

ЭЛЕКТРОГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ ТЕРМОСТАТИРОВАНИЕ В ГАЗОВОЙ СРЕДЕ

*Институт прикладной физики АН Молдовы,
ул. Академией, 5, г. Кишинев, MD-2028, Республика Молдова*

Совершенствование радиоэлектронной техники зачастую связано с возможностями надежной реализации термостабилизации отдельных блоков и узлов. При этом традиционные методы, в некоторых случаях, неприемлимы, из-за наличия движущихся частей и вибраций. Методы термостабилизации, основанные на электрогидродинамических явлениях (в газах, жидкостях) [1–3], лишены этих недостатков, они конструктивно просты, обладают повышенной надежностью, ресурсом и малой потребляемой мощностью.

Подобная система обеспечения температурных режимов исследована в работе [4], в которой использованы электрогидродинамические явления в диэлектрической жидкости. Недостатком ее является необходимость размещения термостатируемого блока радиоэлектронной техники в герметичный корпус по техническим требованиям, запрещающие прямой контакт элементов блока с жидкостью. Поэтому сложна организация более эффективной термостабилизации каждого или отдельного элемента блока.

Подобных недостатков лишена система электрогидродинамического термостатирования в газовой среде. Основным элементом такого термостата является электрогидродинамический насос (ЭГДНГ), создающий циркуляцию воздуха в термостатируемом объеме.

ЭГДНГ (рис. 1) состоит из диэлектрического цилиндрического корпуса 1, предназначенного для крепления электродной системы и высоковольтного ввода 2. Электродная система состоит из электрода-эмиттера 3 и электрода-коллектора 4. Эмиттер состоит из игольчатых электродов, установленных на металлической основе, изготовленной в виде решетки. Продольные оси игольчатых электродов перпендикулярны плоскости эмиттера, а их острия находятся в одной плоскости, параллельной плоскости коллектора. Последний представляет собой сетчатый электрод, натянутый на опорное кольцо и имеет возможность фиксированного перемещения внутри корпуса вдоль оси. Высоковольтное питание осуществлялось от источника напряжения АИН-70 и контролировалось киловольтметром С-100. Ток коронного разряда измерялся в заземляющей цепи после электрода – коллектора, а скорость электрического ветра – крыльчатый анемометром 5.

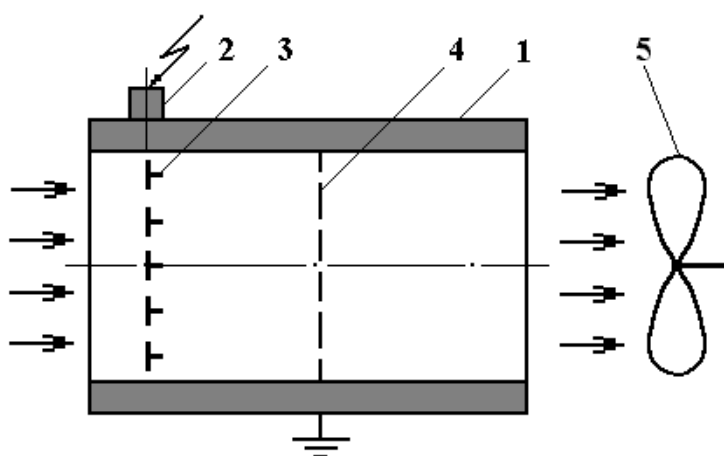


Рис. 1. Электрогидродинамический газовый насос.

При подаче высокого напряжения на электродную систему и достижении определенной величины, на игольчатых электродах зажигался коронный разряд, сопровождающийся образованием электрического ветра – газового течения, направленного от эмиттера к коллектору. Расходные характеристики насоса в зависимости от вольтамперной характеристики коронного разряда приведены на рис. 2. С ростом межэлектродного расстояния от 10 до 50 мм уменьшается максимальный ток разряда с 500 до 150 мкА и расход газа с 10 до 7 л/с.

