

**Ю.С.НЕМЧЕНКО**, гл. метролог, НТУ «ХПИ»;

**С.Б.СОМХИЕВ**, вед. инж., НТУ «ХПИ»;

**Т.Н.ОСТРОВЕРХ**, вед. инж., НТУ «ХПИ»

## **БЛОК АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭТАЛОНА РЭМП И ЭТАЛОНА-ТН**

Описано створений та введений в експлуатацію блок автоматичного керування Еталоном РЕМП і Еталоном-СН, що шляхом попередньої установки величини зарядної напруги Еталонів автоматично змушує спрацьовувати систему запуску Еталонів практично без розкиду і тим самим підвищує вірогідність метрологічної атестації засобів вимірювання.

A block of the automated management by Standards, which by way of the presetting of the value of charging voltage of Standards automatically to compel running the system of the starting of Standards out scatter and hereunder raises validity of metrological qualification of the facilities of the measurement, is described

В период с 2002 года по 2009 год в НИПКИ «Молния» был создан парк Эталонов – Эталон РЭМП и Эталон-ТН, предназначенные для метрологической аттестации (МА) средств измерения (СИ) мощных импульсных электрических и магнитных полей (Эталон РЭМП) [1], высоких импульсных напряжений и больших импульсных токов (Эталон-ТН) [2, 3]. Эта работа была первым этапом на пути практического внедрения Эталонов в повседневную практику НИПКИ «Молния», когда основное внимание уделялось созданию инструмента для проведения МА, нюансы отработки самой процедуры МА откладывались на конец работы (2010 год).

Сейчас это время настало, т.к. все виды Эталонов уже прошли длительный этап ввода в эксплуатацию, выявления всех скрытых дефектов и недоработок, создания образцового измерительного комплекса и МА опытных образцов новых СИ [4].

Нынешний этап доработки Эталонов посвящен вопросам повышения стабильности и предсказуемости выходных параметров Эталонов ( $E_3$ ,  $H_3$ ,  $U_3$ ,  $I_3$ ), а также автоматизации процесса обработки экспериментальных данных МА. Первый вид работ – это создание устройства, которое позволяет управлять Эталонами в автоматическом режиме и одновременно генерировать выходные сигналы Эталонов с заданной дискретностью и высокой точностью. Это позволяет отказаться от дуальной процедуры МА. При этой процедуре ввиду отсутствия системы стабилизации выходных параметров Эталонов и, как следствие, появление разбросов этих параметров от импульса к импульсу приходится при МА одновременно измерять и обрабатывать два сигнала: сигнал с образцового СИ и сигнал с аттестуемого СИ. После чего эти оба сигнала сравниваются по каждому импульсу в отдельности, что не только усложняет процедуру МА, но и значительно увеличивает ее время. Если же в

Эталон вводит блок стабилизации выходных параметров, то отпадает необходимость в регистрации сигналов с образцовых СИ, так как их заменяет известная стационарная величина, устанавливаемая этим блоком.

При такой системе процедура обработки метрологической информации во времени значительно упрощается и сокращается, а результаты МА получаются более достоверными, т.к. из нее исключается источник ошибок при определении сигналов с образцовых СИ.

Исходя из этих предпосылок, был создан, опробован и введен в состав Эталонов блок автоматического управления (БАУ), который путем точной установки и контроля величины зарядного напряжения импульсного источника питания (ИИП) Эталонов автоматически заставляет срабатывать Эталон при заданном зарядном напряжении практически без разброса.

На рис. 1 приведена упрощенная структурная схема Эталонов, состоящая из ИИП, разряжаемого через высоковольтный коммутатор (ВК) на полеобразующую систему в виде согласованной на конце полосковой линии (ПЛ).

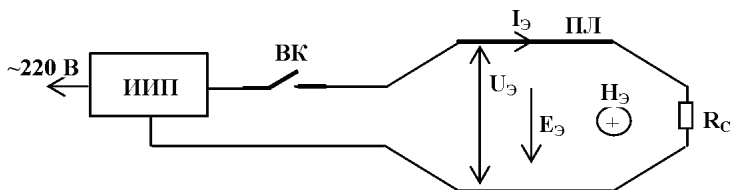


Рисунок 1 – Структурная схема Эталонов

В ПЛ генерируются высокие импульсные напряжения  $U_3$  с амплитудой до 50 кВ и большие импульсные токи  $I_3$  амплитудой до 1 кА, которые в свою очередь создают в ПЛ плоскую бегущую электромагнитную волну с напряженностью импульсного электрического поля  $E_3$  с амплитудой до 200 кВ/м и напряженностью импульсного магнитного поля  $H_3$  с амплитудой до 530 А/м. Математическая и фактическая связь между этими величинами однозначна и устанавливается простыми математическими соотношениями. Для измерения амплитудно-временных параметров (АВП) всех видов импульсов в состав Эталонов входят образцовый измерительный комплекс из пяти единиц.

