

Е. Я. ПУМПЕР

ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ФЛУКТУАЦИИ В ЭЛЕКТРОЛИТЕ

(Представлено академиком М. А. Леонтовичем 13 I 1948)

Измерение энергии электрических флуктуаций в твердых проводниках показывает, что результаты опыта не согласуются с теорией теплового эффекта (1). Интенсивность флуктуаций больше, чем это следует из теории, причем она возрастает с частотой. Распределение вероятностей флуктуаций не укладывается в закон Гаусса. Можно предполагать, что такие отступления, замеченные для графитовых и металлических сопротивлений*, обусловлены наличием в них, кроме теплового эффекта, дополнительного неравновесного статистического процесса с распределением, отличным от гауссовского. В противном случае пришлось бы сомневаться в справедливости общепринятой теории теплового эффекта.

Это предположение было бы доказано, если бы для какого-либо проводника энергия флуктуаций и закон распределения, полученные из опыта, совпали с теоретическими. Такой результат был получен в опытах с электролитическим сопротивлением из слабого раствора KCl. Измерение энергии флуктуаций в электролитах ранее производил Johnson (2). Но его измерения относились к более низкому диапазону частот до 2000 Hz. Притом средняя погрешность его измерений, достигающая 12%, не дает возможности сделать окончательные выводы с нужной точностью.

Методика наших опытов и схема измерений были описаны ранее (1, 3). Электролитическое сопротивление осуществлялось в виде стеклянной U-образной трубки, с внутренним диаметром 4 мм, общей длиной 12 см и шириной 3 см, с платиновыми электродами, впаянными на концах. Трубка наполнялась слабым раствором исследуемого электролита в дистиллированной воде. Концентрация раствора подбиралась так, чтобы сопротивление электролита имело желаемую величину от нескольких десятков тысяч до нескольких сотен тысяч ом. Электрическое сопротивление измерялось переменным током той же частоты, на которой производилось исследование с точностью до 0,5%. Перед наполнением электролитом сосуд тщательно промывался.

Оценка энергии флуктуаций, как и в предшествующих работах, производилась по значению k' (значение „постоянной Больцмана“, полученной из измерения при помощи формулы Найквиста). При наполнении сосуда свежим электролитом значение k' при частоте 15000 Hz получалось, как правило, на 3 — 4% выше значения постоянной Больцмана. Примерные данные для одного из сопротивлений следующие: при $R=2,48 \cdot 10^5 \Omega$ $k'=(1,42 \pm 0,01) \cdot 10^{-16}$ эрг/град.

При этом, с помощью катодного вольтметра постоянного напряжения с входным сопротивлением порядка $5 \cdot 10^6 \Omega$, на полюсах электролита была обнаружена незначительная постоянная эдс поляризации

* Подробная публикация этих опытов будет сделана особо.

порядка 0,02 V. С целью проверки, не является ли эта эдс источником небольшого завышения величины k' , через сопротивление в течение 10 мин. пропускался постоянный ток величиной 0,5 mA. После выключения тока эдс поляризации на полюсах электролита равнялась 0,2 V. Измеренная после выключения тока величина k' равнялась $1,6 \cdot 10^{-16}$ эрг/град.

Чтобы убедиться, что возрастание k' было обусловлено поляризацией, был взят свежий электролит и через него в течение 20 мин. пропускался переменный ток 0,4 mA, 50 Hz. Значение k' до пропускания переменного тока равнялось $1,435 \cdot 10^{-16}$ эрг/град. После пропускания тока оно осталось неизменным. Этот опыт показал, что повышение энергии флуктуаций при пропускании постоянного тока через электролит обусловлено именно эдс поляризации.

Следовательно, некоторое завышение величины k' в свежем электролите также может быть обусловлено наличием в нем незначительной

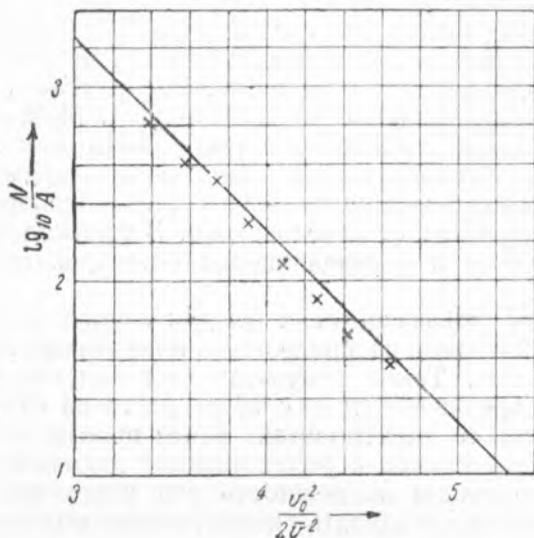


Рис. 1

Больцмана $k = 1,367 \cdot 10^{-16}$ эрг/град и значением k' , полученным из опыта, лежит в пределах погрешности отсчета, составляющей 0,8%.

Параллельно с этими измерениями делались контрольные измерения для графитовых и металлических сопротивлений, которые дали совпадение с результатами, опубликованными ранее⁽¹⁾. Это лишнее подтверждает надежность прежних результатов.

На рис. 1 дано обработанное, как в работах (1, 3, 4), распределение вероятностей, полученное экспериментально для того же электролита. Оно достаточно близко совпадает с теоретической зависимостью (изображенной сплошной прямой), соответствующей распределению Гаусса для флуктуаций напряжения для вероятности перехода и для распределения стационарной вероятности.

Продоланные опыты показывают, что отступления от теории теплового эффекта, получающиеся для металлических и графитовых проводников, обусловлены наличием в них дополнительного неравновесного, редкого статистического процесса.

Физический институт
им. П. Н. Лебедева
Академии Наук СССР

Поступило
12 I 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Е. Я. Пумпер, ДАН, 57, № 8 (1947). ² J. В. Johnson, Phys. Rev., 1, No. 32, 97 (1928). ³ Е. Я. Пумпер, ДАН, 53, № 1 (1946). ⁴ В. И. Бунимович и М. А. Леонтович, ДАН, 53, № 1 (1946).

поляризации. Чтобы убедиться в этом, тот же электролит, через который пропускался переменный ток и который давал значение $k' = 1,435 \cdot 10^{-16}$ эрг/град, был на сутки оставлен замкнутым накоротко. После этого были произведены измерения k' , которые дали следующие значения (для $k' \cdot 10^{16}$ эрг/град):

1,39; 1,33; 1,37; 1,36.

Для среднего значения k' и для средней квадратичной погрешности имеем $k' = (1,36 \pm 0,011) \cdot 10^{-16}$ эрг/град.

Таким образом, расхождение между постоянной