

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРИОГЕННОГО УСИЛИТЕЛЯ В СИСТЕМЕ ПАССИВНОГО РАДИОВИДЕНИЯ

Астровская Д. Н., магистрант

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники<sup>1</sup>  
г. Минск, Республика Беларусь

Забеньков И. И. – доктор техн. наук, профессор

**Аннотация.** В связи с малой интенсивностью собственного излучения, на основании которого функционирует система пассивного радиовидения, возникает необходимость использования в приемном тракте системы криогенного усилителя. Криогенный усилитель обладает низким уровнем собственных шумов за счет использования криогенных условий.

**Ключевые слова.** Радиовидения, криогенный усилитель, малозумящий усилитель, криокулер, пульсационные трубы.

Системы пассивного радиовидения регистрируют собственные радиотепловые излучения от наблюдаемого объекта. Интенсивность собственного излучения обладает довольно малым значением. В связи с этим, усилители приемного тракта системы пассивного радиовидения должны обладать малыми собственными шумами. Исходя из вышеперечисленных причин, в качестве усилителя в системе пассивного радиовидения целесообразно использовать криогенный усилитель.

Криогенные усилители представляют собой сверхмалозумящие усилители, уровень шумов в которых снижается за счет использования криогенных (низкотемпературных) условий. Под криогенными температурами условно понимают температуры, лежащие ниже точки кипения жидкого воздуха - 80 К (-193,15 °С). Для достижения таких температур используются криокулеры. Соответственно, криогенный усилитель в системе пассивного радиовидения представляет собой совокупность сверхмалозумящего усилителя и криокулера.

Криокулер содержит следующие функциональные узлы: теплообменник, компрессор и регенератор. Одним из подтипов криокулеров являются криокулеры замкнутого цикла. Преимуществом такого типа кулером является отсутствие возвратно-поступательного регенератора в холодной головке. Это приводит к тому, что такие структуры криокулеров обладают минимальными вибрациями и малыми акустическими шумами. Структурная схема криокулера на пульсационных трубах представлена на рисунке 1 [1].

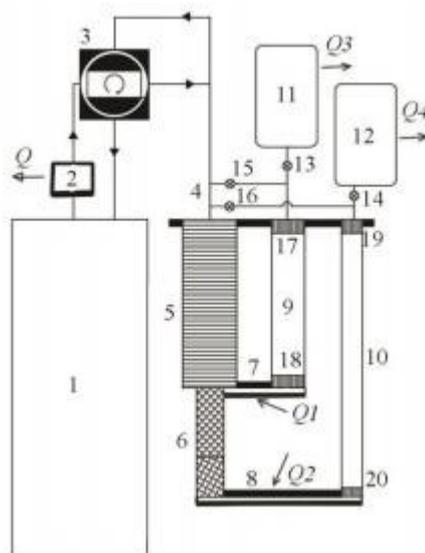


Рисунок 1 – Структурная схема криокулера на пульсационных трубах. (1 – компрессор; 2 – теплообменник; 3 – роторный вентиль; 4 – канал; 5,6 – регенератор; 7,8 – теплообменник; 9,10 – пульсационные трубы; 11,12 – буферные объемы; 13,14 – сопротивления потоку диафрагменного типа; 15,16 – байпасные вентили; 17,18,19,20 – выравниватели потока газа.)

Особенности работы криокулера на пульсационных трубах таковы, что регулировка температуры холодной головки осуществляется посредством изменения тепловой нагрузки. Цикл работы криокулера начинается с откачки гелия из регенератора. При этом гелий расширяется в трубах, охлаждается и проходит через теплообменники, охлаждая их. Поток гелия из буферного объема поступает в трубы при температуре окружающей среды. Следующим этапом является закачка гелия в регенератор. При этом гелий высокого давления проходит через регенератор, охлаждается в нем за счёт холодильного эффекта предыдущих циклов, далее проходит в трубы

через теплообменники. Газ в трубах сжимается, возникает градиент температуры: в верхней части труб гелий нагревается выше температуры окружающей среды. Сопротивление диафрагм подобрано таким образом, чтобы скорость изменения потока газа из буферного объема отставала от скорости изменения давления в пульсационной трубе, следовательно по окончании сжатия появляется поток горячего газа в буферный объем, где газ охлаждается до температуры окружающей среды. Далее цикл повторяется.

Использование жидкого гелия обусловлено тем, что он потенциально с запасом перекрывает требования по уровню температуры охлаждения (криостатирования). Для сравнения, жидкий азот относительно дешев и доступен, однако даже при откачке паров не в состоянии обеспечить охлаждение ниже температуры тройной точки азота, или 65 К, что явно недостаточно для достижения предельных параметров транзисторных малошумящих усилителей. Жидкий водород, способный обеспечить нужный уровень температуры криостатирования, представляет собой довольно взрывоопасный газ и требует особых условий эксплуатации, поэтому также является неподходящим вариантом для охлаждения криогенных малошумящих усилителей [2].

**Список использованных источников:**

1. Черников, Ю.Н. *Разработка криостатов для ядерно-физических исследований* : диссертация / А.Н. Черников–Дубна. : Объединенный институт ядерных исследований, 2018. – 136 с.
2. Вдовин, В.Ф., Грачев, В.Г. *Криогенный малошумящий усилитель для радиоастрономических наблюдений и систем дальней космической связи на сантиметровых волнах* : публикация / В.Ф. Вдовин, В. Г. Грачев –: *Астрофизический бюллетень*, 2016. – 278 с.