

СВЕТОДАЛЬНОМЕР С ДВУМЕРНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИОННОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

ДЬ. ГРАЦКА

Кафедра Общей Геодезии Института Геодезии, Будапештского Технического
Университета

(Поступило: 31 января 1979 г.)

Представлено д-р Ф. Шаркези

За исключением непосредственно модулируемых источников оптического излучения, дальномерная информация вводится в оптическую линию связи специальным модулятором. Среди них наиболее распространены устройства, использующие поляризационные свойства света, хотя сама обработка измерительной информации происходит в большинстве случаев амплитудной демодуляцией.

На данном этапе развития светодальномеров серийный выпуск лазерных источников с определенной поляризацией открывает новые перспективы применения поляризационной модуляции для измерения расстояний.

В связи с этим предлагается рассмотреть электромагнитную волну в двойном комплексном представлении, временном по $(1, i)$ и пространственном по $(1, j)$. Плоскую электромагнитную волну, распространяющуюся в непроводящей однородной изотропной среде вдоль оси oz , можно представить двумя проекциями вектора напряженности электрического поля на оси ox и oy с единичными ортами \vec{x}_o и \vec{y}_o :

$$\begin{aligned}\vec{E}_x &= \vec{x}_o E e^{j(\omega t - k_x z - \psi)} \\ \vec{E}_y &= \vec{y}_o E e^{j(\omega t - k_y z - \psi)}\end{aligned}\quad (1)$$

где E — модуль вектора напряженности, ω — круговая частота ψ — фаза, k_x и k_y — угловые волновые числа, определяемая выражениями:

$$\begin{aligned}k_x &= \omega \sqrt{\epsilon_x \mu_x} ; \\ k_y &= \omega \sqrt{\epsilon_y \mu_y} ;\end{aligned}\quad (2)$$

где ϵ и μ — диэлектрическая постоянная и магнитная проницаемость передаточной среды. В изотропной среде $k_x = k_y = k$ а величину (k_z) можно не учитывать.

Поскольку векторы \vec{E}_x и \vec{E}_y не меняют свои ориентации в пространстве, то такие составляющие называются плоско-поляризованными в отличие от

результатирующего \bar{E} , который в процессе распространения меняет не только амплитуду но и ориентацию. Конец вектора \bar{E} в плоскости xoy описывает замкнутую фигуру, представляющую собой эллипс, который в случае $\psi_x = \psi_y$ вырождается в прямую линию, а в случае $\psi_x = \psi_y = \frac{\pi}{2}$ — в окружность.

Введем угловые параметры поляризации θ — угол ориентации большой полуоси эллипса, φ — угол эллиптичности т. е. аргумент тангенса отношения большой и малой полуосей эллипса поляризации, тогда результирующий вектор \bar{E} на двойной комплексной плоскости $(1, i : 1, j)$ можно записать в виде:

$$\dot{E}(t) = E e^{-i\theta} e^{i\psi} e^{i\omega t} e^{i\psi}; \quad (3)$$

где: $\psi = \psi_x + \psi_y$

В уравнении (3) содержатся всевозможные параметры $(E, \theta, \varphi, \omega, \psi)$ подлежащие разным видам модуляции при измерении расстояний.

Обратим внимание на параметр φ , поскольку среди существующих моделей модуляторы эллиптичности наиболее эффективные. Модуляция эллиптичности дальномерным сигналом $D(t) = \sin \Omega t$ означает гармоническое изменение эллиптичности поляризации с частотой Ω . Если модулятор обеспечивает девиацию эллиптичности в $\Delta\varphi$, то модулированный сигнал представляется в виде:

$$\dot{E}(t) = E e^{-i(\Delta\varphi \sin \Omega t)} e^{i\psi} e^{i\omega t} e^{i\psi}. \quad (4)$$

Такая волна претерпела совмещенную пространственно-временную модуляцию, и является результирующими двух ортогональных составляющих, модулированных по амплитуде и фазе:

$$\begin{aligned} E_x &= \operatorname{Re}_{i_j}[\dot{E}(t)] = E \cdot \cos(\Delta\varphi \sin \Omega t) \cos(\omega t + \psi); \\ E_y &= \operatorname{Im}_i \operatorname{Re}_j[\dot{E}(t)] = E \cdot \sin(\Delta\varphi \sin \Omega t) \sin(\omega t - \psi). \end{aligned} \quad (5)$$

