

КИБЕРНЕТИКА И ТЕОРИЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Академик АН УССР Г. Е. ПУХОВ, И. Д. МАЕРГЕЙЗ, А. Ф. КАТКОВ,
В. И. ГУМЕНЮК-СЫЧЕВСКИЙ

**К ТЕОРИИ ОДНОГО КЛАССА УСТРОЙСТВ АВТОМАТИЧЕСКОГО
ВВОДА ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ЭВМ**

1. Устройства автоматического ввода графической информации в ЭВМ (¹⁻³) важны для построения систем графического взаимодействия оператора с вычислительной машиной и призваны значительно повысить эффективность использования ЭВМ. В настоящей заметке рассматривается класс устройств, принцип работы которых основан на моделировании в проводящих листах (пленках) распределений потенциала известной и как можно более простой структуры. Известно только одно устройство такого типа (^{3, 7, 8}). Это устройство является двухтактным, т. е. в проводящем листе квадратной формы поочередно во времени создаются приблизительно однородные электрические поля в двух взаимно перпендикулярных, параллельных сторонам квадрата, направлениях. При помощи пера (карандаша) последовательно во времени измеряются напряжения, приближенные пропорциональные координатам x и y , которые через преобразователь аналог — код подаются в вычислительную машину и на устройство индикации. В описанном устройстве невозможно при стационарном (неизменном) состоянии границы квадрата точно реализовать краевые условия, необходимые для равномерного растекания тока на каждом из тактов, в этом смысле эти краевые условия несовместимы. Поэтому в (^{3, 7, 8}) краевые условия реализуются приближенно при помощи диодных ключей, что усложняет конструкцию и изготовление устройства и все равно не обеспечивает высокой точности. Отмеченные недостатки возникли из-за стремления создать на основе проводящего квадрата модель двухкоординатного потенциометра. Они будут полностью устранены, если в основу построения устройства положить более широкий и общий принцип.

2. Сущность его в следующем. В проводящем листе поочередно во времени создаются два распределения потенциала, описываемые известными уравнениями

$$U = \varphi_1(x, y), \quad U = \varphi_2(x, y).$$

Измеряемые пером на каждом такте напряжения U_1 и U_2 выделяют эквипотенциальные линии, которым принадлежит точка прикосновения пера на каждом такте. Уравнения этих линий имеет вид

$$U_1 = \varphi_1(x, y); \quad U_2 = \varphi_2(x, y). \quad (1)$$

Решая систему (1), находим координаты точки прикосновения пера как координаты точки пересечения эквипотенциалей. При реализации этого общего принципа следует стремиться к тому, чтобы краевые условия для поочередно создаваемых картин поля были совместимыми и чтобы система (1) просто решалась и имела единственное решение, т. е. чтобы эквипотенциали пересекались только в одной точке.

3. Приведем две реализации этого общего подхода, приводящие к конструктивно простым и точным устройствам. Рассмотрим проводящий квадрат (прямоугольник), окаймленный рамкой из шин (рис. 1), вдоль которых

напряжение изменяется по линейному закону. Такой квадрат (прямоугольник) можно изготовить, например, путем покрытия квадратной формы стекла тонким прозрачным однородным проводящим слоем и последующим нанесением значительно более толстого проводящего окаймления, играющего роль линейных шин. Возможны два варианта работы такого устройства. При первом варианте питающее напряжение U_n поочередно подключается к вершинам 1—3 и 2—4 рамки из линейных шин. На каждом

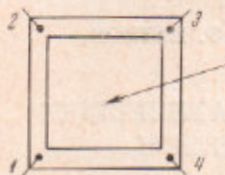


Рис. 1

такте потенциал вдоль границы квадрата изменяется по линейному закону, а внутри удовлетворяет уравнению Лапласа. Отсюда согласно теореме единственности решения задачи Дирихле находим

$$\varphi_1(x, y) = \frac{U_n}{2a}(x + y);$$

$$\varphi_2(x, y) = \frac{U_n}{2a}[x + (a - y)], \quad (2)$$

где a — сторона квадрата.

Из (1) и (2) для координат точки прикосновения пера получаем

$$x = a((U_1 + U_2) / U_n - 1/2), \quad y = a((U_1 - U_2) / U_n + 1/2). \quad (3)$$

Отметим, что при таком режиме работы устройства его можно рассматривать как модель двухкоординатного потенциометра, повернутого относительно сторон квадрата на 45° .

