

АВТОПОДЛИВ ЖИДКОГО АЗОТА ПОД УПРАВЛЕНИЕМ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

© 2013 г. В. Л. Цымбаленко

*Национальный исследовательский центр “Курчатовский институт”
Россия, 123182, Москва, пл. Академика Курчатова, 1*

Поступила в редакцию 27.02.2013 г.

Приведена конструкция модуля управления заливкой криостата жидким азотом, обеспечивающая три режима работы: индикацию показаний датчиков уровня; автоматическую поддержку уровня жидкого азота; заливку по таймеру.

DOI: 10.7868/S0032816213060141

Данное устройство предназначено для автоматизации заливки и поддержания уровня жидкого азота в лабораторных криостатах. Конструкция состоит из трех узлов: переливного сифона, устанавливаемого в транспортный дюар с жидким азотом; датчиков уровня азота в заполняемом криостате; микропроцессорного модуля, выполняющего контроль показаний датчиков, индикацию и управление заливкой.

Сифон состоит из тонкостенной нержавеющей трубки $\varnothing 8$ мм, опускаемой до дна транспортного дюара, уплотнения горла дюара, герметичного вывода проводов нагревателя, расположенного на конце трубки, и капилляра сброса испаряющегося газа. Наружная часть трубки, вне дюара и выше уплотнения, переходит в гибкий сильфонный шланг. Перелив жидкого азота инициируется избыточным давлением паров жидкого азота в объеме транспортного дюара, создаваемым при включении нагревателя. Подобная конструкция хорошо известна и апробирована в практике.

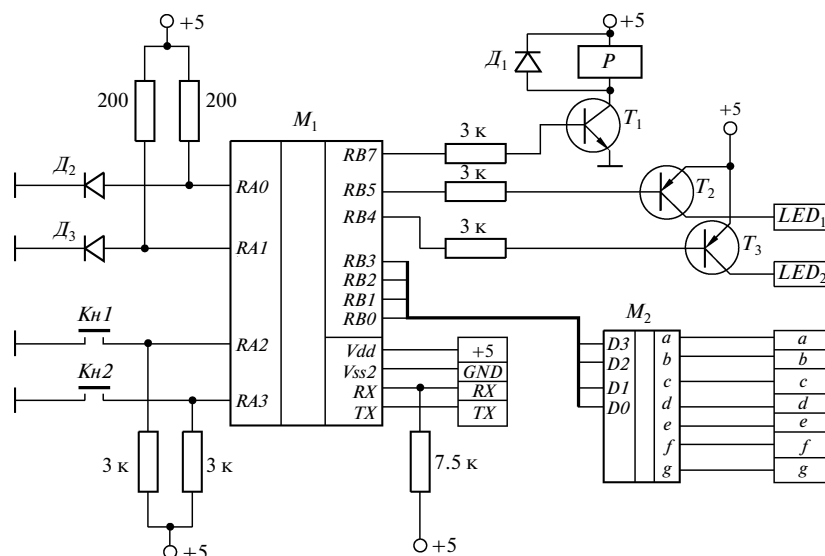
Отметим специфику данного сифона. Положительным моментом конструкции является отсутствие движущихся частей, таких как вентили или клапаны. Пассивное состояние и режим заливки определяются гидравлическим сопротивлением капилляра сброса испаряющегося газа. В пассивном режиме его величина должна обеспечивать превышение давления внутри дюара на ~ 0.01 атм. При этом уровень азота в сифоне выше уровня внутри дюара на ~ 12 см, оставаясь внутри холодной емкости. Выделение мощности на нагревателе, превышающей естественный теплоподвод в 10–20 раз, приводит к повышению давления в объеме дюара, жидкий азот поднимается вверх по сифону и может заполнять наружную ванну. Пример расчета для транспортного дюара СДП-16 (в режиме хранения расход жидкого азота ≈ 6 г/ч, теплоподвод на уровне ≈ 0.4 Вт [1]): гидравлическое сопротивление капилляра сброса $Z \approx$

$\approx 7 \cdot 10^6 \text{ см}^{-3}$ — используется капилляр внутренним диаметром 1 мм и длиной $\sim 15\text{--}20$ см; мощность, выделяемая на нагревателе в режиме заливки азота, 5–10 Вт.

