

Было рассмотрено возможное искажение расстояния между электродами из-за провисания проволочных проводников. Но так как они имеют небольшой вес (диаметр скрутки 1,7 мм), протяженность подвеса менее полутора метров и сила натяжения достаточно велика, то такое провисание практически не влияет на величину погрешностей данных измерений [3].

**Результаты измерений.** После обработки результатов измерений были получены следующие цифры: отклонение от условного нуля для полосковой линии ПЛ-48 составило от плюс 0,95 мм до минус 0,3 мм, а для ПЛ-24 – от плюс 0,77 мм до минус 1,67 мм. Максимальное отклонение расстояния между электродами от номинального составило: для ПЛ-48 – 1,2 мм, для ПЛ-24 – 0,7 мм.

Поскольку в ТЗ на Эталон РЭМП указана максимально допустимая погрешность 1 %, то и отклонения геометрических размеров от декларируемых должны укладываться в эти пределы. Таким образом, максимальная абсолютная погрешность для ПЛ-48 – 4,8 мм, для ПЛ-24 – 2,4 мм. Полученные выше результаты измерений по сумме модулей не превышают указанных величин.

В результате работы ГП «Харьковстандартметрология» было выдано свидетельство о метрологической аттестации межэлектродных промежутков полосковых линий Эталона РЭМП.

**Список литературы:** 1. МИ 2007-89. Рекомендация. ГСИ. Плиты поверочные и разметочные. Методика поверки. 2. *Атабеков Г.И.* Теоретические основы электротехники. Часть I. – М.: Энергия, 1964.– 312 с. 3. Элементарный учебник физики: Механика. Теплота. Молекулярная физика / Под ред. *акад. Г.С. Ландсберга.* – М.: Наука, 1967. – 576 с.

*Поступила в редакцию 03.06.2008.*

УДК 621.373.2

**В.С.ГЛАДКОВ**, канд. техн. наук; **А.А.ГУЧЕНКО**; **В.Я.ХАЙЛО**;  
НТУ «ХПИ»

## **КОМПАКТНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ УСКОРИТЕЛЕЙ ИОНОВ ГЕЛИЯ И ВОДОРОДА ЭНЕРГИЕЙ 50 КЭВ**

Наведено опис компактного джерела живлення прискорювачів іонів гелію та водню (КДЖП) енергією 50 кеВ, яке складається з генератора високої випрямленої напруги величиною 50 кВ та перетворювачів напруги живлення апаратури інжекторів іонів гелію та водню. Основною відмінністю КДЖП від раніше створених є дуже малий коефіцієнт пульсацій напруги та суха (на основі епоксидної смоли) ізоляція на напругу 50 кВ вторинної обмотки відносно первинної роздільних трансформаторів перетворювачів напруги.

The description of the compact power source of the accelerators of ions of helium and hydrogen (CPSA) with energy of 50 keV, consisting of the generator of high rectified voltage with magnitude of 50 keV and converters of supply of equipment of injectors of ions of helium and hydrogen is presented. Main distinction of CPSA from those created earlier is very small, voltage pulsation factor and dry (on the base of epoxy resin) insulation on voltage of 50 kV of secondary winding relative to primary one of isolation transformers of voltage converters.

Компактные источники питания ускорителей (КИПУ) ионов гелия и водорода, как правило, состоят из генератора высокого выпрямленного напряжения (ГВВН) и преобразователей напряжения питания аппаратуры инжекторов (ИПЖ) с изоляцией на полное напряжение ГВВН.

Основная проблема, которую необходимо было решить при создании описываемого КИПУ, – это обеспечение высокой электрической прочности по поверхности ГВВН и ИПЖ при ограниченных габаритах (по высоте) рабочего помещения, исключения из конструкции оргстекла и очень малых величин пульсаций выпрямленного напряжения.

В результате проведенных расчетов и экспериментов были разработаны и созданы:

- генераторы высокого выпрямленного напряжения величиной 50 кВ (ГВВП-50);
- источники питания инжектора ионов гелия (ИПЖ-Г) и ионов водорода (ИПЖ-В).