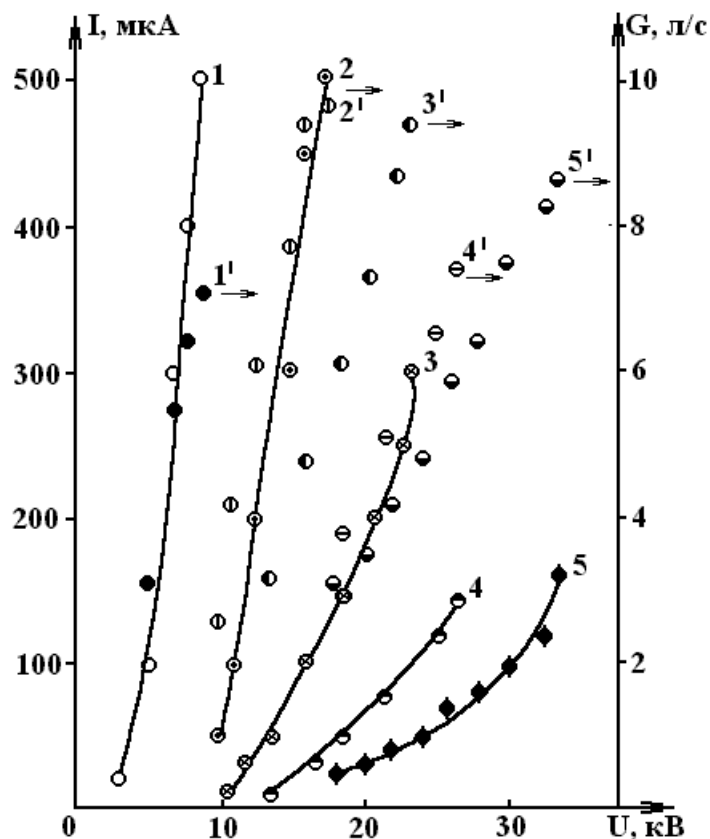


Рис. 2. Зависимость тока коронного разряда и расхода газа от напряжения на электродах ЭГДНГ. 1 – 5 – вольтамперная характеристика, 1' – 5' – расходная характеристика. Межэлектродное расстояние (мм): 10 (1, 1'), 20 (2, 2'), 30 (3, 3'), 40 (4, 4'), 50 (5, 5').

Эти результаты положены в основы выбора параметров ЭГДНГ 1, установленного на крышке 2 – газового термостата (рис. 3), выполненный в виде цилиндра 3 из нержавеющей стали. Внутри установлен имитатор радиоэлектронного блока (РБ) 4, имеющий форму параллелепипеда, со стенками из нержавеющей стали, снабженный нагревательным элементом.

В полости термостата размещается буферный нагревательный (БН) элемент 5. Наружная поверхность термостата теплоизолируется оболочкой 6 из оргстекла. Промежуток 7 между оболочками из нержавеющей стали и оргстекла заполнен охлаждающей водой, прокачиваемой через штуцеры 8.

Автоматическое поддержание температуры внутри ЭГДГ – термостата в пределах 30–35 °С с точностью 0,05 °С и выравнивание градиента температур между крышкой и гранями оболочки РБ, осуществляется, за счет водяного охлаждения и буферного нагревателя, а также перемешивания газовой среды в полости термостата электрическим ветром при коронном разряде. Электрический ветер одновременно выполняет две задачи; способствует переносу тепла от имитатора РБ и буферного нагревателя к водяному проточному холодильнику и, во-вторых, коронный разряд является источником тепловыделения. Таким образом, внутри термостата осуществляются сложные процессы комбинированного теплообмена.

На рис. 4, 5 представлены результаты испытаний ЭГДГ – термостата. Приведена динамическая зависимость температурного уровня от тепловыделения – теплопоглощения тем или иным источником или стоком тепла. Каждое изменение условий отделено поперечными пунктирными

линиями и обозначено участками с нумерацией I-IV, соответствующими определенным режимам приведенным в таблице:

Уча- сток	Мощность на РБ, Вт	Мощность на БН, Вт	Параметры коронного разряда		Охлаждение водой	Темпера- тура охлажда- ющей воды °С	Темпера- тура окру- жающей среды °С
			U , кВ	I , мкА			
I	2,8	0	0	0	–	23,9	23,9
II	2,8	0	0	0	+	25,0	23,9
III	2,8	9,6	0	0	+	25,0	23,9
IV	2,8	9,6	16,5	400	+	25,0	23,9

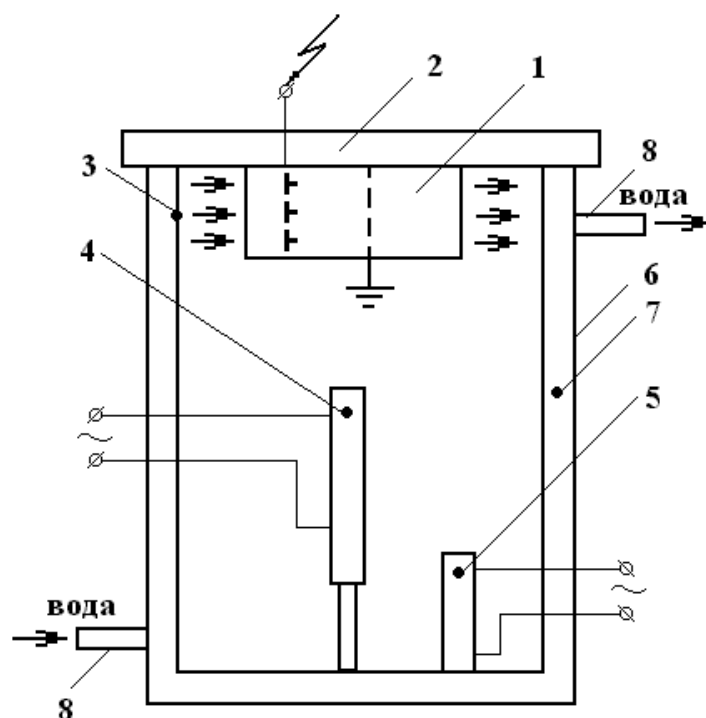


Рис. 3. ЭГД – газовый термостат.

