

восьмой гармониками и спадающим спектром по закону  $1/N$ . По этой причине, ежегодные исследования эталона проводились на спадающем спектре калибратора, как наиболее универсальном при оценке метрологических характеристик данных эталонных установок.

С появлением в эксплуатации нового поколения калибраторов – измерителей нелинейных искажений, работа которых основана на цифровых методах измерений и синтеза сигналов с разными структурами спектра, возникла необходимость контроля спектра компарируемых сигналов и соответственно исследований относительной неопределенности (НСП) воспроизведения коэффициента гармоник Национальным эталоном при работе на сигнале Первой гармоники с разными структурами спектра.

С этой целью были проведены дополнительные исследования эталона с целью оценки погрешности воспроизведения  $K_T$  при формировании калибратором эталона сигналов со спектрами, содержащими первую и вторую гармоники.

Оценивание неопределенности воспроизведения единицы коэффициента гармоник Национальным эталоном для всех формируемых спектров обусловлено источниками, специфическими для данного эталона и проводится по формуле:

$$A_0 = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3, \quad (3)$$

где  $A_0$  – оценка относительной НСП воспроизведения коэффициента гармоник, %;  $\delta_1$  – погрешность из-за неполной компенсации первой гармоники в сигнале высших гармоник, %;  $\delta_2$  – погрешность из-за неточности уравнивания СКЗ напряжения первой и напряжения высших гармоник в реперной точке  $K_T = 100$  %, %;  $\delta_3$  – погрешность встроенного делителя напряжения, %.

УДК 004.05

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Душина Т.В., Коншина Д.С., Спесивцева Ю.Б.

*Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Республика Беларусь*

Самооценка является процедурой диагностики деятельности организации, одним из критериев которой может рассматриваться оценка уровня качества выпускаемой продукции, в ряде случаев являющаяся обязательной. Так новая версия стандарта IATF 16949:2016 устанавливает требование оценки качества встраиваемого программного обеспечения (ПО). Рассмотрим методику такой оценки на примере светотехнических изделий, выпускаемых на ОАО «Руденск».

В связи с появлением новой версии стандарта IATF 16949:2016 появилась необходимость в со-

Оценки относительной НСП воспроизведения на спадающем спектре и спектре, содержащем первую и вторую гармоники проводились с помощью мультиметра 3458А и имеют прослеживаемость к Национальному эталону единицы напряжения переменного тока в диапазоне частот от 10 Гц до 2 ГГц и Национальному эталону единицы напряжения – вольты.

Результаты исследований эталона коэффициента гармоник показали, что относительная НСП на указанных выше структурах спектра не превышает (0,03 – 0,25) % в зависимости от частоты первой гармоники при неопределенности измерений не более 0,5 % при уровне доверия 0,95 и коэффициенте охвата 2, СКО воспроизведения не превышает 0,03 %.

Метрологические характеристики Национального эталона единицы коэффициента гармоник соответствуют требованиям, предъявляемым к характеристикам первичного эталона в соответствии с ГОСТ 8.110-97 [6]. В Республике Беларусь обеспечивается метрологическая прослеживаемость измерений коэффициента гармоник до Международной системы единиц SI.

### Литература

1. Измерения в электронике. Справочник / В.А. Кузнецов [и др.]; под общ. ред. В.А. Кузнецова. – М.: Энергоиздат, 1987. – 512 с.
2. А.М. Федоров, А.И. Синяков. Влияние формы электрических сигналов на погрешность измерения напряжения // Квалификация и качество – 2003, № 4.
3. Крутиков, В.Н. // Контрольно-измерительные приборы и системы – 2005, № 6.
4. Калибратор – измеритель нелинейных искажений СК6-20. Руководство по эксплуатации.
5. Исходный эталон единицы коэффициента гармоник. Руководство по эксплуатации РПИС. 411734. 005-01 РЭ.
6. ГОСТ 8.110-97 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений коэффициента гармоник.

вершенствовании системы менеджмента качества в части выполнения требований стандарта к оценке качества встраиваемого программного обеспечения (ПО) светотехнических изделий.

Оценив риски разработки встраиваемого программного обеспечения и проанализировав существующие методики для оценки его качества был выбран метод интегральной оценки качества программных средств (ГОСТ 28195), основанный на иерархической модели качества.

