

Описанная разновидность ИИМ-3 была реализована в замкнутом тяговом электроприводе постоянного тока с двигателями типа ДК-263А общей мощностью 160 кВт при $f_{\text{в.г}} = 400 \text{ Гц}$ ($T = 0,0025 \text{ с}$) и $f_1 = 100 \text{ кГц}$.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Слепов Н. Н., Дроздов Б. В. Широтно-импульсная модуляция.—М.: Энергия, 1978.—192 с.
2. Косыкин О. А., Каранетян А. К. Анализ способа синхронной фильтрации управляющего сигнала в тяговых электроприводах с ИСУ/Автоматизация систем тягового привода и электроснабжения: Сб науч. трудов № 238.—М.: Моск. энерг. ин-т, 1990.—С. 38—44.

АрмНИИМАШ

20 IX 1990

Изв. АН Армении (сер. ТН), т. XLIV, № 4, 191, с. 193—200.

НАУЧНОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

УДК 528.5

К. С. ГЮНЯНЯН, Е. А. АЙРАПЕТАН, В. А. МАРКАРЯН

ОТРАЖАТЕЛЬ ДЛЯ СВЕТОДАЛЬНОМЕРА ДВСД-1200

Рассматриваются особенности работы плоского зеркала, трипельпризмы или угольскопного отражателя и зеркально-линзового отражателей, предназначенных и качестве отражателя для высокоточного светодальномера ДВСД-1200. Приведены результаты измерений.

Ил. 5. Библиогр.: 4 назв.

Պատկերվում են գործարար Հիտովյան ДВСД-1200 լուսահեռաչափի համար նախատեսված հարմար հարկեր, անկյունային ակտիվացիայի և հարկա-ստիպակային անդրադարձիչի աշխատանքի առանձնահատկությունները: Բերվում են փորձնական չափումների արդյունքները:

На отражатель высокоточного светодальномера, предназначенный для работы на коротких линиях длиной 100...300 м, устанавливаются следующие основные требования: максимальная отражательная способность при минимальных размерах; сохранение равномерной освещенности приемной зоны светодальномера при различных флуктуациях атмосферы и перепадах температуры; сохранение поляризации немодулированного и фазы модулированного света; концентрация интенсивности приемного луча. Для светодальномера без приемно-передающей оптики, каким является ДВСД-1200 [1], большинство указанных требований выполнимы известными отражателями как фокусирующее зеркало, трипельпризмы и зеркально-линзовые системы.

Работу этих отражателей следует рассмотреть для модулированного и немодулированного света, т. к. деполяризация в обоих случаях

может привести к нарушению или ухудшению работы светодальномера. Ниже рассматриваются особенности работы указанных отражателей.

1. *Фокусирующее зеркало.* Несмотря на трудности ориентации, существенное увеличение дальности измерения ДВСД-1200 можно обеспечить применением фокусирующего зеркала. Определение допусков на ориентацию отражателя в виде фокусирующего зеркала связано с наименьшим диаметром луча, которого можно получить в фокусе зеркала, и диаметром самого зеркала, обычно равного 120...150 мм. Для этого учитывается максимальная длина измеряемой линии и неплоскостность зеркала, обычно равная 10...15" и образующая рассеивание в отраженном свете удвоенное значение этого угла.

В известных светодальномерах отражателем возвращается 10...12% начальной интенсивности света. При лазерном источнике света с раскрывом луча $\varphi_1 = 6'$ величина $D_{\max}$ определяется из отношения диаметра зеркала D_z к диаметру луча D_1 . На плоскости отражателя должно иметь место $D_z/D_1 \times 100 = 10\%$. С другой стороны $D_z = \varphi_2 D_{\max}/\rho$ или же $D_{\max} = D_z \rho / 0,1 = 86' \rho$ м. Учитывая потери света в пути, принимается $D_{\max} = 500$ м. По известным величинам $\varphi_{\text{рас}} = 3''$ и $D_{\max} = 500$ м определяется диаметр луча в фокусе зеркала $d = \varphi_{\text{рас}} D_{\max}/\rho = 70$ мм.