В азотной ванне лабораторного криостата устанавливаются два датчика уровня жидкого азота. Нижний указывает минимальный уровень жидкости, допустимый в данном криостате, верхний — предельное его значение. В качестве датчиков в данной конструкции используются кремниевые диоды КД512, включенные в прямом направлении [2]. Вследствие перегрева диода измерительным током падение напряжения в паре на нем на ~ 0.5 В меньше, чем в жидкости.

Схема управляющего модуля приведена на рисунке. Порты микроконтроллера PIC16F73 запрограммированы следующим образом: порт А — на ввод, причем биты 0 и 1 определены в качестве входов аналого-цифрового преобразователя (а.ц.п.), в то время как 2 и 5 — в качестве цифровых. Порт В — цифровой выход; порт С используется для коммуникации в стандарте шины RS-232 (частота кварцевого резонатора генератора микроконтроллера 7.372 МГц, протокол 9600, 8, N, 1). Для согласования уровней TTL-сигналов порта со стандартными напряжениями шины RS-232 к разъему подсоединяется внешняя плата с микросхемой MAX232 [3] (на рисунке не показана).

К входам а.ц.п. подсоединены датчики D_2, D_3 , установленные в азотной ванне лабораторного криостата. Младшая тетрада порта В поступает на дешифратор M_2 , формирующий уровни для двух 7-сегментных индикаторов АЛС324Б. Биты 4 и 5 порта управляют подачей напряжения на аноды индикаторов. Управление нагревателем выполняется битом 7 порта, включающим реле РЭС-34. Для удаленного контроля за заливкой криостата изменение состояния этого бита сопровождается



Принципиальная схема управляющего модуля. M_1 – микропроцессор PIC16F73, M_2 – дешифратор К514ИД2; T_1 – КТ630, T_2, T_3 – КТ361; D_1 – КД203, D_2, D_3 – КД512; P – реле РЭС-34. Два семисегментных индикатора установлены на лицевой панели и подсоединяются к разъему шлейфом (LED_1 – младший разряд таймера, LED_2 – старший разряд таймера).

передачей сообщения по каналу “Power on/off” RS-232.

Модуль имеет три режима работы. После включения питания устанавливается режим Mode = 0, который только выводит на индикаторы состояние датчиков. Режим автоподлива выполняется установкой Mode = 1: при снижении уровня жидкого азота в криостате ниже датчика, находящегося у дна ванны, включается нагреватель, расположенный на конце переливной трубки, и начинается заливка азота через сифон вплоть до достижения уровня верхнего датчика. Режим Mode = 2 используется для заливки азота в лабораторный криостат в заранее намеченное время по таймеру, после чего модуль переводится в режим автоподлива Mode = 1.

Модуль может быть использован с управлением по последовательной шине и автономно. Во втором случае режим его работы устанавливается кнопками, присоединенными к цифровым входам порта А. Нажатие кнопки выбора режима $Kn2$ переводит модуль в установку режима работы. Мода работы выбирается нажатием $Kn1$. При вы-

боре Mode = 0 или 1 запуск режима выполняется нажатием $Kn2$. В Mode = 2 после нажатия $Kn2$ вводится время таймера в часах – указывается задержка начала заливки от текущего момента (кнопкой $Kn1$), после чего таймер запускается кнопкой $Kn2$. Цифровые индикаторы указывают время, оставшееся до начала заливки, в часах. Управление по последовательной шине дублирует приведенные действия. Подробный перечень команд, указания по наладке модуля и HEX-файл прошивки микроконтроллера можно скачать по ссылке [4].

Автор благодарен сотруднику Института физических проблем РАН В.В. Завьялову за содействие в выполнении этой работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. http://www.cryotrade.ru/dewars_sds.html
2. Цымбаленко В.Л. // ПТЭ. 1994. № 4. С. 207.
3. <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/max232.pdf>
4. <https://vlt.newmail.ru/Rus/PapersR/N2autoHex.pdf>