

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Многоканальные системы передачи /Под ред. Н.Н. Басвой и В.Н. Ефдиенко.- М.: Радио и связь, 1997.-560 с.
- 2 Аппаратура ИКМ-30 /Под ред. Ю.П. Иванова и Л.С. Левина.- М.: Радио и связь, 1983.- 184 с.
- 3 Mahlke G., Gossing P. Fiber optic cables. - Germany. Munich. 1995. - 244 p.

ГИУА 06.04.1998

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТН), т. LI, № 2, 1998, с. 225 - 233.

УДК 621.396.67

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА

А.В. АВЕТИСЯН, В.Г. АВЕТИСЯН

### ОЦЕНКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОПУ АНТЕНН ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПРИЕМА СПУТНИКОВОГО ТЕЛЕВЕЩАНИЯ

Գնահատվում են համեմատելի պարամետրիկ անոտենայի ուղղոգիւմաճիկ ընտրագործընտրվում է անհատական հեռուստաընդունման անոտենաների համար օրոպագործվող օրոպ հենաշրջանա սարքերի սխեման և բերվում են նման սարքերը նախագծելու և կաշվորդելու համար անհրաճեշտ նախնական տվյալների գնահատման արտահայտություններ:

Оцениваются аэродинамические характеристики зеркальной параболической антенны. Рассмотрена схема применяемых простых опорно-поворотных устройств (ОПУ) антенн индивидуального телеприема. Приведены выражения для оценки необходимых исходных данных при проектировании и расчете ОПУ.

Ил. 4. Библиогр.: 5 назв.

The aerodynamic characteristics of the mirror parabolic antenna are evaluated. Applying simple scheme of the support-rotator mounting for the antennas of the individual telereception is considered. The expressions for the evaluation of the necessary initial data for designing and calculating the support-rotator mounting are given.

Fig. 4. Ref. 5.

Бурное развитие индивидуального приема программ спутникового телевидения привело к созданию различного рода простых конструкций ОПУ. Однако практика показала, что эти простые конструкции изготавливаются в основном или с неоправданно большим запасом прочности в механике, или наоборот. Для правильного проектирования и изготовления ОПУ необходимо знание набора исходных данных, обусловленных критериями качественного приема [1] (отношением сигнал/шум), географией места приема, климатическими условиями и аэродинамикой антенной системы.

Важной из этих данных является сила  $F_x$ , лобового сопротивления параболической антенны, определяющая конструктивные величины элементов крепления антенны - подзеркальника и стойки. Другой важной характеристикой является максимальный вращающий момент  $M_{\text{вх}}^A$ , вызываемый действием ветра на антенную систему, определяющий выбор конструкции ОПУ для создания достаточного удерживающего момента при фиксации положения антенны на выбранный спутник. В свою очередь, этот момент обуславливает величину обзора антенной вещательных спутников.

Точные значения величин  $F_x$  и  $M_{\text{вх}}^A$  в зависимости от скорости  $v$  и направления  $\varphi$  набегающего воздушного потока (ветра) можно определить лишь экспериментально в аэродинамической трубе. Однако при проектировании ОПУ можно пользоваться этими значениями с некоторым избытком, которые мы попытаемся оценить ниже.

Согласно [2], при скорости ветра  $v \ll v_0$ , ( $v_0$  - скорость звука)

$$F_x = C_x \frac{\rho v^2}{2} S = C_x C_{x0} \frac{\rho v^2}{2} S, \quad (1)$$

где  $\rho$  - плотность воздуха;  $S$  - площадь миделевого сечения - наибольшего по площади сечения тела плоскостью, перпендикулярной набегающему потоку;  $C_x$  - коэффициент сопротивления, зависящий от формы тела и при  $v \ll v_0$ , не зависящий почти от скорости;  $C_{x0}$  - коэффициент сопротивления плоской пластины, площадь которой равна площади раскрыва зеркала антенны  $C_{x0} = 1,28$  [3].

Для тел, подобных вогнутым чашам в виде полусферы, при фронтальном обдуве со стороны раскрыва  $C_x = 1,16$ ; для мелких параболических антенных зеркал можно с избытком принять  $C_x = 1,10 \dots 1,15$ . При фронтальном обдуве зеркала с задней стороны сила сопротивления уменьшается почти в 1,5 раза. При последующем расчете ОПУ следует пользоваться значением силы лобового сопротивления для случая обдува спереди.

Оценим максимальный вращающий момент  $M_{\text{вх}}^A$  (рис. 1). Следуя обозначениям рис. 1, запишем необходимые выражения для зеркала антенны, заданного при данных обозначениях систем координат и переменных каноническим уравнением параболы  $r^2 = 4fx$ , где  $f$  - фокусное расстояние параболы:

$$y = r \cos \theta;$$

$$\frac{2}{3} \pi \leq \varphi \leq \pi; \quad \omega = \pi - \varphi; \quad 0 \leq \omega \leq \frac{\pi}{3}; \quad \cos \omega > 0; \quad \sin \omega \geq 0. \quad (2)$$