Чтобы с расстояния 500 м при диаметре зеркала, равного 150 мм, на светодальномере получить луч диаметром 70 мм, фокусное расстояние зеркала должно составить $F = \rho / 70 \varphi_1 \approx 40$ м. С расстояния 500 м ошибка ориентации зеркала на угол φ_0 может определиться из условия, при котором смещение луча на светодальномере должно быть меньше или равно половине диаметра приемного луча, т. е. $h \leq 2\varphi_0 D_{\max}/\rho \leq 0,5d$ или $\varphi_0 \leq 0,5d\rho/2D_{\max} \leq 8'$.

Получено, что погрешность ориентации фокусирующего зеркала при раскрыве лазерного луча 6" равна погрешности ориентации плоского зеркала, когда на него направляется параллельный пучок. А поскольку диаметр приемного канала светодальномера ДВСД-1200 намного меньше, чем диаметр луча в плоскости приема ($d_{\text{пр}}/d = 0,036$), то статистические изменения выходного сигнала фотоприемника при сцинтилляции приемного луча могут быть очень большими.

Измерения показали, что на линии длиной 150 м при разности температур на концах линии, равной 10...12°C, амплитуда колебаний светлых участков отраженного луча составляла 8...10 мм и временно полностью нарушалась работа светодальномера. Решением этого вопроса является применение приемной оптики диаметром, по меньшей мере равном 25...30 мм, или же фокусирующего отражателя зеркально-линзовой конструкции.

2. *Трипельпризма или уголкового отражателя.* Основным недостатком всех уголкового отражателей является сложность изготовления и большие потери интенсивности отраженного света, достигающие до

40% для поллой призмы при среднем коэффициенте отражения от одной плоскости, равном 0,85. Кроме того, имеются результаты [2], не рекомендующие применение уголкового отражателя при поляризационной модуляции света, хотя в [3] на основе анализа поляризационных свойств уголкового отражателя показано, что в некоторых случаях их можно использовать.

Известно, что отражающие грани уголкового отражателя поворачивают плоскость поляризации света на одинаковые углы и противоположных направлениях и при любой ориентации возвращают одинаковые интенсивности света [2, 3]. Поэтому на выходе приемной оптики, направленной по оси отраженного света, результирующий свет после анализатора эквивалентен воздействию света, отраженного от плоского зеркала, исходя из того, что световой поток принимается от всех участков рабочей апертуры отражателя.

В тех случаях, когда поляризационный светодальномер не имеет приемной оптики, а диаметр приемного отверстия (2,5...3 мм) намного меньше, чем рабочая апертура отражателя ($\varnothing \approx 50$ мм), имеется приемный поток света от одних участков апертуры отражателя. В таких случаях матричное решение для блок-схемы модуляции-демодуляции света на рис. 1 учитывает поворот эллипса поляризации источника света.

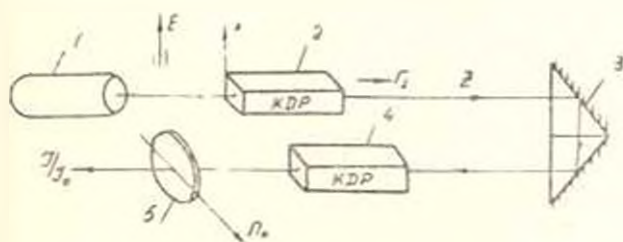


Рис 1

Матрица для уголкового отражателя определяется из выражения [4]

$$E_1 = M_1 \cdot E_2 = E_0 e^{i\alpha} \begin{vmatrix} 1 & \\ & 0 \end{vmatrix} = M_1 e^{i\alpha} \quad (1)$$

где E_1 — вектор Джонса для линейно поляризованного света, электрический вектор E которого колеблется в вертикальной плоскости XZ , (рис.1); E_0 и α — амплитуда и фаза вектора E ; E_2 — вектор Джонса для отраженной световой волны.

$$M_1 = \frac{1}{E_0} \sqrt{E_x^2 + E_y^2} e^{i\left(\frac{\varphi_x - \varphi_y}{2} - \alpha\right)} \begin{bmatrix} \cos Re^{\frac{i\varphi}{2}} \sin Re^{-\frac{i\varphi}{2}} \\ \sin Re^{-\frac{i\varphi}{2}} \cos Re^{\frac{i\varphi}{2}} \end{bmatrix} \quad (2)$$

