

Температурные испытания излучателя YP-5020-6Z и YP-6015-6D



Температурные испытания излучателя проводились на предмет изменения его характеристик при нагреве до температуры, начинающей вызывать его разрушение или прекращение его работы. Испытания проводились на испытательном стенде, представляющем металлическую демпферную монтажную стальную пластину со звукопоглотителем размерами 22x30см и толщиной 8мм, на которую передавались колебания излучателя. На пластине был установлен СВЧ-виброметр на магнитной присоске, фиксирующий изменение величины колебаний в зависимости от температуры. Виброметр устанавливался в узлы приблизительной пучности (максимальной величины) колебаний, которые зависят от частоты, на расстоянии от излучателя прим. 20-22см. Как оказалось, рабочая частота излучателя при нагреве достаточно сильно меняется. Нагрев осуществлялся плавно-ступенчато газовой горелкой, от комнатной температуры до максимальной 310°, с фиксацией промежуточных значений. Фиксировались ток через излучатель и величина его колебаний, передаваемых на монтажную пластину. На представленных ниже графиках излучателя YP-5020-6Z верхняя осциллограмма – ток, в масштабе 1дел./5А, нижняя – вибрация на нагрузочном стенде в 20 см от излучателя, в масштабе 3В/10мкм., т.е. максимальный размах (от 0 до пика) на первом (холодном) графике 4 мкм. Режим работы излучателя импульсный, рабочая (резонансная) частота 20-22кГц, длительность импульса 1,5мс, частота повторения импульсов 12,5Гц. Резонансная частота поддерживается автоматически микроконтроллером.

Фиксировались ток через излучатель и величина его колебаний, передаваемых на монтажную пластину. На представленных ниже графиках излучателя YP-5020-6Z верхняя осциллограмма – ток, в масштабе 1дел./5А, нижняя – вибрация на нагрузочном стенде в 20 см от излучателя, в масштабе 3В/10мкм., т.е. максимальный размах (от 0 до пика) на первом (холодном) графике 4 мкм. Режим работы излучателя импульсный, рабочая (резонансная) частота 20-22кГц, длительность импульса 1,5мс, частота повторения импульсов 12,5Гц. Резонансная частота поддерживается автоматически микроконтроллером.

Излучатель YP-5020-6Z (2000W)



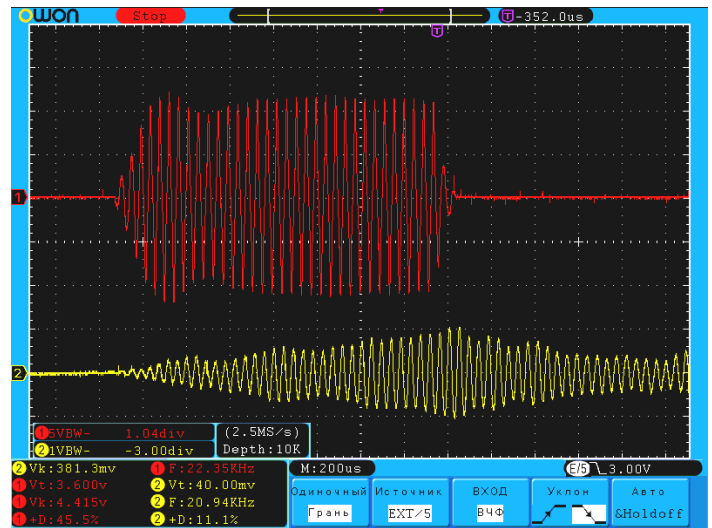
температура излучателя 35град.



температура излучателя 80град.