При другом варианте работы на первом такте вершины 1—2—4 подсоединяются к одному полюсу источника питания, вершина 3 — к другому. При этом потенциал вдоль сторон 1—2 и 1—4 постоянен, а вдоль сторон 2—3 и 4—3 изменяется по линейному закону. Следовательно,

$$\varphi_1(x, y) = \frac{U_n}{a^2}xy. \quad (4)$$

На втором такте вершины 1—3—4 подсоединяются к одному полюсу источника, а вершина 2 — к другому. Поэтому

$$\varphi_2(x, y) = \frac{U_n}{a^2}y(a - x). \quad (5)$$

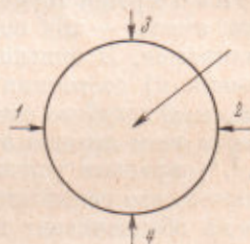


Рис. 2

Из (1), (4), и (5) для координаты точки прикосновения пера имеем

$$x = aU_1 / (U_1 + U_2), \quad y = a(U_1 + U_2) / U_n. \quad (6)$$

4. Рассмотрим другое, конструктивно более простое устройство, представляющее собой круглый проводящий лист (пленку) радиуса a , к границе которого присоединены две пары «точечных» токоподводящих электродов 1—2 и 3—4 (рис. 2). Питающее напряжение попеременно подключается к электродам 1—2 и 3—4, при этом в проводящем листе возникают распределения потенциала, идентичные распределению потенциала поля двухпроводной линии (*). В самом деле, потенциал φ в листе удовлетворяет уравнению Лапласа, «точечные» электроды 1—2 (или 3—4) моделируют логарифмические особенности в точках контакта, а свободная граница круга является линией тока и на ней выполняется условие $d\varphi / dn = 0$. Аналогичным условиям удовлетворяет поле двухпроводной линии в круговой области, ограниченной силовыми линиями, проходящими через заряженные оси. Отсюда по теореме единственности следует тождественность этих полей.

Используя эту аналогию, согласно (9) выводим следующие формулы для координат точки прикосновения пера:

$$x = \frac{d_1 \frac{a^2}{d_2^2}}{d_1^2 + d_2^2} - (\text{sign } d_1) \cdot \sqrt{\frac{d_1^2 d_2^4}{(d_1^2 + d_2^2)^2} - \frac{a^2 d_2^2}{d_1^2 + d_2^2}}, \quad y = \frac{d_1}{d_2} x; \quad (7)$$

$$d_1 = \frac{1 + e^{4\pi U_d U_{\square}}}{1 - e^{4\pi U_d U_{\square}}} a, \quad d_2 = \frac{1 + e^{4\pi U_d U_{\square}}}{1 - e^{4\pi U_d U_{\square}}} a; \quad (8)$$

$$U_{\square} = IR_{\square}; \quad (9)$$

где I — полный ток через лист, $R_{\square} = 1/(\gamma h)$ — сопротивление квадрата листа, γ — проводимость, h — толщина листа.

Измеряемые напряжения U_1 , U_2 , U_{\square} подаются через преобразователь аналог — код в вычислительную машину, где по формулам (7) — (9) определяются координаты пера. Соответствующие этим координатам напряжения подаются на устройство индикации. Само устройство ввода целесообразно выполнять в виде прозрачного проводящего покрытия и располагать перед экраном устройства индикации.

Институт кибернетики
Академии наук УССР
Киев

Поступило
12 IV 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. Б. Соколов, Б. А. Позин, Зарубежная радиоэлектроника, № 9, 57 (1968).
² М. Д. Принс, Тр. инст. инженеров по электронике и радиоэлектронике, 54, № 12 (1966).
³ А. И. Петренко, Автоматический ввод графиков в ЭВМ, М., 1968.
⁴ П. М. Чеголин, Г. К. Афанасьев, Автоматизация анализа экспериментальных графиков, М., 1967.
⁵ M. R. Davis, T. O. Ellis, Am. Federat. Inform. Proc. Soc., Proc. Fall Joint Computer Conf. San-Francisco, 26, 325 (1964).
⁶ D. R. Haring, ibid., 30, 365 (1967).
⁷ B. Hargreaves, J. D. Jouse et al., ibid., 26, 363 (1964).
⁸ Makoto Jashara, Rep. Univ. Electro-Communications, 24, 73 (1968).
⁹ Л. Р. Нейман, П. Л. Калантаров, Теоретические основы электротехники, 3, М., 1948.