$R = \arctg(E_r/E_t)$, $\gamma = \delta_r - \delta_t$; E_t и E_r , δ_t и δ_r — компоненты амплитуды и фазы отраженной волны. Взаимное расположение основных векторов и фаз в выражении (2) показаны на рис. 2. Остальные матрицы оптических элементов блок-схемы на рис. 1 следующие:

$$M_{2,4} = \begin{bmatrix} \cos \frac{\Gamma_{1,2}}{2} & i \sin \frac{\Gamma_{1,2}}{2} \\ i \sin \frac{\Gamma_{1,2}}{2} & \cos \frac{\Gamma_{1,2}}{2} \end{bmatrix}, \quad M_3 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (3)$$

$M_{2,4}$ — матрицы модулятора-демодулятора света со сдвигами фазы модуляции Γ_1 и демодуляции Γ_2 , M_3 — матрица анализатора с горизонтальной осью пропускания света. Электрический вектор Джонса на выходе анализатора определяется решением уравнения для $E_{\text{вых}}$

$$E_{\text{вых}} = M_3 M_1 M_2 M_4 M_1. \quad (4)$$

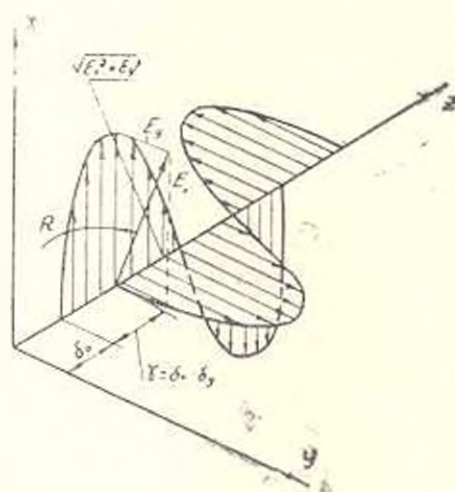


Рис. 2.

Общее решение уравнения (4) после переумножения матриц и перехода к интенсивности света $I = E E^*$ получим в виде

$$I = [1 - \cos 2R \cos (\Gamma_1 + \Gamma_2) + \sin 2R \sin (\Gamma_1 + \Gamma_2) \sin \gamma] A^2/2, \quad (5)$$

где $A = \sqrt{E_t^2 + E_r^2}$.

Решение (5) показывает, что влияние углового отражателя на отраженный свет существенно отличается от плоского зеркала.

Чтобы оценить степень поляризации приемного света, следует учитывать условие минимума демодулированного света $\Gamma_1 = -\Gamma_2$ и то, что $A^2 \rightarrow I_0$, а $\cos 2R = \cos 2\alpha \cos 2\beta$. Тогда из решения (5) получим

$$I/I_0 = [1 - \cos 2\alpha \cos 2\beta]/2, \quad (6)$$

где α — азимут большой оси эллипса отраженной волны, β — степень эллиптичности отраженного света.

Получено, что остаточный свет, величина которого может быть определена только экспериментально, не является результатом поляризационной модуляции света. Такой результат и независимость от отношения I/I_0 от разности фаз γ указывает на то, что остаточный свет возникает в немодулированном свете. Это приводит к сдвигу рабочей точки модулятора-демодулятора света от нулевого положения модуляционной характеристики света, что приводит к уменьшению эффективности его модуляции независимо от величины напряжения на кристаллах. При наличии модуляции остаточный свет не меняется, т. е. при $\Gamma_1 + \Gamma_2 = \pi$ имеем

$$I/I_0 = [1 + \cos 2\alpha \cos 2\beta] / 2, \quad (7)$$

т. е. максимум света уменьшается настолько, насколько увеличивается минимум.

