

В.Б. Москаленко, гл.инж.компл.уст, И.Г. Чижов, зав.сектором, Ю.А. Павленко, вед.инж, А.А. Дрозденко, к.ф.-м.н., гл.инж.института (Институт прикладной физики НАНУ, г. Сумы, Украина)

## Устройство для осушки и восстановления изолирующего газа ускорительного масс-спектрометра

Разработано и изготовлено устройство для осушки и восстановления элегаза ( $SF_6$ ), применяемого в качестве изолирующей среды в ускорительном масс-спектрометре (УМС). Устройство поддерживает требуемые параметры элегаза: точку росы не выше минус  $55^\circ C$ , чистоту не ниже 99,8% и обеспечивает бесперебойную работу УМС в течение 2-х лет.

**Ключевые слова:** ускорительный масс-спектрометр, гексафторид серы, элегаз, осушка элегаза, восстановление элегаза.

Розроблено і виготовлено пристрій для осушення і відновлення елегазу, що використовується як ізолюючий газ в прискорювальному мас-спектрометрі (ПМС). Пристрій підтримує необхідні параметри елегазу ПМС: - точку роси не більше мінус  $55^\circ C$ , чистоту не нижче 99,8% і забезпечує безперебійну роботу ПМС на протязі 2-х років.

**Ключові слова:** прискорювальний мас-спектрометр, сульфур гексафторид, елегаз, осушення елегазу, відновлення елегазу.

An appliance was developed and constructed for  $SF_6$  gas recovery applied in an accelerating mass-spectrometer (AMS) as insulating medium. The appliance maintains the  $SF_6$  gas required parameters as: dew point no more than  $55^\circ C$ , purity not less than 99,8%. It provides a continuous work of AMS for more than 2 years.

**Keywords:** accelerating mass-spectrometer, sulfur hexafluoride,  $SF_6$  gas,  $SF_6$  gas dehydration,  $SF_6$  gas recovery.

В Институте прикладной физики НАН Украины установлен и введён в эксплуатацию ускорительный масс-спектрометр AMS-1MV Tandetron (УМС) [1], в котором в качестве изолирующего газа применяется гексафторид серы.

Гексафторид серы  $SF_6$  был получен в 1900 году. С 30-х годов прошлого столетия после исследований, проведённых Б. М. Гохбергом [2], гексафторид серы получил название элегаза из-за возможности его применения в качестве надежного электрического изолятора, в том числе и в высоковольтных устройствах – ускорителях.

Основные свойства элегаза следующие [3].

При нормальных условиях элегаз является бесцветным газом, без запаха, не горючий, в 5 раз тяжелее воздуха (плот-

ность  $6,7 \text{ кг/м}^3$ ). Тройная точка:  $t = 50,8^\circ C$ ,  $P = 0,23 \text{ МПа}$ . Давление пара в температурном интервале от  $-40^\circ C$  до  $+30^\circ C$  меняется от 0,34 до 2,64 МПа.

В условиях электрического разряда образуются низшие фториды серы, от которых необходимо избавляться во избежание появления электрических пробоев.

При использовании элегаза в качестве изолирующего вещества необходимо соблюдать следующие условия [4]:

- избегать выделения элегаза в атмосферу;
- оценивать параметры газа и при необходимости производить регенерацию;
- выполнять откачку, очистку и хранение использованного элегаза;

Подготовка к работе включает в себя следующие операции:

- закачку элегаза в бак ускорителя;

- осушку и восстановление элегаза ускорителя УМС;

- откачку элегаза из бака ускорителя УМС в ёмкость для хранения.

Давление элегаза в баке ускорителя 0,5 - 0,7 МПа, объём – 2,5 м<sup>3</sup>.

Во избежание высоковольтного пробоя чистота элегаза должна быть не ниже 99,8%, а точка росы – не выше минус  $50^\circ C$ .

Все эти функции обеспечивает устройство для восстановления изолирующего газа ускорительного масс-спектрометра, принципиальная схема которого представлена на рисунке.

Элегаз хранится в ёмкостях (баллонах) под высоким давлением в жидком состоянии.

Бак ускорителя 1 наполняется элегазом из ёмкости 18 по линии: ёмкость 18, кран 31, кран 22, кран 24, редуктор 17, кран 15, фильтр осушки и восстанов-

ления 10, кран 16, кран 30, кран 2, бак ускорителя 1. При понижении давления в ёмкости 18 ниже 0,7 МПа, - по линии: ёмкость для хранения 18, кран 31, кран 21, кран 16, кран 9, безмасляный элегазовый компрессор 8, кран 7, фильтр механических частиц 4, кран 3, кран 2, бак ускорителя 1.