С целью оптимального приема этой волны желательно использовать обе составляющие (5). Для этого потребуется поляризационный разветвитель, разделяющий волну на эти составляющие. Детектирование может производиться двумя приемниками, подключенными к дифференциальной схеме усиления, либо можно свести эти составляющие в одну плоскость с необходимой компенсацией фаз между ними и принимать на один приемник. И в том и другом случае в результате мы получим вдвое больше амплитуду, чем в одноканальном приеме. Другим важным преимуществом такого способа передачи является более высокий уровень излученного сигнала, ибо модулятор работает без поляризаторов. Кроме того поляризационный разветвитель перед приемником производит фильтрацию естественно поляризованных помех.

Однако этим не исчерпаны все потенциальные возможности двумерной поляризационной модуляции. Предположим, что волна (1) распространяется в анизотропной среде — в данном случае в атмосфере — имеющей разные диэлектрические постоянные ϵ_x и ϵ_y . Тогда между ортогональными составляющими создается дополнительный сдвиг по фазе $\Delta\varphi$, пропорциональный разности волновых чисел k_x и k_y умноженное на расстояние z :

$$\Delta\varphi = (k_x - k_y)z. \quad (6)$$

Величину поляризационной дисперсии $\Delta\varphi$ можно получить путем измерения разности фаз между ортогональными составляющими, а тем самым судить об анизотропном состоянии воздуха. При надлежащем сборе измерительной информации предполагается выявить зависимости между атмосферной анизотропией и рефракционными свойствами воздуха, а также физическими явлениями, обуславливающими атмосферную анизотропию.

Для технического решения вопроса в Научно-исследовательской лаборатории Института геодезии при БТУ было осуществлено усовершенствование светодальномера Геодиметр 6BL. В первый этап работы модернизирована оптическая приемно-передаточная система соответственно конструкторским решениям новой модели Геодиметр 600. Как известно, взаимная перемена приемной и передающей оптических систем приводило к значительному увеличению дальности действия модели Геодиметр 600. В дальнейшем для осуществления поляризационной передачи на место анализатора за ячейкой Керра был поставлен вращатель поляризации, с помощью которого производится ориентация большой полуоси либо горизонтально либо вертикально. Перед ФЭУ был устроен анализатор, ориентируемый соответственно ориентации поляризационного эллипса в модуляторе.

При таком сочетании поляризационных преобразователей можно измерить расстояние при двух положениях поляризационного эллипса — горизонтальном и вертикальном. Разность измеренных расстояний в двух положениях преобразователей будет соответствовать поляризационной дисперсии анизотропной атмосферы вдоль измеренного расстояния.

Усовершенствованный прибор Геодиметр 6BL, с новыми техническими показателями, в условиях искусственной анизотропии успешно прошел лабораторные испытания.

Содержание

В электро-оптических модуляторах оптического излучения происходит совмещенная пространственно-временная модуляция поляризации. Двойное комплексное представление электромагнитной волны, модулированной дальномерным сигналом по поляризации, явно показывает возможность применения двумерной передачи и приема при измерении расстояний геодезическим светодальномером. Преимуществом такого способа измерений является более оптимальное использование излучения, а также возможность

измерения поляризационной дисперсии анизотропной атмосферы. Усовершенствованном светодальнометра Геодиметр 6BL создан прибор с новыми показателями, предназначенный для изучения анизотропных свойств атмосферы.

Литература

1. Гусев К. Г., Филатов А. Д., Сополев А. П.: Поляризационная модуляция. М., «Сов. радио» 1974.
2. Прилепин М. Т., Голубев А. Н., Оптические квантовые генераторы в геодезических измерениях. М., «Недра» 1972.
3. Laser applications. Volume I. "Academic Press" New York and London 1971.
4. Geodimeter 6BL Operating Manual. AGA Geotronics AB.
5. Geodimeter 600 Operating Manual. AGA Geotronics AB.

Дьюла Грацка, Н-1521 Будапешт