

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВОГО ПОДХОДА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

М. С. РОЙТМАН, Э. И. ЦИМБАЛИСТ, Е. Н. РУЗАЕВ

(Представлена научным семинаром кафедры радиотехники)

Дан краткий анализ нормативно-технической документации Государственной системы единства измерений. Показаны недостатки системы документов при приборном подходе ее построения. Предлагается использование параметрового подхода как при создании новых нормативных документов, так и при проектировании образцовых средств измерений. Показаны преимущества такого подхода.

Иллюстраций 2, библиографий 2.

В настоящее время нормативно-техническая документация Государственной системы измерений (НТД ГСИ) в виде ГОСТов (инструкций) и методических указаний (МУ) предполагает нормирование основных технических параметров рабочих средств измерения (РСИ), а также методов и средств их поверки [1]. Кроме этого, в целях обеспечения единства средств и методов измерений в странах, членах СЭВ, Постоянная комиссия по стандартизации издала ряд рекомендаций по стандартизации (РС) в области метрологии и, в частности, РС по электрическим измерениям [2].

Анализ НТД ГСИ показывает, что они составлены, исходя из существующих потребностей к методам и средствам измерения существующих РСИ. Наиболее наглядно передача эталонных значений каждого параметра представлена в РС, которые содержат поверочные схемы с разбиением по точностям. Однако привязка НТД ГСИ к существующим приборам имеет целый ряд негативных сторон. Появление новых РСИ, имеющих лучшие метрологические характеристики по сравнению с существующими, как правило, неизбежно приводит к дополнениям или переработке действующего ГОСТа, инструкции или МУ. В результате этого до 40% существующих РСИ в настоящее время не обеспечены поверкой, что приводит к большим трудностям как при производстве, так и при эксплуатации этих приборов. Это является следствием «приборного» подхода при разработке нормативно-технической документации, когда нормируются методы и средства поверки данного вида приборов (например, генераторов, вольтметров, счетчиков электрической энергии и т. д.).

С другой стороны, анализируя входной поток РСИ, можно отметить, что, несмотря на их большую номенклатуру, имеет место несоизмеримо меньшее число контролируемых параметров. Например, в области электрических измерений основными поверяемыми параметрами РСИ являются: напряжение U , ток I , электрическое сопротивление R , электрическая емкость C , индуктивность L , частота f , фаза φ , коэффициент передачи K , коэффициент нелинейных искажений K_f ,

Обратим внимание на то, что комбинации из контролируемых параметров позволяют представить любое РСИ, подлежащее поверке. Например, f^{in} означает частотомер, f^{out} — источник сигнала образцовой частоты, $(U_{\sim}, f)^{in}$ — селективные вольтметры, $(U_{\sim}, f, K_f)^{out}$ — генератор синусоидальных напряжений и т. д.*

Таким образом, весь парк РСИ может быть условно представлен не в виде суммы отдельных типов приборов и устройств, а в виде перечня основных электрических параметров и их сочетаний. Используя такой параметровый подход, можно составить таблицу соответствий: электрический параметр — типы приборов РСИ**.

Отмечая общность основных контролируемых параметров РСИ, было бы целесообразным дополнить НТД ГСИ в виде ГОСТов на методы и средства контроля электрического параметра в установленных значениях пределов и при нормированных погрешностях.

На наш взгляд, эти ГОСТы должны быть основополагающими при разработке НТД ГСИ на методы и средства поверки отдельных типов РСИ.

Такая документация предполагала бы стандартизацию методов и средств измерения электрического параметра для любых РСИ, для которых данный характер является контролируемым.

Разработка такой документации позволила бы:

- 1) уменьшить количество ГОСТов и МУ;
- 2) унифицировать методы и, главное, средства поверки для любых РСИ, в том числе для вновь проектируемых. Унификация, несомненно, потребовала бы единого разработчика документации по данному параметру и привела бы к единому подходу при ее разработке;
- 3) обеспечить единой документацией все виды аппаратуры и приборов, в том числе и сервисной;
- 4) уменьшить число поправок и дополнений к НТД, связанных с появлением модифицированных или новых РСИ;
- 5) увеличить сроки действия НТД, так как методы и средства поверки более долговременны, чем РСИ;
- 6) обеспечить единый подход к разработке модулей поверочной аппаратуры для данного параметра(ов), его(их) пределов и точности.