Оценка качества ПО проводится экспертной группой на этапе его применения (таблица 1) и

включает выбор номенклатуры показателей, их оценку и сопоставление полученных значений показателей с базовыми значениями.

В состав экспертной группы входят руководитель и два эксперта.

Руководитель экспертной группы:

- получает план оценки качества ПО;
- перед началом проведения процедуры независимой оценки качества ПО доводит до сведения руководителя отдела АСУ организации порядок работы экспертной группы;

- организует и координирует работу экспертов при проведении процедуры независимой оценки качества ПО;

- выполняет работу эксперта в соответствии с планом;

по окончании проведения процедуры независимой оценки качества ПО готовит заключение, составленное на основании обработки, анализа и интерпретации полученных результатов.

Таблица 1

Фаза	Результат
Внедрение	Подтверждение стабильной эксплуатации. Предоставление набора услуг по внедрению
Эксплуатация	Предложения по улучшению. Сообщения о функциональных отклонениях
Обслуживание (сопровождение)	Информация о сопровождении программы. Изменения в программном обеспечении
Фаза	Результат

Программное обеспечение в соответствии с ГОСТ 28195 относится к 505 – прикладные программы для управления техническими устройствами и технологическими процессами. Для показателей качества на всех уровнях (факторы, критерии, метрики, оценочные элементы) принимается единая шкала оценки от 0 до 1.

Показатели качества на каждом вышестоящем уровне (кроме уровня оценочных элементов) определяются показателями качества нижестоящего уровня:

- результат оценки каждого фактора определяется результатами оценки соответствующих ему критериев;

- результат оценки критерия определяется результатом оценки соответствующих ему метрик;

- результат оценки метрик определяется результатом оценки определяющих ее оценочных элементов.

На каждом уровне (кроме уровня оценочных элементов) проводятся вычисления показателей качества ПО, т.е. определение количественных

значений абсолютных показателей  $P_{ij}$ , ( $j$  - порядковый номер показателя данного уровня для  $i$ -го показателя вышестоящего уровня) и относительных показателей  $K_{ij}$ , являющихся функцией показателя  $P_{ij}$ , и базового значения  $P_{ij}^{баз}$ .

Каждый показатель качества 2-го и 3-го уровней (критерий и метрика) характеризуется двумя числовыми параметрами – количественным значением и весовыми коэффициентами  $V_{ij}$ .

Сумма весовых коэффициентов показателей уровня  $l$ , относящихся к  $i$ -му показателю вышестоящего уровня  $l-1$ , есть величина постоянная. Сумма весовых коэффициентов  $V_{ij}$  принимается равной 1:

$$\sum_{j=1}^n V_{ij} = const = 1, \quad (1)$$

где  $j = l \div n$ ,  $n$  – число показателей уровня  $l$  относящихся к  $i$ -ому показателю вышестоящего уровня  $l-1$ .

Общая оценка качества ПО в целом формируется экспертами по набору полученных значений оценок факторов качества.

Для оценки качества ПО различного назначения методом экспертного опроса составляется таблица значений базовых показателей качества ПО. Определение усредненной оценки  $m_{kq}$  оценочного элемента по нескольким его значениям  $m$ , проводится по формуле

$$m_{kq} = \frac{\sum_{p=1}^t m_p}{t}, \quad (2)$$

где  $t$  – число значений оценочного элемента;  $k$  – порядковый номер метрики;  $q$  – порядковый номер оценочного элемента.

Итоговая оценка  $k$ -той метрики  $j$ -го критерия:

$$K_{ij} = \frac{P_{ij}}{P_{ij}^{баз}} \quad (3)$$

Фактор качества  $K_i^\Phi$  определяется по формуле

$$K_i^\Phi = \sum_{j=1}^N (K_{ij} \cdot V_{jk}^k), \quad (4)$$

где  $N$  – число критериев фактора, относящееся к  $i$ -му фактору

Качество ПО определяется путем сравнения полученных расчетных значений показателей с соответствующими базовыми значениями показателей существующего аналога или расчетного ПО, принимаемого за эталонный образец. За базовые значения оценки принимали расчетные такого же функционального назначения, с такими же основными параметрами и применяемые в таких же условиях эксплуатации ПО, используемого в ОАО «КАМАЗ».

Критерии оценки качества, их метрики и оценочные элементы с оценками представляются в

виде таблиц, занесенных в экспертную карту (фрагмент приведен в таблице 2).

