

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 621.373 : 535.06

ИЗМЕРЕНИЕ ЛИНЕЙНОЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА С ПОМОЩЬЮ ОПТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ДОПЛЕРА

Ю. Н. Дубнищев, А. И. Лохматов, Л. Н. Коцеев,
А. А. Столповский и Е. Н. Уткин

Эффект Доплера в когерентном световом пучке может быть успешно использован для бесконтактного измерения локальной линейной скорости движения тел [1, 2]. Схема экспериментальной установки, разработанной в Институте автоматизации и электрометрии СО АН СССР для исследования доплеровского метода измерения скорости представлена на рис. 1. В описываемом устройстве в качестве источника когерентного света использовался лазер на парах кадмия, созданный в Институте, с длиной волны 0.44 мкм и выходной мощностью 5 мвт.

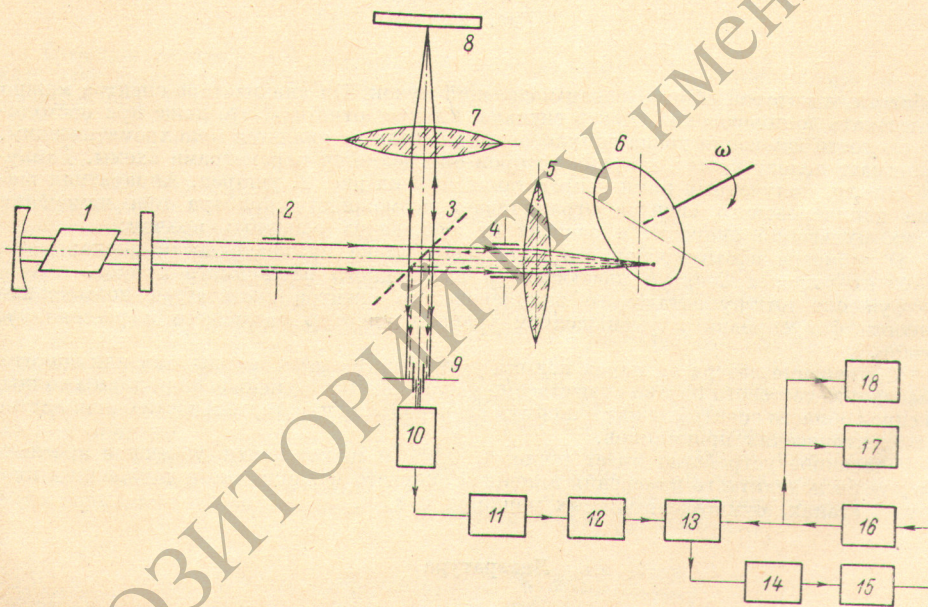


Рис. 1.

Луч света кадмиевого лазера 1, работающего на основной моде, проходит апертурную диафрагму 2 и попадает на светоделительную пластинку 3, где разделяется на два пучка. Один из расщепленных пучков проходит диафрагму 4 и фокусируется объективом 5 на поверхность диска 6, локальная линейная скорость которого подлежит измерению. Диск вращается с угловой скоростью ω . Второй из расщепленных пучков фокусируется объективом 7, идентичным объективу 5, на поверхность полированной стеклянной пластинки 8, отражается от нее и направляется тем же объективом на фотоделительную пластинку, где, выполняя роль опорного пучка, рекомбинирует с сигнальным лучом, рассеянным диском 6. Сигнальный и опорный пучки ограничиваются полевой диафрагмой 9 и интерферируют на фотокатоде фотоэлектронного умножителя 10. Фотоэлектронный умножитель, как квадратичный детектор, выделяет электрический сигнал разностной доплеровской частоты, значение которой определяется выражением

$$f_{\text{Д}} = \frac{1}{2\pi} v (k_s - k_i) = \frac{2v \cos \theta}{\lambda}, \quad (1)$$

где \mathbf{v} — вектор линейной локальной скорости, \mathbf{k}_s — волновой вектор рассеянного пучка, выделенного диафрагмой 4, \mathbf{k}_i — волновой вектор падающего пучка, θ — угол между вектором падающего пучка и вектором локальной линейной скорости, λ — длина волны лазерного света. Здесь учтено

$$|\mathbf{k}_s| \approx |\mathbf{k}_i| \approx \frac{2\pi}{\lambda}.$$

Электрический сигнал доплеровской частоты с нагрузки фотоэлектронного умножителя 10 поступает через фильтр высоких частот 11 и усилитель-ограничитель 12 на следящий фильтр, состоящий из фазового детектора 13, фильтра низких частот 14, усилителя постоянного тока 15 и управляемого по частоте генератора 16. С выхода генератора 16 сигнал поступает на анализатор спектра 17 и цифровой частотомер 18. Показания цифрового частотомера пропорциональны линейной скорости диска

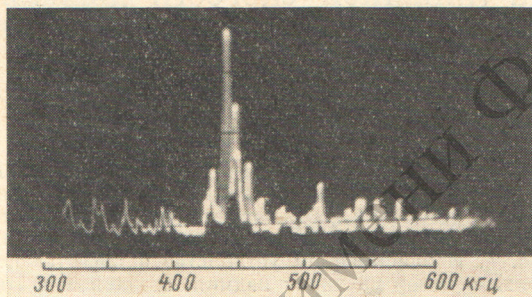


Рис. 2.

в области, в которой сфокусирован падающий пучок. На анализаторе спектра можно исследовать доплеровский спектр сигнала. Следует отметить, что даже при постоянной скорости движения диска доплеровский сигнал не является монохроматическим, а занимает полосу частот, ширина которой определяется параметрами схемы. Типичный спектр, полученный нами и представленный на рис. 2, уширен. Аппаратная ширина доплеровского спектра ограничивает возможности прибора при измерении малых пульсаций скорости и зависит от следующих основных причин:

- 1) диаметра сфокусированного падающего пучка на поверхности диска;
- 2) от угловых апертур падающего и выделенного рассеянного пучков.

Сужение инструментального доплеровского спектра достигается повышением точности фокусировки и уменьшением угловых апертур падающего и рассеянного пучков.

Применение лазера на парах кадмия дает значительные выгоды, так как энергия рассеянного светового потока существенно увеличивается с уменьшением длины волны, а в синей области спектра лежит максимум спектральной чувствительности большинства фотоэлектрических приемников.

Описанное устройство имеет точность 0,2% и может найти успешное применение для бесконтактного измерения линейной скорости механического движения в прокатных станах, бумагоделательных машинах и т. п.

Литература

- [1] K. D. Kroeger. Proc. IEEE, 53, 211, 1965.
- [2] S. C. L. Botcherby, C. A. Bartley-Denniss. Optics Technol., 1, 85, 1969.

Поступило в Редакцию 30 октября 1970 г.