Элементы такого подхода имеют место в нормативно-технической документации, например, в некоторых РС и ГОСТах. Так в «Общесоюзной поверочной схеме для средств измерения напряжения переменного тока на высоких частотах» (ГОСТ 8.075-73) среди РСИ находим осциллографы, электронные вольтметры различных типов, измерительные генераторы, т. е. как раз те приборы, для которых напряжение является контролируемым параметром. Аналогичное можно увидеть и в поверочной схеме для средств измерения электрической емкости и в некоторых других. К сожалению, в другой НТД имеем «Поверочная схема для амперметров», а не «Поверочная схема для средств измерения и источников постоянного и переменного тока» и т. д., список подобных примеров можно продолжить.

Реализуя параметровый подход при проектировании метрологических лабораторий, необходимо заменить существующие образцовые средства измерений (ОСИ) модулями, каждый из которых реализует один поверяемый параметр РСИ. Модульная конструкция лаборатории позволит:

* Здесь приняты обозначения: in — РСИ измеряет данный параметр; out — РСИ является «источником» указанного параметра.

** Попутно отметим, что может быть сформулировано такое сочетание контролируемых параметров, которым в настоящее время нет соответствия среди РСИ и для которых НТД на средства и методы поверки может быть разработана лишь после их появления в поверочной практике.

- 1) резко сократить парк ОСИ;
- 2) создать унифицированные модули, пригодные для использования в различных лабораториях, в которых поверяется данный параметр.

Рассмотрим, какой достигается эффект от внедрения модульного построения лабораторий на примере лаборатории радиотехнических измерений.

Входной поток в эту лабораторию составляют следующие РСИ:

- 1) измерительные генераторы:
 - а) низкочастотные;
 - б) среднего диапазона частот;
 - в) высокочастотные;
 - г) кварцеванных частот;
- 2) электронные вольтметры:
 - а) постоянного тока;
 - б) переменного тока;
 - в) универсальные;
 - г) селективные;
 - д) фазочувствительные;

- 3) измерительные усилители;
- 4) электронные фазометры.

Таким образом, парк РСИ насчитывает одиннадцать типов, без учета внутритиповых модификаций. С другой стороны, у всех этих приборов поверяются лишь десять параметров:

$$U_{\equiv}^{in}, U_{\sim}^{in}, U_{\sim}^{out}, I_{\equiv}^{in}, I_{\sim}^{in}, R^{in}, f^{out}, f^{in}, K_f^{out}, \varphi^{in}.$$

Лаборатория радиотехнических измерений, построенная на основании современной существующей НТД ГСИ, и при выборе наиболее современной образцовой аппаратуры будет насчитывать 25 единиц образцового оборудования и массу вспомогательного (рис. 1).

При использовании параметрового принципа построения лаборатории парк ОСИ будет насчитывать всего девять модулей:

$$f^{in}, U_{\equiv}^{out}, U_{\sim}^{out}, U_{in^2}, I_{\equiv}^{out}, I_{\sim}^{out}, R^{out}, K_f^{in}, \varphi^{out}. \quad (\text{рис. 2})$$

Кроме этого, для проведения поверок с использованием этих модулей совершенно не требуется вспомогательного оборудования.

Кроме стационарных метрологических лабораторий, для проведения поверок на местах нахождения РСИ необходимы подвижные поверочные комплексы.

Подвижный комплекс должен обеспечивать поверку почти всех типов РСИ, что и соответствующий стационарный, но эти РСИ должны обладать меньшими точностями и более узкими диапазонами поверяемого параметра. Если модули по поверке параметров, используемые в стационарной лаборатории, будут иметь ячеистую структуру, т. е. каждый модуль будет состоять из нескольких блоков, то при соответствующей унификации этих блоков их можно использовать и при создании модулей для подвижных комплексов.

