

Введение

Теория Эйнштейна еще не закончена, остается не выясненной роль электромагнитного поля, . . . но ядро теории стоит на очень твердом экспериментальном фундаменте. Такие теории растут, совершенствуются, но не погибают.

С.И. Вавилов

Электромагнитное (ЭМ) поле во вращающихся интерферометрах и гироскопах находится под влиянием эквивалентного гравитационного поля, являющегося следствием возникающих центробежной и Кориолиса сил. Изучению проявляющихся в ЭМ поле эффектов и посвящена эта книга.

Способ и устройства измерения скорости (частоты) вращения гироскопов и интерферометров, работа датчиков угловых перемещений объектов основаны на применении одного из эффектов — «оптического вихревого эффекта Саньяка», проявляющегося в изменении времени обхода ЭМ полем замкнутого контура L во внутренней полости при вращении последнего относительно инерциальной системы отсчета [1, 2]. Считается, что в таком интерферометре или гироскопе ЭМ поле, распространяясь в двух противоположных — относительно направления вращения — направлениях, испытывает разный набег фазы, а разность фаз пропорциональна частоте вращения Ω . Интерференционная картина сдвигается, величина этого сдвига используется для измерения скорости (частоты) вращения с помощью частотомера и решающего устройства (фотопластины, фотоприемника и др.).

Фазовый сдвиг во вращающихся интерферометрах и гироскопах вычисляется на основе разного рода допущений. В ряде работ, например в [3] и во многих других, допускается возможность существования скорости распространения ЭМ поля, большей скорости света c в свободном пространстве, в других работах вычисления производятся на основе электродинамики классической физики. Но результаты вычислений одинаковы — они получены еще Максом Лауэ: расчетное соотношение для разности времен прохождения ЭМ полями путей по направлению движения часовой стрелки и против движения часовой стрелки $\Delta t = 8\pi FS/c^2$, где $F = \Omega/2\pi$ — число оборотов интерферометра в секунду, S — площадь, ограниченная

«путями распространения ЭМ поля». Разность фаз ЭМ полей при этом за счет разности хода вычисляется по формуле

$$\Delta\Phi = \omega_0\Delta t = 8\pi S\Omega/c\lambda_0, \quad (\text{B1})$$

где ω_0 и λ_0 — частота и длина волны тока излучающего источника.

Но А. Зоммерфельд [4], а потом и М. Лауэ [3] показали, что для вычисления разности фаз $\Delta\Phi$ необходимо поставить и решить граничную задачу в неинерциальной системе отсчета, поскольку на ЭМ поле во вращающемся интерферометре или резонаторе действуют эквивалентные гравитационные силы.

Попытки строгих постановки и решения этой задачи предприняты в многочисленных работах [2, 3, 5–8]. Но при этом или применялась нековариантная формулировка уравнений Максвелла, или в материальных, или в дифференциальных уравнениях делались упрощающие допущения, что приводило к решениям, эквивалентным, по существу, решениям классической электродинамики. Поэтому в настоящее время расчеты ЭМ полей во вращающихся интерферометрах и гироскопах основаны на приближенных представлениях.

В соответствии с выражением (B1) считают, что в случае резонатора «изменение его периметра» при вращении приведет к изменению «частот настройки» для «встречных волн», разность частот

$$\Delta\omega = 8\pi S\Omega/\lambda L, \quad (\text{B2})$$

где $\lambda = 4\pi c/(\omega_1 + \omega_2)$ — средняя длина волны, ω_1 и ω_2 — частоты настройки вращающегося кольцевого резонатора для «волн», распространяющихся в направлении вращения и против последнего [2].

Из решения задачи о возможности распространения ЭМ поля во вращающемся резонаторе на основе ряда допущений получена разность частот («расщепление» частот) встречных волн $\Delta\omega = 2(\mathbf{\Omega}\mathbf{c}_\mathbb{N})$, где $\mathbf{\Omega}$ и $\mathbf{c}_\mathbb{N}$ — векторы частоты вращения и коэффициента «расщепления собственных частот». «Расчет последнего представляет большие трудности и может быть произведен только на основе ряда упрощений», как отмечено в [2].

Эти упрощения использованы при расчетах ЭМ полей в учебных пособиях, посвященных изучению гироскопов и интерферометров [1, 2].