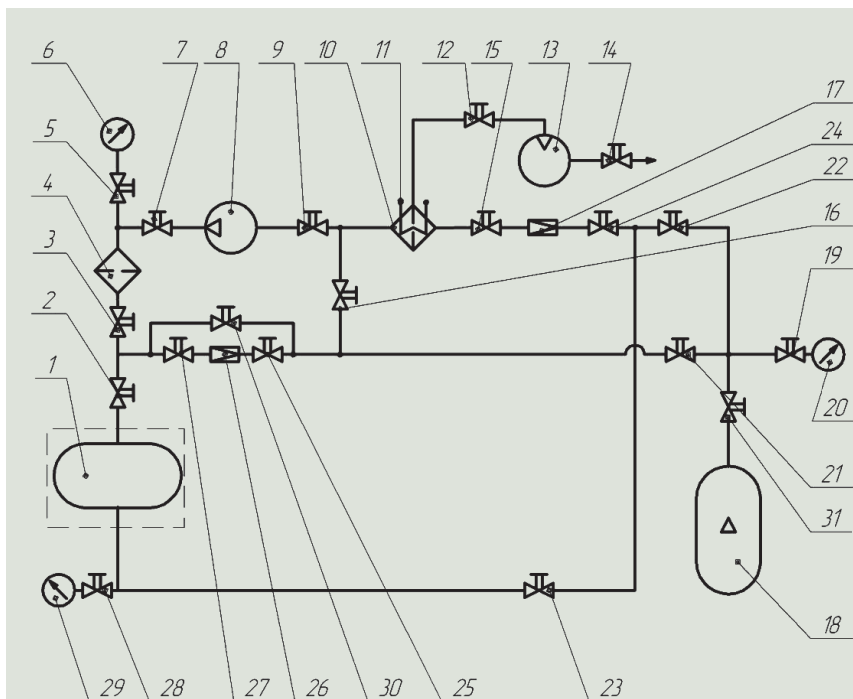
В режиме осушки и восстановления элегаз отбирается из бака ускорителя, прокачивается через фильтры и возвращается обратно в бак по линии: бак ускорителя 1, кран 23, кран 24, редуктор 17, кран 15, фильтр осушки и восстановления 10, кран 9, безмасляный элегазовый компрессор 8, кран 7, фильтр механических частиц 4, кран 3, кран 2, бак ускорителя 1.

При профилактике УМС откачка элегаза из бака ускорителя 1 в ёмкость для хранения 18 осуществляется по линии: бак ускорителя 1, кран 23, кран 24, редуктор 17, кран 15, фильтр осушки и восстановления 10, кран 9, безмасляный элегазовый компрессор 8, кран 7, фильтр механических частиц 4, кран 3, кран 30, кран 21, кран 31, ёмкость для хранения элегаза 18.

Контроль точки росы и чистота газа производится в штатной точке бака ускорителя штатным оборудованием УМС.

Фильтр осушки и восстановления 10 заполнен силикагелем и алюмогелем в пропорции 1:2. Фильтр 10 через 100...200 часов работы очищается от сорбированных продуктов распада элегаза и воды путём разогрева нагревателем 11 и откачки на вакуум без разборки установки по линии: фильтр 10, кран 12, вакуумный насос 13, кран 14.

Разработанное и изготовленное устройство для осушки и вос-



**Рисунок. Принципиальная схема устройства осушки и восстановления изолирующего элегаза ускорительного масс-спектрометра:** 1 – бак ускорителя; 2, 3, 5, 7, 9, 12, 14, 15, 16, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 30, 31 – шаровые краны; 4 – фильтр механических частиц; 6 – манометр; 8 – безмасляный элегазовый компрессор; 10 – фильтр осушки, восстановления; 11 – нагреватель; 13 – вакуумный насос; 17 – редуктор; 18 – ёмкость для хранения элегаза; 20 – манометр; 26 – редуктор; 29 – мановакууметр

становления элегаза обеспечивает бесперебойную работу УМС в течение 2х лет.

Скорость осушки по точке росы составляет минус 2° С/час.

#### Выводы

Разработано простое по конструкции и удобное в эксплуатации устройство, которое может быть использовано для обслуживания высоковольтных установок и физических приборов с использованием элегаза (SF<sub>6</sub>) в качестве изоляции.

#### Список литературы:

1. Москаленко В.Б. Инсталляция и статус ускорительного масс-спектрометрического комплекса мегавольтных энергий Института прикладной физики НАН Украины / В.Б.Москаленко,

С.Н.Данильченко, Л.Ф.Суходуб, И.Г.Игнатъев // Материалы Хконф. по физике высоких энергий, ядерной физике и ускорителям. – Харьков: ННЦ ХФТИ, 2012 г. – С.77.

2. Гохберг Б. М. Ленинградский физико-технический институт Академии наук СССР (рус.) // Успехи физических наук. – 1940. – В. 1. – Т. XXIV. – С. 11-20; 16-17, раздел «Электрическая прочность газов».

3. Опаловский А.А. Гексафторид серы / А.А.Опаловский, Е.У. Лобков // Успехи химии. – 1975. – В.2., том XLIV.

4. Измерительные приборы и устройства для работы с элегазом. DILO D-87727 Vabenhausen C 2478-01. <http://www.electricalight.kz/files/dilo1.pdf>