

УДК 681.7.068

М.Н.Чижов (5 курс); А.В.Медведев, к.ф.м.н., доц.

## МЕТОДЫ СТАБИЛИЗАЦИИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕМЕНТОВ ПЕЛЬТЬЕ

**ABSTRACT:** The idea of quantum cryptography was first proposed in the 1970's and now very fast progress in both theory and experiments can be observed. To decrease dark count probability quantum key distribution systems use deeply cooled avalanche photo diodes (APD). APD's operating temperature should be lower than  $-50^{\circ}\text{C}$  and stabilized with high accuracy. The report is devoted to the methods of obtaining these low temperatures using Peltier effect based thermoelectric modules and to designing of the automatic temperature control system.

В лаборатории кафедры ведется разработка детектора фотонов для систем квантовой криптографии. Для уменьшения тепловых токов и количества ложных срабатываний фотодетектор необходимо охлаждать. Как показал анализ литературных источников и проведенные эксперименты, внутри холодильника необходимо получить значение температуры ниже  $-50^{\circ}\text{C}$ . Учитывая компактность и автономность холодильника в нем целесообразно использовать элементы Пельтье. Их применение также облегчит создание системы регулирования. Для получения низких температур была выбрана двухступенчатая схема охлаждения: «верхняя» ступень для охлаждения объекта и «нижняя» ступень для охлаждения «верхней» ступени. Были реализованы два способа отвода тепла от «нижней» ступени: воздушное охлаждение и водяное охлаждение.

**Система с водяным охлаждением** включает в себя элементы Пельтье, которые расположены на радиаторе. Вода проходит сквозь радиатор и отводит тепло от «нижней» ступени. Такой способ охлаждения является эффективным, но требует подключения к водопроводу. А использование замкнутого контура водяного охлаждения связано с применением дополнительных радиаторов, вентиляторов и пр., что заметно усложняет систему.

**В систему воздушного охлаждения** входят 4 вентилятора, установленные на радиаторах, и двухступенчатая система из элементов Пельтье. Оно не дает таких низких значений температур как водяное, но детектор с таким охлаждением является автономным и удобным в эксплуатации.

**Системы автоматического регулирования (САР)** делятся на статические и астатические. Для повышения точности устанавливаемого значения температуры необходимо использовать астатическую систему. Это система, в которой при любом постоянном задающем воздействии установившаяся ошибка равна нулю. Так как значение температуры в системе охлаждения будет изменяться редко, то достаточно применения астатической системы первого порядка. Для этой цели подходит пропорционально интегрирующий или ПИ-регулятор. Таким образом, благодаря интегрирующему звену в ПИ-регуляторе, регулируемый параметр принципиально должен быть равен значению, выставленному на задающем устройстве, и малейшие его отклонения вверх или вниз, накапливаясь в интегрирующем звене, снова возвращают его к заданному значению.

В лаборатории были собраны оба варианта охлаждающего устройства (с водяным и воздушным охлаждением). В варианте с водяным охлаждением для «нижней» ступени были использованы 2 модуля FROST-73 ( $I_{\max}=6,2\text{A}$ ,  $U_{\max}=16,5\text{B}$ ). Для «верхней» – 1 модуль TURBO-1,5 ( $I_{\max}=3,1\text{A}$ ,  $U_{\max}=31,4\text{B}$ ). Но эксперименты показали, что не удается полностью отвести тепло, выделяющееся на модулях при максимальных режимах. Это приводит к перегреву модулей и повышению температуры. Экспериментально полученные оптимальные значения токов и напряжений для обеспечения низких температур таковы: FROST-73 ( $I=5,4\text{A}$ ,  $U=12,5\text{B}$ ), TURBO-1,5 ( $I=1,5\text{A}$ ,  $U=10\text{B}$ ). Внутри холодильника была получена тем-

пература  $-57^{\circ}\text{C}$ . Время, которое требуется для установления требуемой температуры при его включении, составляет 5 мин. Это связано с инерционностью объекта регулирования. При использовании воздушного охлаждения была достигнута температура  $-52^{\circ}\text{C}$ .

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Чинаев П.И. Беседы по автоматике. Киев, Техніка, 1971 г., 232 стр.
2. Фрунзе А. Практика создания ПИ-регуляторов. Схемотехника №3, декабрь 2000, стр.2-7, <http://www.dian.ru/>
3. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. Москва, Наука, 1966 г.