «Порядок разработки и аттестации специального программного обеспечения АИК для автоматизированного контроля параметров составных частей блоков автоматики и их элементов, специальных электровакуумных приборов, специальных полупроводниковых приборов и микросхем».-ВНИИА, 2008.
4. Блок питания. Инструкция по проверке и настройке ТБА416.16.000И16.