ИИП (рис. 2) состоит из высоковольтного конденсатора  $C_T$ , заряжаемого от повысительно-выпрямительного устройства (ПВУ) до напряжения 50 кВ. Контроль за этим напряжением осуществляется штатной схемой измерения постоянного напряжения на конденсаторе  $C_T$  при помощи высоковольтного омического делителя напряжения ОДН-4 (коэффициент деления 1000), низковольтное плечо которого подключено к цифровому вольтметру (ЦВ) типа ВЗ-22.

Описанные в предыдущих работах [5] результаты предварительных ис-

следований Эталонов показали однозначную зависимость между выходным напряжением ИИП (зарядное напряжение на  $C_T$ ) и выходными параметрами Эталонов. Поэтому, если стабилизировать процесс разряда ИИП на ПЛ, то есть производить при одном и том же зарядном напряжении на  $C_T$ , то процесс МА можно значительно упростить.

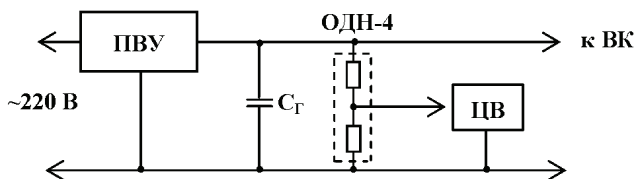


Рисунок 2 – Структурная схема ИИП

Процедура МА предполагает подачу на аттестуемые СИ не менее 10 одинаковых по АВП аттестационных импульсов в каждой, минимум, из трех точек амплитудного диапазона СИ. При этом аттестационные импульсы могут быть как одинаковы по амплитуде (при этом регистрируются только сигналы с аттестуемых СИ), так и различные по амплитуде (в этом случае надо регистрировать как с образцового, так и с аттестуемого СИ).

На первом этапе создания Эталонов процедура МА проходила по второму сценарию, при котором (рис. 3) коммутатор ВК включался ручным способом нажатием кнопки ПУСК по достижению на ЦВ заранее заданного зарядного напряжения. Это напряжение определяется из графиков, приведенных в эксплуатационной документации на Эталоны [6], в зависимости от АВП аттестуемых СИ. При таком методе управления ВК возникает амплитудная погрешность  $\Delta U$ , зависящая как от скорости заряда  $C_T$ , так и от оператора, а именно, от стабильности нажатия им кнопки ПУСК.

Как видно из рис. 3, при большой скорости заряда  $C_T$  (кривая 3) время до нажатия кнопки ПУСК будет меньше, чем у других кривых ( $t_3 < t_2 < t_1$ ), но при этом при одном и том же разбросе времени включения  $\Delta T$  погрешность  $\Delta U$  будет больше ( $\Delta U_3 > \Delta U_2 > \Delta U_1$ ). Иногда на практике применяют при МА скоростные заряды, пренебрегая точностью ради выигрыша во времени, так как при большом количестве аттестационных импульсов при медленном заряде процедура МА затягивается на длительное время. В реальных условиях эта погрешность может достигать 10 %, что не всегда устраивает.

Для исключения или значительного уменьшения погрешности  $\Delta U$  был разработан, встроен и экспериментально опробован блок БАУ. Идеология его построения заключается в том, чтобы исключить из процедуры МА «человеческий фактор» путем замены ручного нажатия кнопки ПУСК на механическое при помощи реле, включенного параллельно кнопке ПУСК. Команда на включение этого реле подается автоматически от БАУ с небольшим (менее

1 %) разбросом относительно заданной величины зарядного напряжения практически независимо от скорости заряда  $C_T$ .

