

где  $K_1$  – масштабный коэффициент, характеризующие параметры кольцевого лазера;  $N_+$  и  $N_-$  – количество обнулений, соответствующих перемещению объекта в положительном и отрицательном направлении.

### Литература

1. Байбородин, Ю.В. Основы лазерной техники/ Ю.В. Байбородин. – Киев: Вища школа, 1981. – 408 с.
2. Optical gyros and their application, Research and Technology Organization, BP 25, 7 Rue Angelle, F-92201 Neuilly-sur-seine Cedex, France. С. 2-1 – 5-29;
3. Лукьяновича, Д.П./Лазерные измерительные системы /под ред. Д.П. Лукьяновича.– М.: Радио и связь, 1981.–С. 334 – 343.

## СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ ДЛИНЫ РЕЗОНАТОРА ЛАЗЕРА

**Зуйков И.Е., Кривицкий П.Г.**

*Белорусский национальный технический университет*

Применение лазеров в измерительной технике требует разработки соответствующих систем обеспечения его работы. Одной из них является система стабилизации длины резонатора (ССР) лазера, обеспечивающая стабилизацию положения генерирующей моды на максимуме контура усиления. ССР позволяет компенсировать вариации длины резонатора, вызванные его прогревом и изменениями температуры окружающей среды.

Наибольшее распространение получили ССР с исполнительным механизмом в виде пьезодвижителя (традиционно называемого пьезокорректором и представляющего собой пакет или мембрану из пьезопластин), изменяющего положение одного из зеркал резонатора. Величина перемещения зеркала определяется напряжением, приложенным к обкладкам пьезопластин.

Для обеспечения работы лазера в широком температурном диапазоне перестройка длины резонатора должна осуществляться на 3–4 длины волны, что для He-Ne лазера с  $\lambda = 0,63$  мкм составляет примерно 2 мкм. Учитывая, что современные пьезокорректоры имеют коэффициент преобразования «напряжение-смещение» до 100 В/мкм, необходимо обеспечивать возможность изменения напряжения на пьезокорректоре в диапазоне до 200 В.

Традиционно поддержание длины резонатора осуществляется системами экстремального регулирования с модуляцией длины резонатора на 5–10 % длины волны лазера с частотой в несколько кГц и выработкой управляющего сигнала зависящего от фазы и амплитуды модуляции интенсивности генерации. В самом принципе работы таких систем заложены недостатки снижающие эффективность их работы. Прежде всего, это наличие большого модулирующего сигнала, недопустимого при использовании лазеров в прецизионных измерительных приборах.

Учитывая, что ССР предназначена, прежде всего, для компенсации медленных тепловых дрейфов длины резонатора, возможен отказ от модулирующего сигнала при переходе от фазового детектирования к цифровой обработке сигнала интенсивности генерации. Такая система должна содержать в себе АЦП интенсивности сигнала генерации, ЦАП сигнала управления, высоковольтный усилитель постоянного тока и микроконтроллер с программой управления.

Для определения коэффициентов регулирования ССР в начале работы сканирует длину резонатора лазера во всем диапазоне регулирования. Кроме положения максимумов генерации это позволяет определить рабочий диапазон выходного усилительного каскада. Пример такой зависимости показан на рис. 1.

При работе в широком диапазоне температур возможен уход рабочей точки за пределы диапазона регулирования, что требует быстрого (желательно мгновенного) «перескока» и настройки системы регулирования на другой максимум выходного сигнала лазера. Зависимость смещения пьезокорректора от напряжения на пластинах является гистерезисной, что необходимо учитывать при "перескоках" с одного максимума на другой (задавая изменение напряжения с добавлением величины гистерезиса 10–15 В).

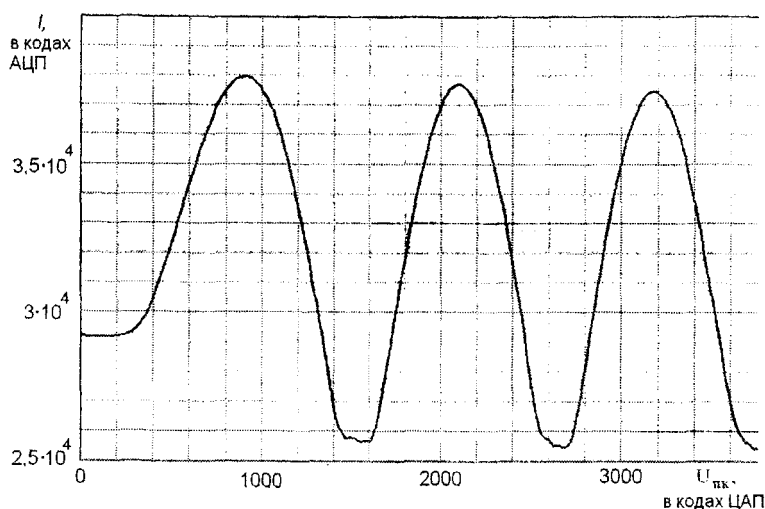


Рис. 1. Зависимость интенсивности генерации лазера от напряжения на пьезокорректоре

Если известно направление теплового дрейфа, то можно также выбрать тот крайний максимум, который будет смещаться к центру рабочего диапазона пьезокорректора.

В созданной ССР все перечисленные функции возложены на микроконтроллер С8051F410. Кроме того, для определения уровня генерации использован его 12-разрядный АЦП, а для формирования управляющего напряжения 12-разрядного встроенный ЦАП, что позволило существенно упростить и уменьшить габариты ССР.

Энергопотребление ССР в основном определяется током питания выходного высоковольтного каскада. Не смотря на то, что сопротивление нагрузки (пьезокорректора) велико и фактически определяется утечками и перезарядкой емкости (примерно 15 нФ), для модуляции положения моды, сканирования длины резонатора и выполнения быстрого «перескока» на другой максимум усиления выходной каскад должен быть достаточно быстродействующим с током питания величиной в несколько миллиампер.

## БЕСПЛАТФОРМЕННАЯ ИНЕРЦИАЛЬНАЯ НАВИГАЦИОННАЯ СИСТЕМА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ КОРРЕКЦИИ ПО СИГНАЛАМ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

Зуйков И.Е., Кривицкий П.Г., Оксенчук И.Д.

*Белорусский национальный технический университет*

Высокие точностных характеристик, хорошие весогабаритные параметры, относительно невысокая стоимость и высокая надежность лазерных бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС) прочно закрепили их на рынке авиационных навигационных систем и на обозримое будущее поставили их в ряд наиболее перспективных для практически всех областей применений инерциальной навигации. Возможность же простой интеграции лазерных БИНС с аппаратурой глобальной спутниковых систем позиционирования (GPS/ГЛОНАСС) позволяет им занять позицию абсолютного лидера для