температура излучателя 120 град.
уровень вибрации немного снижается

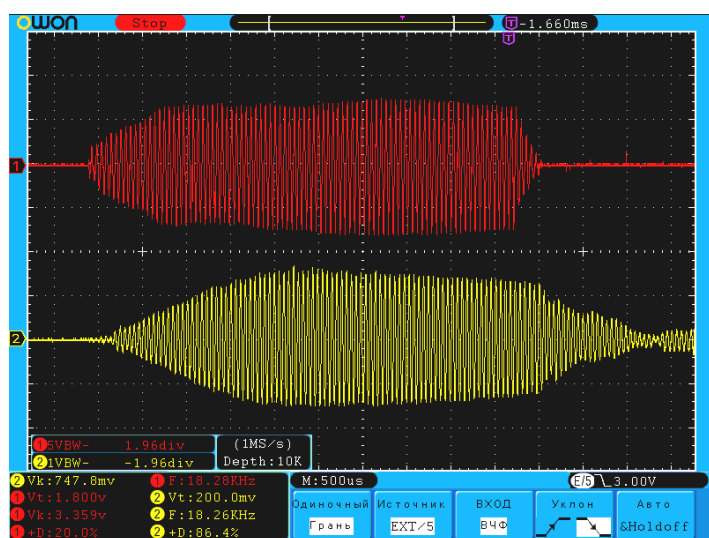


температура излучателя 150 град.
уровень вибрации снижается на 20-30%

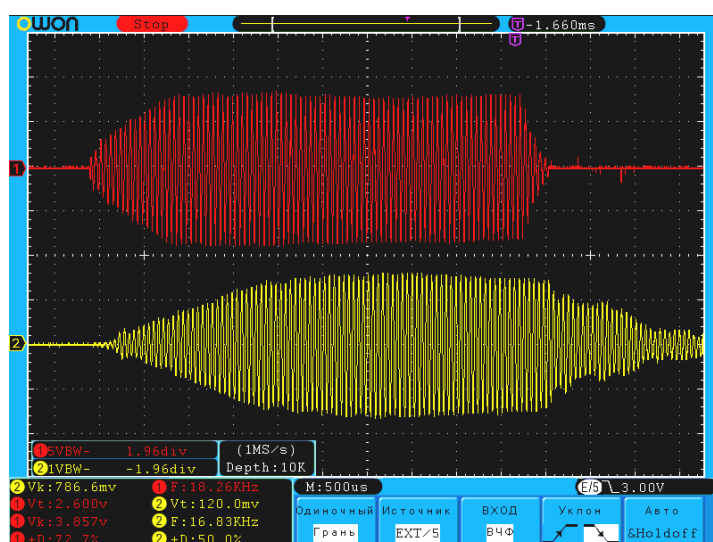
Как видно, ток излучателя вначале с ростом температуры растет, затем падает. Однако это происходит в том случае, когда перед этим излучатель подвергся неоднократному нагреву до 270- 300°, с продолжением работы. Что при этом происходит: изначально резонансная рабочая частота излучателя была 21,5кГц. При длительной работе с нагревами до температуры 150° необратимых изменений в работе излучателя нет. Однако при нагревах более 180-200° наблюдается повышение резонансной частоты на 1-2кГц, сохраняющееся и при остывании излучателя. Начальный ток холодного излучателя также несколько повышается, отдача остается на прежнем уровне. Но, у излучателя, подвергнутому неоднократному длительному нагреву с работой выше 220-250°, тенденция к росту тока с нагревом меняется: ток после определенной температуры ток излучателя перестает расти, и наоборот, начинает падать. Температура точки перелома роста тока снижается по мере повышения температуры предыдущих нагревов при работе.

Ниже представлены графики температурных испытаний излучателя YP—6015-6D мощностью 2600Вт и резонансной частотой 15-17кГц. Длина импульса – 5мс, чувствительность виброметра 2В/10мкм, т.е. максимальный размах колебаний от 0 до пика в точке замера 20см от излучателя на измерительном стенде на первом (холодном) графике – прим. 8мкм.

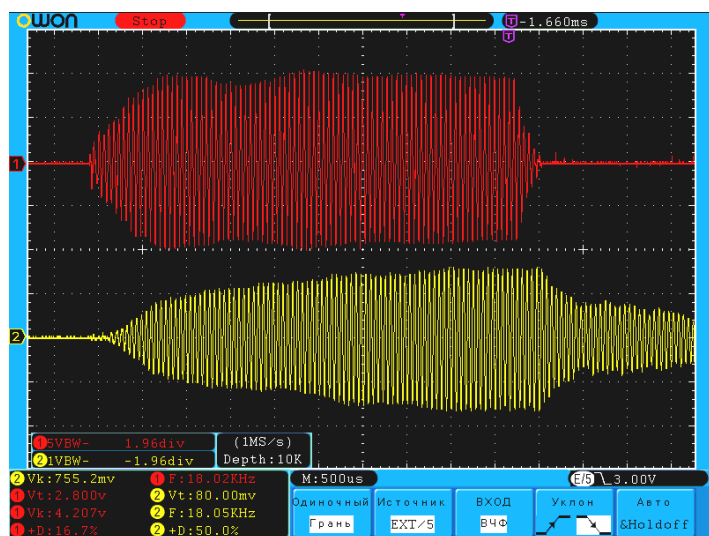
YP-6015-6D (2600W)