Импульсный режим модуляции света и светодальномер ДВСД-1200 позволяет на экране осциллографа следить за изменением амплитуды как модулированного, так и немодулированного света. Эксперименты показали:

а) в положении минимума света остаточного света и импульсы модуляции не наблюдаются;

б) глубина модуляции или зависимость амплитуды импульса модуляции от изменения положения отражателя по сравнению с сигналом, когда отражателем является плоское зеркало, при одинаковых интенсивностях приемного света уменьшается на 10% для отражателя с внутренним отражением, на 5% — для отражателя, грани которого покрыты отражающим слоем, и на 3% — для отражателя в виде поллой призмы (рис. 3);

в) остаточный свет наблюдается в немодулированном луче в таком же процентном соотношении, как и уменьшение модуляции света для каждого вида отражателя. Кроме того, чем меньше размеры углового отражателя, тем меньше остаточный свет.

3. *Зеркально-линзовый отражатель.* Для оценки особенностей работы таких систем принято, что работа объектива диаметром $D_{об}$ не отличается от работы тонкой линзы. На эту линзу (рис. 4) направляется лазерный пучок с расходимостью φ_1 и фокусируется на зеркале 3, находящегося от фокальной плоскости объектива на расстоянии 2Δ . При установке плоского зеркала перпендикулярно к оптической оси объектива на плоскости 2, находящейся от фокусного расстояния на Δ , отраженные лучи после главной плоскости NN' объектива будут возвращаться на светодальномер параллельным пучком.

Параллельные лучи пересекутся с падающими на объектив лучами на расстоянии, равном фокусному расстоянию объектива от плоскости NN' . Если зеркало приблизить к объективу на величину

2Δ и установить в плоскости I на расстоянии F от плоскости NN' , то на светодоальномер направится расходящийся пучок под углом φ_2 . Если же зеркало установлено влево от плоскости I на некоторую величину, то все отраженные лучи должны проходить через точку M (рис. 4) и иметь расходимость больше, чем φ_2 . На основе схемы прохождения лучей, построенных на рис. 3, можно написать

$$(\varphi_1 + \varphi_2) F = X = 4\Delta\varphi_2 = 2\Delta D_{00}; \quad \varphi_1 + \varphi_2 = \frac{2\Delta D_{00}}{F}, \quad (8)$$

точно так же

$$\varphi_1 \sim \varphi_2 = \frac{n\Delta D_{00}}{F^2} \quad \text{или} \quad \varphi_1 = \frac{\Delta D_{00}}{F^2}. \quad (9)$$



Рис. 3.

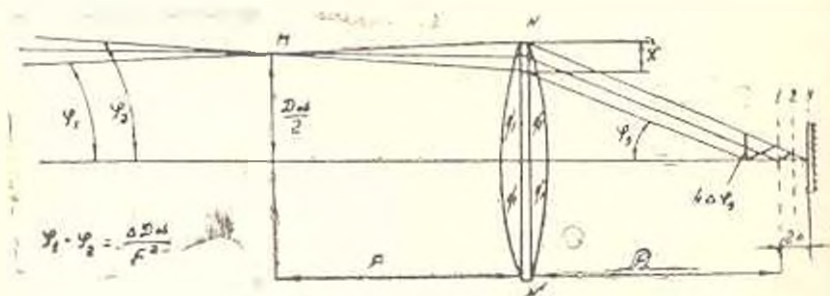


Рис. 4.

Последнее выражение указывает на то, что приемный луч можно фокусировать в том случае, когда на объектив поступает параллельный пучок света, а остальные выражения показывают возможность

фокусировки и расфокусировки приемного луча путем изменения расстояния между объективом и зеркалом. Уменьшение этого расстояния меньше, чем фокусное, соответствует работе отражателя на коротких линиях, когда интенсивность приемного луча без увеличения рассеивания окажется больше необходимой. При увеличении расстояния, когда интенсивность света недостаточна для работы светодальномера, расстояние между объективом и зеркалом нужно выбрать больше, чем фокусное.

При установке зеркала точно в фокусе объектива ($\Delta = 0$) расходимость приемных лучей сохраняется ($\varphi_2 = \varphi_1$) и наоборот, при смещении зеркала на расстояние 2Δ : $\varphi_2 = -\varphi_1$, т. е. лучи могут поворачиваться сходимостью, равной расходимости. Величину Δ можно определить на основе выражения (9)

$$\Delta \approx 10 \rho F / \varphi, \quad (10)$$

где ρ — число секунд в радиане, $a/D_{\text{об}} \approx 10$ принято из условия, что суммарная абберация не превышает $10''$. При $2\varphi = 6'$ для лазерного луча величина Δ будет равна $\Delta = F \cdot 10^{-2}$.

