

## ПОЛУЧЕНИЕ ТРЁХМЕРНЫХ ГРАФИКОВ ПРИ ПОМОЩИ КАТОДНОГО ОСЦИЛЛОГРАФА \*)

Автор реферируемой работы вспомнил один очень простой факт, а именно то, что по правилам проективной геометрии на листе бумаги можно сделать чертёж, который, во-первых, даёт зрительное впечатление трёхмерности и, во-вторых, позволяет определять три пространственные координаты ряда точек этого двумерного чертежа. Если мы хотим определить пространственные координаты всех точек, то приходится изобразить несколько проекций одного и того же предмета с разных точек зрения. Таким способом достижимо „трёхмерное видение и измерение“ при помощи плоского листа бумаги.

Что же требуется сделать, чтобы кривая линия, вычерчиваемая электронным лучом на экране катодного осциллографа, воспринималась как линия пространственная, и как при помощи этой кривой определить три а не две, координаты каждой точки кривой?

Представим себе, что нам даны три переменные величины  $E_x$ ,  $E_y$  и  $E_z$  — компоненты напряжённости электрического поля. Совершенно несущественно для общего рассмотрения, что измеряют эти три величины — это могут быть давление, объём и температура газа. Важно лишь то, что эти три величины превращены в компоненты напряжённости поля, и мы хотим представить их как одну точку трёхмерного пространства.

---

\*) O. H. Schmitt, J. Appl. Phys. 18, 819 (1947).

Обычно мы изображаем на экране катодного осциллографа одну величину в функции другой, например,  $E_y$  в функции  $E_x$ . Таким образом, плоскость экрана совпадает с плоскостью  $xu$  рассматриваемой декартовой системы координат. Повернём эту систему координат так, чтобы с плоскостью проекции совпала желательная нам плоскость  $x'y'$ . Уравнения преобразования имеют, как известно, вид

$$E'_x = l_1 E_x + m_1 E_y + n_1 E_z;$$

$$E'_y = l_2 E_x + m_2 E_y + n_2 E_z;$$

$$E'_z = l_3 E_x + m_3 E_y + n_3 E_z.$$

Теперь по двум осям в плоскости экрана осциллографа откладываются величины  $E'_x$  и  $E'_y$ . Каждая из этих двух величин есть функция наших трёх основных переменных. Для того чтобы начертить кривую  $E'_y$  в функции  $E'_x$ , надо составить напряжение, дающее отклонение катодного луча по  $x$ , взяв при помощи потенциометра долю  $l_1$  от вольтажа  $E_x$ , долю  $m_1$  от вольтажа  $E_y$  и долю  $n_1$  от вольтажа  $E_z$ . Аналогичным образом другие потенциометры образуют напряжение, отклоняющее луч по оси  $y$ . Такая трансформация технически осуществляется очень легко, так как значения направляющих косинусов не меняются и, кроме того, можно воспользоваться синус-косинус потенциометрами.

Приведём пример: для того чтобы изобразить изометрическую проекцию трёхмерной функции  $E_z = f(E_y, E_x)$ , надо составить отклоняющие луч напряжения по формулам:

$$E'_x = 0,707 (E_x - E_z); \quad E'_y = 0,816 \left( E_y - \frac{E_x}{2} - \frac{E_z}{2} \right).$$

Мы можем наблюдать на экране осциллографа любую проекцию и, более того, непрерывный ряд проекций. При помощи двух двухходовых потенциометров мы можем рассматривать некоторую трёхмерную картину, непрерывно варьируя азимут и широту точки наблюдения.

Вполне понятно, что на этом же принципе можно построить стереоскопическое наблюдение картины на экранах двух осциллографов. Опыт показывает, что эти картины хорошо воспринимаются как пространственные.

Несомненно, что трёхмерное представление следа электронного луча на экране катодного осциллографа имеет широкую область применения. Во всех случаях, когда одновременно меняются три величины, этот способ будет весьма желателен. Особенно важно трёхмерное изображение на экране в том случае, когда все три величины меняются в функции какого-либо параметра. Мы встречаемся с такой задачей при составлении характеристик ламп. В самом простом случае мы имеем дело с тремя переменными величинами — двумя напряжениями и анодным током. В пентодах или тетродах мы можем описанным способом рассматривать влияние на эти три величины остальных параметров, например, вольтажа экранной сетки. Весьма заманчиво изображение трёхмерных термодинамических циклов. В ряде случаев будет удобно представить пространственными кривыми распределение электрических полей. Автор приводит большое число примеров возможного применения трёхмерных графиков на катодном осциллографе.

А. К.