

При разработке систем, имеющих достаточно протяженные линии распространения оптического или высокочастотного радиоизлучения, часто приходится учитывать фактор временной задержки при прохождении электромагнитного импульса от источника к приемнику. При этом время задержки зависит не только от протяженности линии, но и от свойств тракта (оптического волновода, коаксиального кабеля) и частоты самого излучения. Особенно актуален этот вопрос для систем, строящихся на различных линиях задержки в оптическом и радиочастотном диапазоне.

Электромагнитная волна в среде, как известно, распространяется медленнее, чем в вакууме в  $n$  раз, где  $n$  – абсолютный показатель преломления. В случае оптического волновода (оптического волокна) вводится понятие эффективного показателя преломления  $N_{eff}$ , который в некотором смысле эквивалентен  $n$  для изотропной среды: он показывает во

сколько раз скорость распространения светового импульса в оптическом волокне (для рассматриваемой моды) меньше скорости света в вакууме, однако по своей величине  $N_{eff}$  лежит между абсолютными значениями показателя преломления

сердцевины волновода  $n_{core}$  и подложки  $n_{clad}$ . Объяснение этого явления возможно при рассмотрении распространения электромагнитной волны в ограниченном пространстве направляющей среды, однако для описания времени прохождения светового импульса по оптическому волокну длиной  $L$  можно пользоваться простым выражением:

$$t = L * N_{eff} / c$$

Данное выражение справедливо и для коаксиальных радиочастотных волноводов с той разницей, что вместо  $N_{eff}$

следует использовать некоторый эквивалентный коэффициент.  $N_{eff}$  не является константой и зависит как от свойств самого

волновода (геометрические размеры, форма, диэлектрическая проницаемость и т.д.), так и от длины волны электромагнитного излучения (хроматическая дисперсия). Это приводит к тому, что:

- при одной и той же длине разные волноводы обладают различным временем задержки;
- разные частоты распространяются с разными скоростями и, соответственно, за разное время.

Рассматриваемый метод позволяет определить  $N_{eff}$  оптического волновода для различных длин волн (частот)

излучения, однако применим и для радиочастотных коаксиальных кабелей. Схема установки приведена на рис.1.

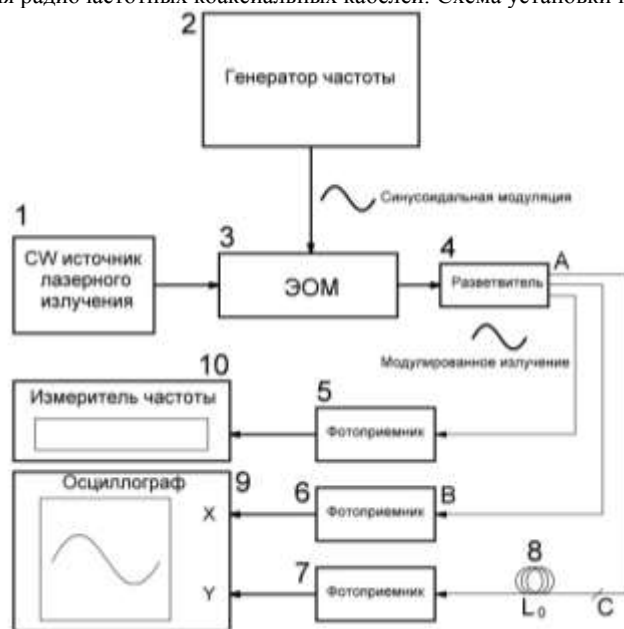


Рис.1 Схема установки для измерения  $N_{eff}$  оптического волокна

Излучение лазера 1 вводится в оптическое волокно и модулируется по амплитуде гармоническим сигналом частотой  $f_N$  с генератора частоты 2 посредством электрооптического модулятора 3, после чего поступает на разветвитель 4. Модулированное излучение лазера поступает на фотоприемники 5, 6 и 7, при этом длины выводов А-В и А-С должны быть одинаковы. Между фотоприемником 7 и выходом С разветвителя включается отрезок исследуемого волокна точно известной длины  $L_0$ . Сигналы фотоприемников 6 и 7 поступают на осциллограф 9, где включаются во взаимно ортогональной развертке, а сигнал фотоприемника 5 заводится на поверенный измеритель частоты 10. Частота  $f_N$

выбирается таким образом, чтобы разность фаз сигналов с фотоприемников 6 и 7 была равна  $\pi N$ , где  $N$  – целое число больше нуля. При этом в ортогональной развертке каналов осциллографа будет наблюдаться диагональная прямая линия в I и III четвертях при сдвиге фаз  $2\pi N$  и во II и IV четвертях при  $\pi(2N-1)$ . При синфазности и противофазности сигналов  $N_{eff}$

легко определяется из простого соотношения:

$$N_{eff} = \frac{Nc}{L_0 * f_N}$$

Как следует из формулы, точность определения  $N_{eff}$  зависит от точностей измерения длины эталонного образца

волокна, частоты генератора, обнаружения фазы на осциллографе. Все эти параметры могут быть измерены с учетом накопления и статистической обработки достаточно точно. Реальные эксперименты подтвердили работоспособность метода, погрешность определения  $N_{eff}$  составила менее 1%.