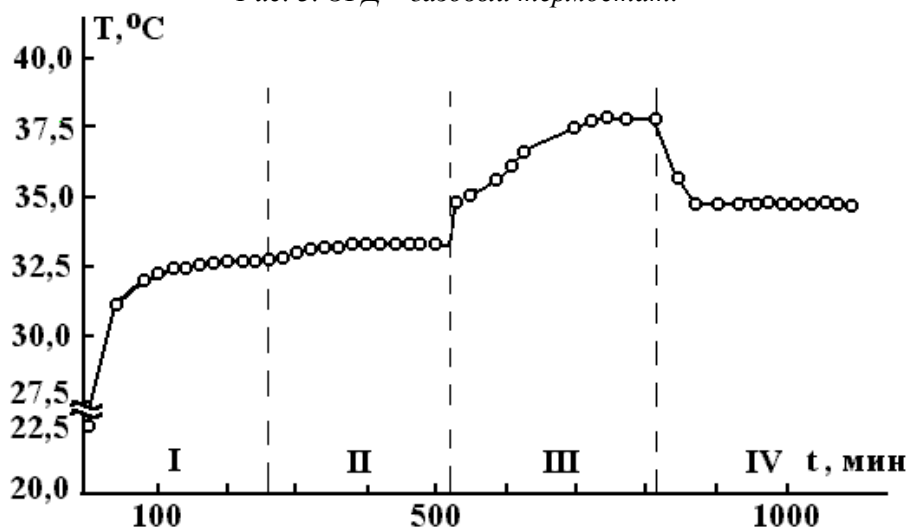


Рис. 4. Динамическая зависимость температурного уровня крышки РБ.

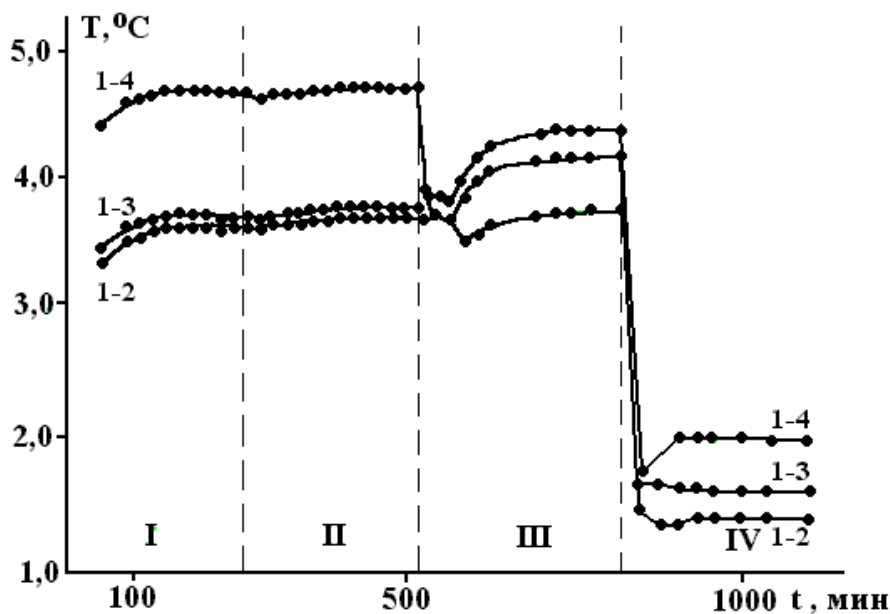


Рис. 5. Динамические зависимости температурных уровней граней РБ. Крышка обозначена индексом 1, боковые грани: 2, 3, 4.

Изменение температуры в трех гранях и крышке оболочки РБ, скоррелированные по времени с данными на рис. 4, приведены на рис. 5. Видно, что посредством воздействия электрического поля (участок IV) удается поддерживать температуру в термостате на заданном уровне $34,8^{\circ}\text{C}$ с точностью $0,05^{\circ}\text{C}$ и снизить градиент температур с $3,5^{\circ}\text{C}$ до $1,4-1,5^{\circ}\text{C}$ и с $4,5^{\circ}\text{C}$ до $2,0^{\circ}\text{C}$, то есть более чем в 2 раза. Таким образом показана способность ЭГДГ – термостата решать задачи термостабилизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болога М.К., Гросу Ф.П., Кожухарь И.А. Электроконвекция и теплообмен. Кишинев, 1977.
2. Стишков Ю.К., Остапенко А.А. Электродинамические течения в жидких диэлектриках. Л., ЛГУ. 1989.
3. Рубашов И.Б., Бортников Ю.С. Электрогазодинамика. М., 1971.
4. Болога М.К., Кожевников И.В., Кожухарь И.А. Электродинамические преобразователи в системах термостабилизации // Электронная обработка материалов. 1999. № 1. С. 19–23.

Поступила 12.04.2000

Summary

The possibilities of applications of electrohydrodynamic phenomena in gases for thermostating of electronic units are investigated. The head-flow rate characteristics of electrohydrodynamic gas pump, installed in thermostat, in dependence on applied potentials difference at various interelectrode gaps are presented. It is shown experimentally that proposed method ensures an effective thermostating.