



Рисунок 3 – поляризационная мультистабильность в лазере с циркулярной поляризацией мод резонатора

В случае ортогональных циркулярно поляризованных в начальный момент волн (рис. 3, а) переход от волны с правоциркулярной поляризацией к волне с левоциркулярной поляризацией осуществляется через область отстройек с поляризационной неустойчивостью, где имеет место двухчастотный режим с вращением азимутов при постоянных интенсивностях и эллиптичностях генерируемых волн. Такое поведение поляризации при изменении отстройки обнаружено экс-

периментально в работе [2]. В случае ортогональных эллиптически поляризованных мод резонатора (рис 2, а, левая колонка) аналогичный переход от одной волны к другой сопровождался колебаниями интенсивностей и эллиптичностей и вращением азимутов волн генерации, что подтверждено экспериментально в работе [3]. Двухчастотные режимы генерации с периодическими колебаниями всех трех переменных возникают только в случае линейных ортогональных состояний поляризации мод резонатора в отсутствие магнитного поля (рис. 1, левая колонка).

Явления нелинейной поляризационной динамики: поляризационная неустойчивость и мультистабильность, нарушение поляризационной симметрии, поляризационный хаос – создают предпосылки для формировании новой области исследований – поляризационной информатики.

#### Литература

1. Svirina, L. P. A two-frequency gas laser with weakly anisotropic cavity / L. P. Svirina // Opt. Commun. – 1994. – Vol. 111, № 2. – P. 380–390.
2. Cotteverte, J. C. Dynamics of circularly polarized eigenstates in lasers with nonweak atomic coupling / J. C. Cotteverte, F. Bretenaker, Le Floch A. // Opt. Lett. – 1991. – Vol. 16, № 8. – P. 572–574.
3. Svirina, L. P. Spontaneous pulsations in gas class-A lasers with weakly anisotropic cavities / L. P. Svirina, V. G. Gudelev, Yu. P. Zhurik // Phys. Rev. A – 1997. – Vol. 56, № 6. – P. 5053–5065.

УДК 628.971.85:629.113

### ФАНТОМНЫЙ ЭФФЕКТ В СИГНАЛЬНОМ ОБОРУДОВАНИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И СПОСОБЫ ЕГО МИНИМИЗАЦИИ

Сернов С.П., Балохонов Д.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** Рассматриваются причины появления фантомного эффекта в светотехническом оборудовании транспортных средств и предлагаются рекомендации по ликвидации фантомного эффекта с помощью деталей вторичной оптики.

**Ключевые слова:** светотехническое оборудование транспортных средств, фантомный эффект.

### PHANTOM EFFECT IN AUTOMOTIVE LIGHTING DEVICES AND WAYS TO ELIMINATE IT USING SECONDARY OPTICS

Sernov S., Balokhonov D.

Belarusian national technical university

Minsk, Belarus

**Abstract.** Phantom effect in automotive lighting devices and ways to eliminate it using secondary optics pieces are discussed.

**Key words:** automotive lighting devices, phantom effect.

Адрес для переписки: Балохонов Д.В., пр. Независимости, 65, г. Минск 220113, Республика Беларусь  
e-mail: balokhonov@bntu.by

Фантомный эффект – явление, при котором свет солнца или иного внешнего источника света, попадая на светоизлучающую поверхность светотехнического оборудования и отражаясь от нее создает видимость работоспособного состояния. Первоначально эта проблема

возникла на железнодорожном транспорте при засветке мачтовых светофоров солнечным светом или мощными прожекторами локомотивов, что отрицательно влияло на однозначность зрительного восприятия цветовых сигналов машинистами в условиях когда яркость отра-

женного света была сравнима с яркостью света огней светофора.

Данный эффект ранее наблюдался в основном в светофорах различных типов, оснащенных лампами накаливания и оборудованных светофильтрами с рефлекторами, формирующими узкое (половинный угол до  $10^\circ$ ) распределение силы света при условии, что в светофор попадали прямые лучи солнца или фар транспортных средств [1]. Этот эффект может быть причиной опасной дорожной ситуации, когда светофор может ложно «показать» все свои сигналы сразу. В результате в ТНПА появились требования по контролю фантомного эффекта для всех типов дорожных светофоров, а в качестве контролируемого параметра используется коэффициент, определяемый по формуле

$$F_{ph} = L_s/L_{ph}, \quad (1)$$

где  $L_s$  – средняя яркость светового сигнала,  $L_{ph}$  – яркости воздействующего солнечного света.