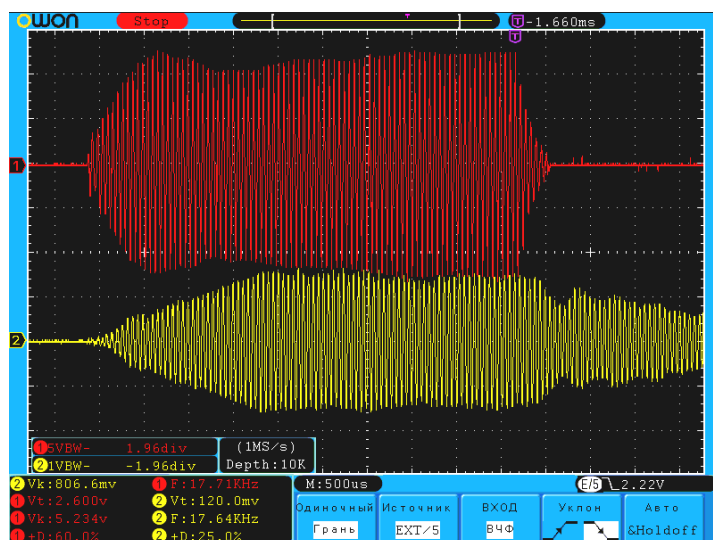
температура излучателя 35°C



температура излучателя 80°C



температура излучателя 110°C



температура излучателя 140°C

Как видно, рост тока растет пропорционально температуре, от 7А (пиковый) при 35° до 13А при 140°C. Отдача излучателя практически не меняется.

Самое интересное происходит при дальнейших подъемах температуры (излучатель УР-5020-6Z). Здесь условно можно выделить 4 этапа:

1 – температура до 120гр. До этой температуры никаких изменений в работе излучателя не наблюдается.

2 – температура от 120 до 180 град. В этом диапазоне начинает снижаться отдача излучателя, примерно на 40% при 180гр, растет примерно на 50% ток излучателя, резонансная частота смещается вверх примерно на 500гц.

3 – температура от 180 до 250 – становится невозможной работа при прежней индуктивности выходного дросселя в 2600мкГн. При снижении до 2000мкГн излучатель продолжает работу. Частота повышается примерно до 23,5 кГц, ток повышается примерно вдвое, также примерно вдвое падает отдача излучателя, т.е. КПД снижается примерно в 3-4 раза. Начинаются необратимые последствия в виде сохранения повышенной частоты при остывании, прим. 23кГц, однако на отдачу излучателя это не влияет, остается на прежнем уровне. Ток холодного излучателя повышается с 7.5 до 10А (пиковое значение).

4 – температура излучателя 250 – 300град. Работа возможна со снижением индуктивности выходного дросселя до 1600мкГн. Уровень отдачи снижается в 2-3 раза, с повышением пикового тока до 20А, частота 24,3кГц. Необратимые изменения заключаются в следующем: рабочая частота остается повышенной до 24 кГц, а т.к. геометрически механическая часть излучателя выполнена с расчетом на резонансную частоту 20-21кГц, то уровень отдачи на холодную снижается прим. на 10-15%. Однако, самое неприятное заключается в том, что при дальнейшей работе, после прогревов до 250-300°, при нагреве до 130-150° начинается разрушение пьезокерамических кольцевых пластин. Это вызвано скорее



всего тем, что при предыдущих нагревах до высоких температур невозможно было обеспечить равномерное прогревание пластин по всему объему, что приводило к температурно-механическим напряжениям внутри объема кольцевых пластин, с возниканием микротрещин, которые при дальнейшей работе прогрессировали и вызывали сколы, трещины и механическое разрушение колец. На фото слева показано как на пластинах излучателя начинаются механические разрушения. Разрушения начались как раз в том месте, которое было прогрето до максимальной температуры 310°. Остальные были прогреты до 260-290°.

Выводы:

1. Работа излучателя в диапазоне 30-120° возможна без всяких последствий, однако при температурах 90-120°. надо следить за тем, чтобы индуктивность выходного дросселя не превышала определенных значений, для излучателя УР-5020-6Z это 2600мкГн.
2. Работа излучателя в диапазоне 120-180° возможна без последствий, но, учитывая рост тока необходимо снижать чувствительность систем защиты от КЗ.
3. Работа в диапазоне температур 180-240° возможна, но с теми последствиями, что резонансная частота холодного излучателя после остывания начинает повышаться, с сохранением повышенного тока. Индуктивность выходного дросселя надо снижать на 25-30%. Ток растет в 1,5-2 раза.
4. Работа в диапазоне температур 240-300° условно возможна, с учетом того, что прогрев и остывание должны происходить медленно, для исключения (снятия) механических напряженностей внутри объема пьезокерамических колец. Отдача падает примерно в 2,5-3 раза по сравнению с холодным излучателем, ток также растет в 2,5 раз, резонансная частота повышается на 2-3кГц., оставаясь повышенной и на остывшем излучателе, индуктивность также надо снижать на 25-30%.

(10 июня 2014г.)