Оценка комплексных характеристик проводится группой экспертов коллегиально. Исходными данными для оценки являются результаты оценки единичных характеристик качества и соответствия требованиям. Оценка (число в интервале  $[0,1 \div 1]$ ) проставляется в правой колонке соответствующей строки формы, частично заполненной на предыдущем этапе.

В случае если при обсуждении эксперты смогут установить весовые коэффициенты, комплексные показатели получают расчетным методом весовой свертки. В противном случае, оценку (число в интервале  $[0,1 \div 1]$ ) выставляют в результате обсуждения. Расчет интегрального показателя качества выполняется по формуле весовой свертки после уточнения группой экспертов весовых коэффициентов (значимости) комплексных характеристик качества.

Таблица 2

Метрика	Оценочный элемент	Оценка
Средства восстановления при ошибках на входе (0,4)	Полнота обработки ошибочных ситуаций	0,8
	Наличие тестов для проверки допустимых значений входных данных	0,6
	Наличие средств контроля корректности входных данных	0,9
	Наличие обработки граничных результатов	0,9

Правила оценки соответствия нормативно-техническим документам по комплексным и интегральному показателям: если хотя бы одна единичная характеристика данного комплексного показателя имеет оценку «Не соответствует», такую же оценку получает комплексный показатель; если хотя бы один комплексный показатель имеет

оценку «Не соответствует», такую же оценку получает интегральный показатель. Полученные оценки заносят в итоговую таблицу результатов оценки. По результатам выполнения данного и последующих этапов испытаний оформляется протокол с подписями всех участвовавших экспертов.

Все сотрудники должны осуществлять свою деятельность в соответствии с должностными инструкциями. Специалисты руководствуются в своей работе методикой оценки программного обеспечения, руководством по качеству, должностными инструкциями и требованиями, предъявляемыми к специалистам.

В результате проведенного анализа были получены следующие оценки факторов качества встроенного программного обеспечения:

- надежность  $K_n^\phi = 0,79$ ;
- сопровождаемость  $K_c^\phi = 0,81$ ;
- удобство применения  $K_y^\phi = 0,55$ ;
- эффективность  $K_\varepsilon^\phi = 0,9$ ;
- универсальность  $K_{yn}^\phi = 0,75$ ;
- корректность  $K_k^\phi = 0,84$ .

Все показатели принимают значения в пределах требуемой нормы в соответствии с ГОСТ 28195-89. Итоговая оценка качества ПО -0,77, что является хорошим результатом.

#### Литература

1. ГОСТ 28806–90 Качество программных средств. Термины и определения.
2. ГОСТ 28195–99 Оценка качества программных средств. Общие положения.
3. IATF 16949:2016 Фундаментальные требования к системе менеджмента качества для производств автомобильной промышленности и организаций, производящих соответствующие сервисные части.

УДК 621.179.14; 621.317.44

### МЕРА ДЛЯ КАЛИБРОВКИ ФЕРРОЗОНДОВЫХ ГРАДИЕНТОМЕТРОВ С НЕСООСНЫМ (ПОПЕРЕЧНЫМ) РАСПОЛОЖЕНИЕМ ПОЛУЗОНДОВ

Кулагин В.Н., Осипов А.А., Пиунов В.Д.

Государственное научное учреждение «Институт прикладной физики НАН Беларуси»  
Минск, Республика Беларусь

Для обеспечения единства и требуемой точности измерений необходимо, чтобы измерительные преобразователи имели метрологическое обеспечение. Это важно и для преобразователей с намагничивающей системой, использующих в качестве измерительного элемента феррозондовый градиентометр. Для дифференциальных феррозондовых градиентометров с соосным расположением сердечников полузондов разработаны теоретические основы [1] и меры градиента магнитного поля, содержащие в простейшем случае систему

из двух встречно включенных круглых катушек с током (градиентная пара Максвелла). В их центре вдоль оси (рис. 1) в области требуемой максимальной однородности градиента при калибровке и поверке устанавливается феррозондовый преобразователь. Кольца лежат соосно в параллельных плоскостях ( $X$  и  $Y$ ) на расстоянии  $\Delta Z_{11'} = 3^{1/2} R$ , где  $R$  – радиус колец.

Значение градиента напряжённости магнитного поля  $G$  в рабочем объёме меры пропорционально значению тока  $I$  в обмотке меры:  $G = K \cdot I$ .