Для имитации солнечного излучения используют прожекторы с источником света, имеющим коррелированную цветовую температуру в диапазоне 4500К–6500 К и обеспечивающими освещенность светоизлучающей поверхности оптического элемента  $E = 40000$  лк.

В настоящее время (особенно в современных автомобилях) фантомный эффект может наблюдаться в светотехническом оборудовании транспортных средств при условии, что это оборудование снабжено светофильтрами с рефлекторами, расположенными сразу за ними [2]. Этому благоприятствует узкое распределение силы света сигнального светотехнического оборудования (стоп-сигналы всех категорий S1–S4, указатель поворота категорий 2, a и 2, b, габаритные огни категорий R2 и др.). Этот эффект проявляется особенно сильно при небольшой высоте солнца над горизонтом при условии, что солнце светит на светотехническое оборудование, а также при небольшой высоте посадки водителя при движении по наклонной дороге.

Использование светодиодных источников света и отсутствие светофильтров в конструкции светофоров минимизировало влияние фантомного эффекта в настоящее время.

В светосигнальном светотехническом оборудовании транспортных средств продолжают использоваться светофильтры и расположенные за ними рефлекторы даже при условии применения светодиодов. Это обусловлено высоким коэффициентом отражения металлизированных пластиковых рефлекторов при их небольшой массе, что позволяет уменьшать массу фонаря в целом; а также стремлением производителей транспортных средств показать место расположения сигналов на транспортном средстве даже в выключенном состоянии по эстетическим причинам. Поэтому для них нормируются значения  $F_{ph}$  больше 3, для дорожных знаков не менее 5.

В отличие от рефлекторов, монолитные линзы, которые неспособны создавать фантомный эффект, имеют большую массу и не могут так же эффективно (без потерь света на отражение при преломлении) создать узкое распределение силы света. Поэтому их используют в основном в проекционных фарах транспортных средств.

Для снижения вероятности появления фантомного эффекта в светосигнальном светотехническом оборудовании транспортных средств предлагается использовать следующие рекомендации:

1. В качестве источника света применять светодиоды, координаты цветности которых полностью соответствуют стандартам для сигнального оборудования транспортных средств, что позволит не использовать цветные светофильтры, минимизировать вероятность возникновения фантомного сигнала и улучшить эффективность несменных источников света.

2. В качестве деталей вторичной оптики применять асферические неизображающие охватывающие линзы или т. наз. рефлекторы полного внутреннего отражения. Это позволит повысить коэффициент отражения, уменьшить его деградацию от времени (так как такой рефлектор не окисляется), и обеспечить принципиальную невозможность фантомного эффекта: такая деталь вторичной оптики рассеивает все лучи, которые попали в нее под нештатным углом, а при применении ее в «обратном включении» собирает эти лучи в точке, где находится светодиод. Металлизированный рефлектор, наоборот, отражает все лучи, в том числе и рассеянные, что способствует появлению фантомного эффекта.

3. При абсолютной необходимости использования рефлектора (например, очень широкое распределение силы света по горизонтали, но узкое по вертикали) он должен выполнять вспомогательную функцию и находиться возможно дальше от выходного отверстия фонаря. В этом случае разумно использовать рефлекторы простейшей формы (например, конус или плоскость), а окончательную настройку распределения силы света выполнять с помощью неизображающих линз, например, линз Френеля.

4. Широко применять светопоглощающие и светорассеивающие покрытия внутренних частей светотехнического оборудования транспортных средств, а также надежно разделять их секции, что позволит избежать «совместного включения» соседних секций комбинированных фонарей.

#### Литература

1. Woolley, G. F. Phantom Indications in Color-Light Signals / G. F. Woolley // *Railway Signaling*. – 1929. – № 2. – P.86–88.
2. Hann, N. The phantom light effects in rear signaling lamp combinations of modern vehicles / N. Hann, K. Karsten, K. Manz // UNECE [Electronic resource]. – 2021. – Mode of access: <https://unece.org/DAM/trans/doc/2009/wp29gre/ECE-TRANS-WP29-GRE-61-01e.pdf>.