# Загадки скрещенных токов - Эффект Холла

В. Барашенков, Э. Капусцик

В конце прошлого века молодой американский студент-физик Эдвин Холл сделал открытие, вписавшее его имя в учебники физики. Он проводил простой, "студенческий" опыт - изучал распространение тока в тонкой металлической пластинке, помещенной между полюсами сильного электромагнита. Студенты всех университетов проходят лабораторную практику, где на простых примерах их обучают мастерству эксперимента. Так было и в этот раз. Скромный студент и предполагать не мог, что его простенький опыт породит целую лавину исследований, часть которых будет отмечена самой почетной научной наградой - Нобелевской премией.

Прибор, с которым работал Холл, состоял из двух крест-накрест расположенных электрических цепей - так перевязывают ленточкой коробки с конфетами. Цепи различались тем, что одна из них содержала электрическую батарею и ток от нее проходил вдоль пластинки, другая, поперечная, не имела источников тока и просто соединяла края пластины.

Как и следовало ожидать, в случае, когда электромагнит был выключен, приборы фиксировали течение тока лишь вдоль пластины - в цепи с батареей - и его отсутствие в "пустой" поперечной цепи. Ничего удивительного. Однако, как только включался электромагнит, в поперечной цепи как бы из ничего, сам по себе возникал электрический ток. Это было интересно, но никакого чуда тут не было - объяснение нашлось довольно быстро. На движущиеся в продольной цепи электроны действует хорошо известная еще из школьного учебника сила Лоренца, отклоняющая электроны в поперечном направлении, что и порождало небольшой ток в поперечной цепи - все элементарно просто.

Более полувека, полузабытое, это явление оставалось в тылу физической науки. Откопали его в архивах специалисты по микроэлектронике. Сначала выяснилось, что если грубые измерительные приборы времен Холла заменить на современные, то открытое им явление можно использовать для подсчета числа заряженных частиц, движение которых порождает электрический ток, а это очень важно для конструкторов малошумящих транзисторов и других высокочувствительных микроэлектронных устройств, работающих с очень слабыми токами и магнитными полями.

Эффект Холла стали тщательно изучать, не жалея усилий на повышение точности. Третий, четвертый, пятый десятичный знак на шкалах измерительных приборов... И вот тут стали проявляться удивительные, на первый взгляд просто невероятные явления.

Первый поразительный результат был получен двадцать лет назад, в конце семидесятых годов, в опытах с полупроводниковыми цепями в сильном магнитном поле при очень низких температурах, всего на несколько градусов отстоящих от "абсолютного нуля" - 273 градуса по Цельсию, когда вещество промерзает настолько, что прекращаются, застывают все молекулярные движения. Так вот, если при обычных температурах, близких к комнатной, электрическое сопротивление в цепи с "холловским током" плавно нарастает при увеличении магнитного поля, то вблизи температурного нуля оно почему-то изменяется скачками - как будто гладкая дорожка, по которой движутся частицы тока, вдруг сменяется изрытой глубокими ухабами мостовой. Плавные кривые, которые выписывали самописцы приборов, сменяются прерывисто "лестницей", высота ступеней которой была равна некоторой постоянной, деленной на целые числа n = 1, 2, 3 и так далее.

И что еще удивительнее - на каждой ступени сопротивление в продольной цепи тока падает до нуля, то есть для продольного тока вещество становится сверхпроводником - электроны катятся без всякого сопротивления, а вот на стыках, при переходе от одной ступени к другой, сопротивление резко подскакивает и сверхпроводимость мгновенно исчезает. Все это выглядело какой-то путаницей - как говорится, все смешалось в доме Облонских!

Чем объяснить столь странное поведение скрещенных токов? Почему они ведут себя совершенно по-разному? Электродинамика оказалась бессильной перед этой загадкой... Мы привыкли к тому, что загадочные явления встречаются в сложнейших экспериментах с элементарными частицами или глубоко в космосе, когда дело касается черных дыр, взрывающихся галактик и других поражающих наше воображение объектов, а тут - всего лишь опыты с сопротивлением и токами. Вдоль и поперек исхоженная область и - на тебе!