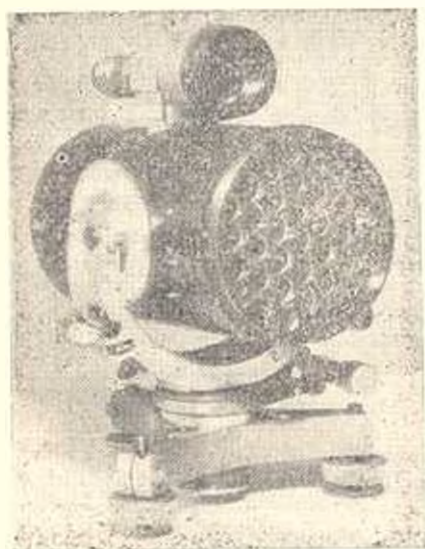


рис. 5

Чтобы определить величину Δ , необходимо иметь фокусное расстояние или диаметр объектива. При этом следует исходить из того, что необходимость в фокусировке возникает на линиях длиной 100 м и больше. При максимальной длине 500 м величина Δ увеличится в 5 раз. Учитывая, что при переходе от параллельного луча к фокусирующему под углом φ фокусное расстояние увеличивается на 2Δ , то на 500 м фокусное расстояние составит 10Δ . Для объективов с фокусным расстоянием 200 мм имеем: $\Delta = 10^{-2} \cdot 200 = 2$ мм, а максимальное изменение фокусного расстояния составит 2 мм.

По этому принципу разработки новый малогабаритный отражатель на объективах диаметром $D_{об} = 15$ мм и фокусным расстоянием 150 мм. Для такого отражателя (рис. 5) $\Delta = 1,5$ мм, а максимальное изменение фокусного расстояния составляет 15 мм. Количество объективов в новом отражателе определяется, исходя из максимального диаметра зеркала, равного 120...150 мм.

Результаты экспериментов показали, что работа светодальномера сохраняется при ошибке ориентации отражателя, равной 1° . Интенсивность приемного света на линии длиной 500 м при работе с зеркально-линзовым отражателем в два раза больше, чем от фокусирующего зеркала. По мере увеличения измеряемого расстояния величина перемещения объективов в отношении зеркал уменьшается. Начиная с расстояния 100...120 м, в приемном свете наблюдается сетка, состоящая из ярких и темных точек. По мере увеличения расстояния шаг сетки увеличивается тем больше, чем меньше диаметр объективов. На линиях 300...350 м шаг сетки при $D_{об} = 17$ мм равен 3...3,5 мм. Это явление еще раз указывает на необходимость применения в светодальномере ДВСД-1200 приемной оптики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вайнберг В. Я., Шаров Ф. В. Исследования макетов светодальномеров типа ДВСД-1200 с зеркальной коллимирующей системой // Издания и картография.—1983.—№ 4.—С. 17—20.
2. Об отражателях для светодальномеров с модуляцией света по поляризации // И. Адрианова, Ю. Г. Король, В. В. Митрофанов и др. // Оптико-механическая промышленность.—1972.—№ 10.—С. 66—67.
3. Бондаренко И. Д., Ханюк Б. Ю. Применение тетраэдрических зеркальных отражателей в активных системах с модуляцией светового потока по поляризации // Оптико-механическая промышленность.—1976.—№ 2.—С. 75—77.
4. Шерклифф У. Поляризованный свет.—М.: Мир, 1965.—264 с.

ЕРНИ

20, XII, 1989

Изв. АН Армении (сер. ТН), т. XLIV, № 4, 1991, с. 200—203.

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА

УДК 536.5.587

Р. А. СИМОНЯН, О. А. МАРТИРОСЯН

ДВУХКАНАЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК ЭТАЛОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН

Описана система с двумя излучателями на основе макетов АЧТ. Схема термостатирования обеспечивает не только высокую точность термостатирования излучателей макетов АЧТ, но и высокую точность поддержания разности температур излучателей. Приведены функциональная схема системы и ее технические характеристики.

Лит. 1. Библиогр.: 3 изд.