Например, модуль $I_{\equiv}^{out}$ стационарной лаборатории состоит из четырех ячеек:

$$\text{№ 1 } I_{\equiv}^{out} \quad D_I = 10^{-15} \div 10^{-6} \text{ а};$$

$$\text{№ 2 } I_{\equiv}^{out} \quad D_I = 10^{-6} \div 5 \text{ а};$$

$$\text{№ 3 } I_{\equiv}^{out} \quad D_I = 5 \div 100 \text{ а};$$

$$\text{№ 4 } I_{\equiv}^{out} \quad D_I = 100 \div 10000 \text{ а}.$$

№ п/п	Рабочие средства измерений	Пара-метры	Образцовые средства измерений																									
			43-22	Б7-16	Б3-24	С6-1А	Б6-1	Б6-2	Г3-102	Ф2-13	Б1-4	Б3-53	АСО-3М	Д1-11	Г3-39	Б8-5	Р-4001	Г3-41	Р-4085	М-7201	М-1150	Д-566	Д-570	34-4	34-4	Ф _{вн}	Ф _{вх}	
1	Низкочастотные измерительные генераторы	f _{out}																										
2	Измерительные генераторы средних частот	ω _{out}																										
		κ _{out}																										
		f _{out}																										
3	Высокочастотные измерительные генераторы	ω _{out}																										
		κ _{out}																										
		f _{out}																										
4	Вольтметр фазочувствительный В5-1	(U _ω , φ) ⁱⁿ																										
5	Вольтметр фазочувствительный В5-2	(U _ω , φ) ⁱⁿ																										
6	Вольтметры селективные	U _ω ⁱⁿ																										
		U _ω ⁱⁿ																										
		U _ω ⁱⁿ																										
		f ⁱⁿ																										
7	Вольтметры электронные U _ω	U _ω ⁱⁿ																										
8	Вольтметры электронные U _ω	U _ω ⁱⁿ																										
9	Вольтметры электронные универсальные	U _ω ⁱⁿ																										
		U _ω ⁱⁿ																										
		I _ω ⁱⁿ																										
		I _ω ⁱⁿ																										
10	Измерительные усилители *	R ⁱⁿ																										
11	Измерительные усилители *	κ _{out}																										
		κ _{out}																										
12	Электронные фазометры	κ _{out}																										

 - один вариант поверочной схемы
 - несколько вариантов поверочных схем

Структура лабораторий радиотехнических измерений при приборном подходе

Для модуля $I_{\sim}^{out}$ подвижной лаборатории рационально использовать блоки № 2 и № 3, так как проверяемый параметр $I_{\sim}^{in}$ для этой лаборатории имеет более узкий диапазон

$$DJ = 10^{-6} \div 100 \text{ а.}$$

Таким образом, имея набор унифицированных ячеек, можно комплектовать соответствующие модули как для стационарных, так и для подвижных лабораторий, т. е. отпадает необходимость в дополнительном

№№ п/п	параметры ДСУ	Модуль ОСУ								
		f^{in}	$U_{\sim}^{out}$	$U_{\sim}^{out}$	$U_{\sim}^{in}$	$I_{\sim}^{out}$	$I_{\sim}^{out}$	R^{out}	κ_f^{in}	φ^{out}
1	$U_{\sim}^{in}$									
2	$U_{\sim}^{in}$									
3	$I_{\sim}^{in}$									
4	$I_{\sim}^{in}$									
5	R^{in}									
6	f^{out}									
7	f^{in}									
8	κ_f^{out}									
9	$U_{\sim}^{out}$									
10	φ^{in}									

Рис. 2. Структура лаборатории радиотехнических измерений при параметровом подходе

проектировании и производстве ОСИ для подвижных комплексов. Тем самым парк ОСИ, имеющих одинаковое функциональное назначение, резко сократится и будет комплектоваться из унифицированных ячеек.

Резюмируя все вышеуказанное, можно сказать, что параметровый подход при проектировании метрологических комплексов обладает большими преимуществами и в перспективе станет основным при решении задач метрологического обслуживания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Серия ГОСТов. «Государственная система обеспечения единства измерений».
2. Серия «Рекомендаций по стандартизации» для стран членов СЭВ.