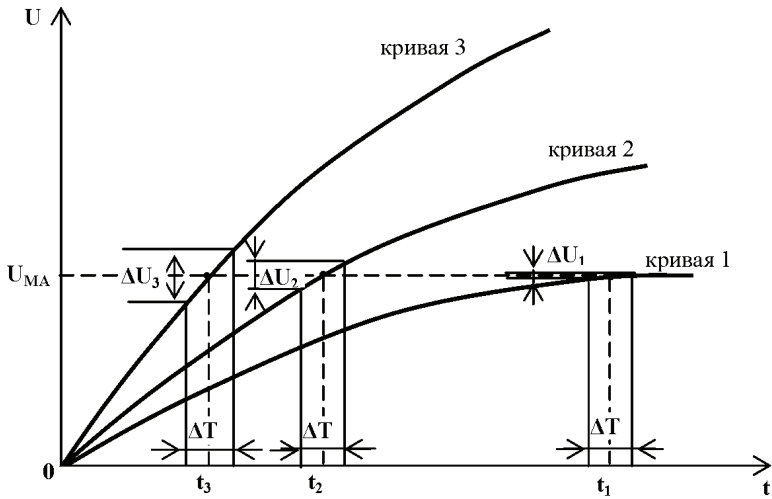
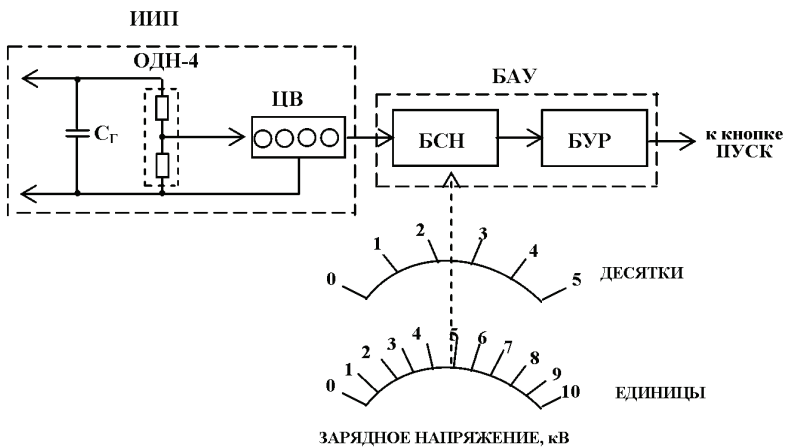


Рисунок 3

Структурная схема БАУ приведена на рис. 4, а его принципиальная схема – на рис. 5.

В основу конструкции БАУ положен принцип сравнения точно выставленного опорного напряжения, соответствующего в определенном масштабе необходимому  $U_3$ , и самого  $U_3$ , и как только они сравниваются - происходит срабатывание реле и запуск Эталонов.



ЗАРЯДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, кВ

Рисунок 4 – Структурная схема БАУ

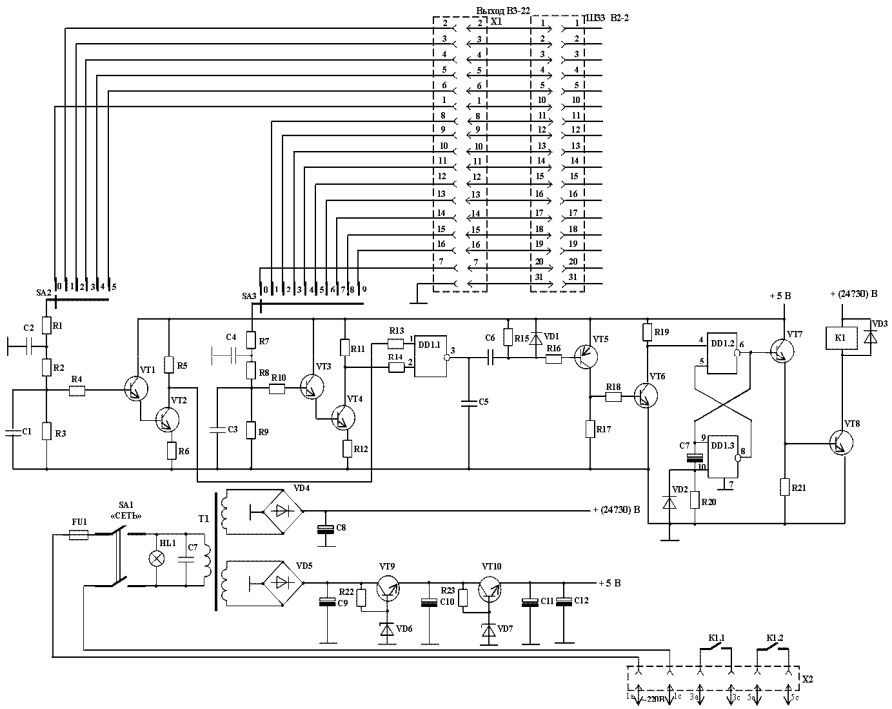


Рисунок 5 – Принципиальная электрическая схема БАУ

Исходя из этой преамбулы, БАУ работает следующим образом:

- на блоке сравнения напряжений (БСН), содержащем два переключателя ЗАРЯДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, кВ SA2 ДЕСЯТКИ и SA3 ЕДИНИЦЫ, при их помощи устанавливается необходимое зарядное напряжение ИИП, дающее в сумме напряжение от 1 кВ до 50 кВ с дискретностью 1 кВ;
- БСН специальным кабелем соединяется со штатным цифровым выходом вольтметра ВЗ-22, вход которого в свою очередь, соединяется с выходом делителя ОДН-4. Этот кабель содержит 15 жил, каждая из которых подсоединена к одному из выводов цифровых индикаторов типа ИН-12 вольтметра (всего в каждом индикаторе 10 выводов). При этом вольтметр ВЗ-22 устроен таким образом, что к каждому выводу цифрового индикатора подключен высокостабильный источник питания постоянного тока, соответствующий по величине цифре на выводе;
- при поднятии  $\Delta U_3$  на цифровых индикаторах вольтметра начинают «бежать» цифры и, как только цифра на индикаторе, который показывает десятки киловольт совпадает с цифрой на переключателе SA2 с

- выхода транзисторов VT1 – VT2 поступает сигнал на «канал 1» схемы сравнения на микросхеме DA1.1. Затем настает очередь цифрового индикатора, который показывает единицы киловольт. Как только на нем появляется напряжение, равное установленному на переключателе SA3 с выхода транзисторов VT3 – VT4 поступает сигнал на «канал 2» схемы сравнения на микросхеме DD1.1. И только в этот момент, когда на ее входах появляются два равных по величине и полярности сигнала, микросхема срабатывает и вырабатывает сигнал для запуска блока управления реле (БУР). Все вышеописанные элементы образуют БСН;
- сигнал с выхода усиливается и инвертируется транзисторами VT5 – VT6, после чего он запускает ждущий мультивибратор на микросхемах DD1.2-DD1.3. Мультивибратор при срабатывании генерирует одиночный прямоугольный импульс напряжения длительностью 0,4 с, который после усиления его мощности транзисторами VT7 – VT8 включает реле K1 (обмотка реле является нагрузкой усилителя мощности). Элементы DD1.2-DD1.3 и транзисторы VT5 – VT8 образуют БУР;
  - реле K1 срабатывает и его нормально разомкнутые контакты замыкаются, шунтируют кнопку ПУСК, после чего срабатывает ВК. Время, прошедшее с момента срабатывания БСН до момента срабатывания ВК, во-первых, стабильно, а во-вторых, значительно меньше 1 с, и тем самым устраняется «человеческий фактор».



Рисунок 6 – Внешний вид органов управления БАУ

В результате введения БАУ в Эталоны ИИП от импульса к импульсу разряжается практически при одном и том же зарядном напряжении и поэтому это напряжение можно считать стабильной величиной. А это означает, что при МА можно использовать не дуальную процедуру, а монопроцедуру

МА, и тем самым значительно сократить время проведения МА.

Внешний вид БАУ, встроенный в ПУ Эталонов, приведен на рис. 6. Клавиша АВТОМАТ включает Эталоны в автоматический режим, а в положении ВЫКЛ. Эталоны работают в ручном режиме.

**Список литературы:** 1. *Nemchenko Yu.S., Knyazyev V.V., Kravchenko V.I. and Lisnoy I.P.* The development of the pulse electromagnetic processes measurement unity supporting system in Ukraine // IEEE 2006 Third International Conference on ultrawideband and ultrashort impulse signals. September 18-22, 2006. – Sevastopol, Ukraine. – P. 363-366. 2. *Немченко Ю.С.* Эталон единиц максимальных значений высоких импульсных напряжений. // Вестник НТУ «ХПИ» «Техника и электрофизика высоких напряжений». – 2008. – Вып. 44. – С.106-114. 3. *Ю.С. Немченко, В.В. Князев, И.П. Лисной* Эталон одиниці максимального значення великих імпульсних струмів / [та ін.] // Вісник НТУ «ХПІ»: «Техніка й електрофізика високих напруг». – 2009. – Вип. 11. – С. 111-116. 4. *Князев В.В., Кравченко В.И., Лесной И.П., Немченко Ю.С.* Экспериментальные исследования метрологических характеристик средств измерения высоких импульсных напряжений на Эталоне-ТН // Вестник НТУ «ХПИ» «Техника и электрофизика высоких напряжений». – 2009. – Вып. 39. – С.79-84. 5. *Кравченко В.И., Князев В.В., Лесной И.П., Немченко Ю.С., Гирка Ю.Н.* Экспериментальные исследования выходных характеристик Эталона РЭМП // Електротехніка і електромеханіка. – 2008. – №4. – С. 70-74. 6. Рабочий эталон единиц максимальных значений напряженностей импульсных электрического – вольт на метр (В/м) и магнитного – ампер на метр (А/м) полей (Эталон РЭМП). Руководство по эксплуатации Эталон РЭМП-000.000.000 РЭ.

*Поступила в редколлегию 30.06.2010*