ГВВП-50 представляет собой высоковольтный выпрямитель, состоящий из повышающего трансформатора, блока выпрямления и сглаживания напряжения, омического делителя напряжения и короткозамыкателя. Принципиальная электрическая схема ГВВП-50 представлена на рис. 1.

После подачи напряжения на входные клеммы Т1 последнее повышается, выпрямляется, удваивается С1- VD1-VD2-С4 и поступает на выход ГВВП-50. Измерение выходного напряжения производится через делитель R1 с помощью микроамперметра РА1, шкала которого проградуирована в киловольтах. Для обеспечения безопасности работы ГВВП-50 оборудован короткозамыкателем QK1, состоящим из тягового электромагнита QK1.1, подключенного к клеммам питающего пульт управления ИПУ напряжением 220 В, и контактной системы QK1.2, обеспечивающей механическое короткое замыкание.

Конструктивно ГВВП-50 состоит из изоляционного стеклопластикового корпуса и расположенных внутри элементов схемы выпрямления с удвоением. Общий вид ГВВП-50 приведен на рис. 2.

Внутренняя часть ГВВП-50 показана на рис. 3.

ГВВП-50 имеет следующие технические характеристики:

выпрямленное напряжение, кВ	50;
ток нагрузки, $10^{-6}$ А	500;
пульсации напряжения, %	$\pm 0,016$ ;
напряжение питания, В/Гц	220/50;

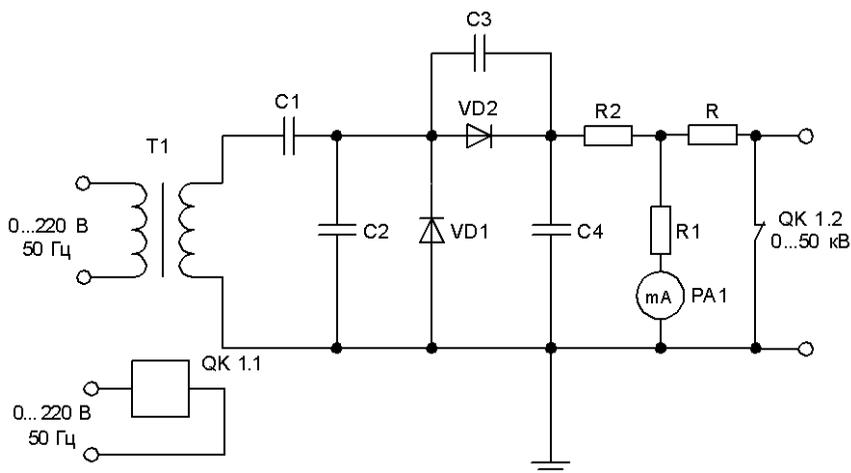


Рисунок 1 – Принципиальная электрическая схема ГВВП-50:

T1 – повышающий трансформатор 220/23500В, C1, C4 – высоковольтные конденсаторы, 0,7 мкФ 50 кВ; C2, C3 – выравнивающие конденсаторы; VD1, VD2 – диоды высоковольтные; R1 – омический делитель напряжения сопротивлением 1 Гом; QK1.1-QK1.2 – короткозамыкатель; PA1 – микроамперметр; R – гасящий резистор

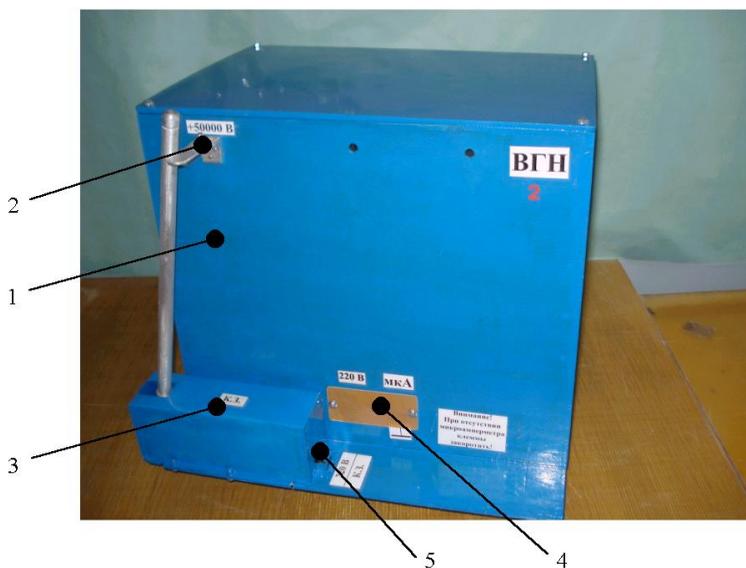


Рисунок 2 – Общий вид ГВВП-50:

1 – изоляционный корпус, 2 – вывод +50 кВ, 3 – короткозамыкатель, 4 – ввод напряжения на высоковольтный трансформатор, 5 – ввод напряжения на КЗ.



Рисунок 3 – Общий вид внутренней части ГВВП-50

1 – фальшпанель, 2 – клеммы для подачи напряжения на высоковольтный трансформатор, 3 - высоковольтный трансформатор 220/23500 В, 4 –вывод, 5 – высоковольтные выпрямители, 6 – высоковольтный конденсатор.

ИПЖ-Г и ИПЖ-В представляют собой изоляционные блоки, состоящие каждый из трех каналов. Канал № 1 является выпрямителем на напряжение 3000 В, канал № 2 – на 100 В, а канал № 3 – на напряжение 10000 В. Все каналы питаются от трансформаторов 220/220 В, вторичная обмотка которых изолирована от первичной на  $\pm 50$  кВ постоянного тока. Принципиальная электрическая схема каналов идентична и приведена на рис. 4.

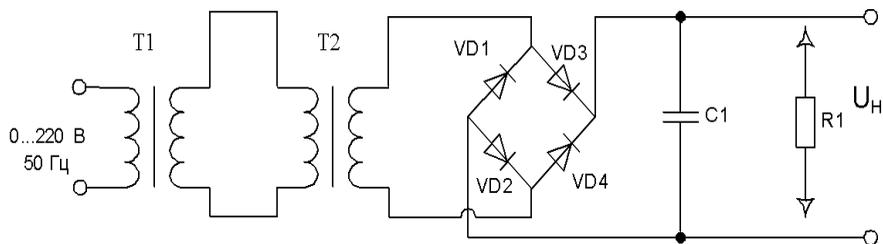


Рисунок 4 – Принципиальная электрическая схема ИПЖ-Г и ИПЖ-В: T1 – изолирующий трансформатор, T2 – выходной трансформатор, VD1-VD4 – выпрямительный мостик (на каналах № 1 и № 3 выпрямители зашунтированы выравнивающими конденсаторами), C1 – сглаживающий конденсатор, R1 – разрядный резистор в каналах № 1 и № 2 (в канале №3 разряд C1 производится специальной закорачивающей штангой).

После подачи от автотрансформатора напряжения на входные клеммы Т1 каналов, последнее прикладывается к первичной обмотке трансформатора Т2, затем повышается (или понижается в канале № 2), выпрямляется, сглаживается и поступает на выходные клеммы ИПЖ-Г и ИПЖ-В.

Конструктивно ИПЖ-Г и ИПЖ-В состоят из изоляционного корпуса, внутри которого находится выемная часть с элементами каналов 1...3. Общий вид ИПЖ-Г и ИПЖ-В приведен на рис. 5.

Внутренняя выемная часть ИПЖ-Г и ИПЖ-В показана на рис. 6.