Из основных расчетных выражений (B1) и (B2) следуют выводы: отношение площади поперечного сечения интерферометра или гироскопа к длине волны источника ЭМ поля должно быть большим для того, чтобы разность фаз $\Delta\Phi$ была измеряемой величиной. Это означает, что, во-первых, ЭМ поле должно использоваться только

оптического диапазона длин волн, а во-вторых, вращающиеся интерферометры и резонаторы гироскопов должны работать при этом в многомодовом режиме. Частота вращения этим способом определяется с помощью измерителя разности фаз и решающего устройства по разности фаз $\Delta\Phi$, т. е. косвенным способом.

В первых трех разделах книги приведены необходимые для понимания электродинамики во вращающихся системах отсчета краткие сведения по тензорным алгебре и анализу, ковариантная форма уравнений электродинамики, материальные уравнения, постановки и решения граничных задач возбуждения первичного ЭМ поля в цилиндрической и сферической системах координат вращающихся систем отсчета. Материал этих разделов соответствует [23].

В разд. 4 и 5 для обоснования предлагаемых новых резонансного (радиоэлектронного) и одноволнового способов измерения частоты вращения объекта по внутреннему ЭМ полю в полости этого объекта или вне полости сформулированы математические модели вращающихся интерферометров и гироскопов, даны на основе ковариантных уравнений электродинамики строгие постановки и решения граничных задач о возможности существования ЭМ полей электрического, магнитного или гибридного типов во вращающихся цилиндрическом, коаксиальном волноводах и в открытых направляющих системах, ЭМ полей колебаний электрического и магнитного типов во вращающихся цилиндрическом, коаксиальном, шаровом и открытых резонаторах. Полученные выражения позволяют исследовать возбуждаемые во вращающихся направляющих системах (интерферометрах) и резонаторах (гироскопах) ЭМ поля, обнаружить новый эффект электромагнетизма, сопровождаемый появлением собственных частот вращения полостей, критических частот вращения, уточнить выражение для разности фаз $\Delta\Phi$ в случае применения многомодового способа измерения частоты вращения и обосновать физическую картину ЭМ поля во вращающихся волноводах и резонаторах.

Все результаты в настоящей работе получены без использования «как мирного, так и враждебного», по словам С.И. Вавилова, понятия эфира или некорректных предположений о скорости распространения ЭМ поля.

Выражаю признательность рецензентам этой книги профессорам доктору техн. наук Мануилову Борису Дмитриевичу и доктору физ.-мат. наук Лереру Александру Михайловичу за обсуждение результатов, а Ирине Николаевне Краснокутской — за помощь в оформлении рукописи книги.

1 Уравнения электродинамики

1.1. Общая постановка задачи для первичного электромагнитного поля

Анализ работы интерферометров и гироскопов [1, 2], а также установок, применявшихся в опытах Гарреса, Саньяка, Погани [3], показывает, что при измерении скорости (частоты вращения с помощью ЭМ полей все случаи сводятся к следующим: 1) источник ЭМ поля покоится во вращающейся системе отсчета (СО), точка наблюдения ЭМ поля (или приемная антенна) покоится в той же вращающейся СО, 2) источник ЭМ поля покоится во вращающейся СО, а точка наблюдения покоится в «неподвижной» инерциальной СО, 3) источник ЭМ поля покоится в «неподвижной» инерциальной СО, а точка наблюдения ЭМ поля покоится во вращающейся СО.

Первый и второй случаи соответствуют, например, излучателю (возбудителю, вибратору) ЭМ поля, расположенному во внутренней полости интерферометра или резонатора гироскопа, а приемная антенна (вибратор) в первом случае находится внутри полости, а во втором — вне полости, при этом возбуждение приемной антенны осуществляется за счет дифракционной связи (отверстия в оболочке интерферометра или резонатора). Примером реализации третьего случая является расположение возбудителя (вибратора) ЭМ поля вне полости, а возбуждение ЭМ поля происходит за счет дифракционной связи (отверстия в оболочке полости), а вибратор (электрический или магнитный) расположен внутри полости.

Рассмотрим постановку электродинамических задач для первичного ЭМ поля. Введем в пространство инерциальную декартову СО $K'(x', y', z', ict)$ и покоящуюся в ней точку наблюдения $P'(x', y', z', ict) = P'(p', ict)$, где $p' = p'(x', y', z')$, $i = \sqrt{-1}$, t — время.

Пусть в некоторой области пространства $V_{\mathbf{j}}$, вращающейся относительно точки P' с постоянной угловой частотой Ω , заданы плотно-