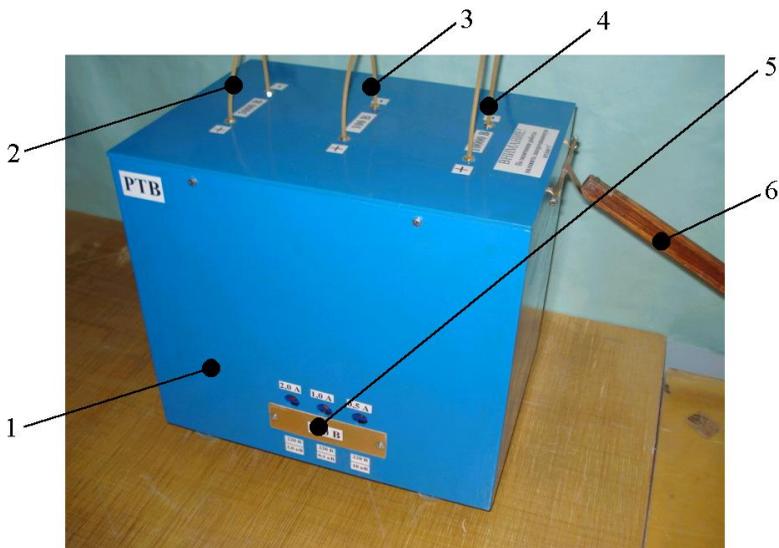


Рисунок 5 – Общий вид ИПЖ-Г и ИПЖ-В:

1 – изоляционный корпус, 2 – выводы канала № 1, 3 – выводы канала № 2, 4 – выводы канала №3, 5 – клеммы для подачи напряжения на первичные обмотки изолирующих трансформаторов, 6 – закорачивающая штанга

Основное отличие ИПЖ-Г и ИПЖ-В от ранее созданных состоит в том, что изолирующие трансформаторы 220В/220В (п.2, рис. 6) выполнены с сухой (на основе эпоксидной смолы) изоляцией вторичной обмотки относительно первичной на напряжение 50 кВ.

ИПЖ-Г и ИПЖ-В имеют следующие технические характеристики:

изоляция относительно земли, кВ	50;
число независимо регулируемых напряжений (каналов)	3;
параметры регулируемых напряжений и токов:	
питание магнита (канал 2), В/10 <sup>-3</sup> А	0...100/0...100;

поджиг разряда (канал 1), В/10 <sup>-3</sup> А	0...3000/0...10;
вытягивание (канал 3), В/10 <sup>-6</sup> А	0...10000/0...50;
пульсации напряжения, %	± <0,4;
напряжение питания, В/Гц	220/50.

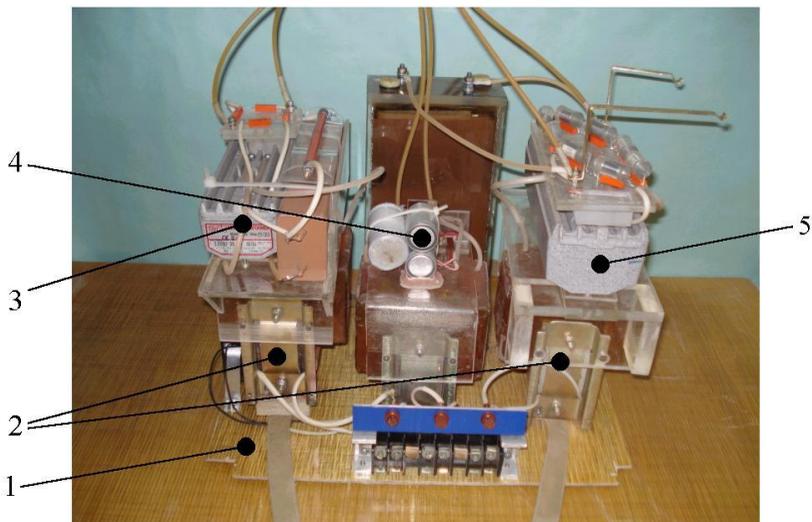


Рисунок 6 – Общий вид выемной части ИПЖ-Г и ИПЖ-В:

1 – фальшпанель, 2 – изолирующие трансформаторы каналов, 3 – повышающий трансформатор канала № 1 с блоком выпрямления и сглаживания, 4 – понижающий трансформатор канала № 2 с блоком выпрямления и сглаживания, 5 – повышающий трансформатор канала № 3 с блоком выпрямления и сглаживания

Проведенный комплекс прямо-сдаточных и длительных испытаний КИПУ показал его высокие работоспособность и надежность функционирования.

Авторы выражают особую благодарность Главному метрологу НИПКИ «Молния» Немченко Ю.С. и ведущему инженеру Сомхиёву С.Б. за помощь в организации и проведении измерений параметров ИПЖ-Г и ИПЖ-В.

*Поступила в редколлегию 05.03.2008*