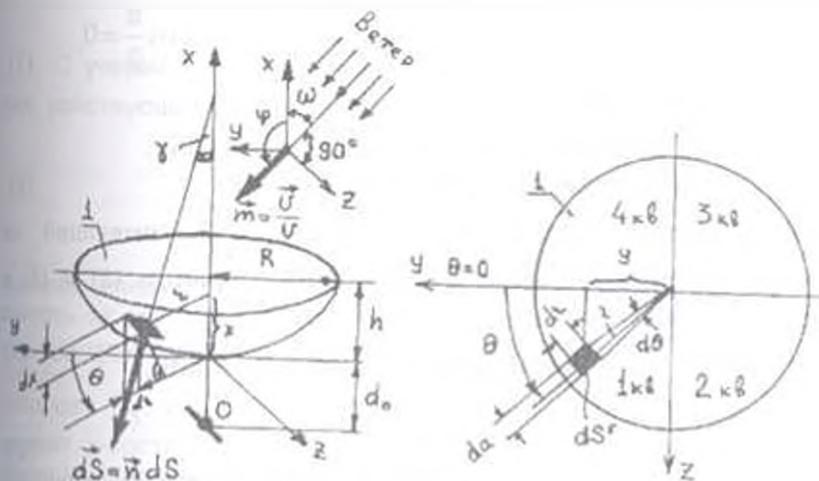


Рис. 1. Параболическое зеркало антенны

1 - зеркало антенны,  $R$  - радиус зеркала,  $h$  - глубина зеркала.

2 - элементарная площадка параболоида,  $dS^r$  - проекция  $dS$  на раскрыв зеркала,  $O$  - ось вращения антенны,  $f_0$  - расстояние от вершины зеркала до оси вращения,  $v$  - скорость ветра,  $\varphi$  - угол направления ветра

Угол  $\gamma$  есть угол между нормалью  $\vec{n}$  элементарной площадки  $dS$  параболоида и отрицательным направлением оси  $x$ . Нетрудно заметить, что с учетом уравнения параболы имеем

$$\operatorname{ctg} \gamma = dr/dx = 2f/r; \operatorname{tg} \gamma = r/2f. \quad (3)$$

При выборе площадей  $dS$  соответствующие углы  $\gamma$  изменяются в пределах

$$0 < \gamma < \frac{\pi}{4}; \cos \gamma > 0; \sin \gamma \geq 0. \quad (4)$$

т.е.  $\gamma_{\max} = \operatorname{arctg} \frac{r}{2f}$  и для мелких параболических зеркал обычно

$R/2f < 1$ . Связь между площадью  $dS$  параболоида и соответствующей ей проекцией  $dS^r$  на плоскость раскрыва антенны выражается соотношением

$$dS = \frac{dS^r}{\cos \gamma} = \frac{r dr d\theta}{\cos \gamma}. \quad (5)$$

Элементарная площадь, ориентированная перпендикулярно направлению ветра, определяется проекцией  $dS$  элементарной площади  $dS^r$  на направление единичного вектора скорости  $\vec{m} = \vec{i}/v$  и равна

$$dS = dS^r \vec{m} = dS \cos(\vec{n} \cdot \vec{m}) = dS(n_x m_x + n_y m_y + n_z m_z), \quad (6)$$

где  $n_x, n_y, n_z, m_x, m_y, m_z$  - направляющие косинусы единичных векторов  $\vec{n}$  и  $\vec{m}$ , причем согласно выбранному направлению ветра на рис. 1,  $\vec{m}$  перпендикулярен оси  $z$ . Из геометрии следует

$$m_x = \cos\varphi = -\cos\omega, \quad m_y = \cos(\varphi - \frac{\pi}{2}) = \sin\omega, \quad m_z = \cos\frac{\pi}{2} = 0, \quad (7)$$

$$n_x = -\cos\gamma, \quad n_y = \cos\theta\sin\gamma, \quad n_z = \sin\theta\sin\gamma.$$

Из (5) - (7) получим выражение для площади  $dS_z$ :

$$dS_z = (\cos\omega + \cos\theta\sin\omega \operatorname{tg}\gamma) r dr d\theta. \quad (8)$$

Сила  $dF$  лобового сопротивления площади  $dS_z$ , имеющей на направление ветра проекцию  $dS_z$ , запишется с учетом (3) и (8) в виде

$$dF = C_{\Sigma} \frac{\rho v^2}{2} dS_z = P(\cos\omega + \frac{r}{2f} \cos\theta\sin\omega) r dr d\theta.$$

$$C_{\Sigma} = 1.28, \quad \rho = C_{\rho} \rho_0^2 / 2. \quad (9)$$

Из (9) следует, что сила  $dF$  лобового сопротивления для площадок  $dS_z$ , расположенных в 1 и 4 квадрантах, больше этой же силы для площадок, расположенных во 2 и 3 квадрантах, т.к. в последнем случае второй член в скобках выражения (9) при  $\frac{\pi}{2} < \theta \leq \frac{3}{2}\pi$  становится отрицательным. Таким образом,  $dF^{(1)} > dF^{(2)}$  (рис. 2).

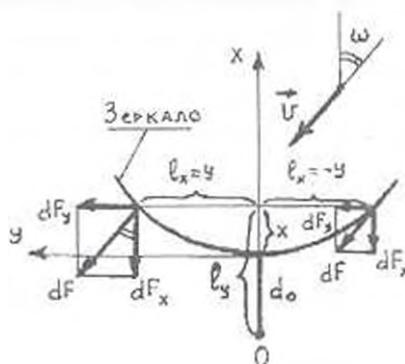


Рис.2. Разложение сил.

$dF$  - сила, действующая на элементарную площадку  $dS_z$ ,  $l_x$  - плечо  $x$ -составляющей силы,  $l_y$  - плечо  $y$ -составляющей силы

Плечи  $l_y$  составляющих сил  $dF_y = \sin\omega dF$  относительно оси вращения определяются  $x$ -координатой соответствующей площади  $dS_z$  (рис. 2) и с учетом уравнения параболы равны

$$l_y = |x + d_{11}| = \frac{r^2}{4f} + d_{11}. \quad (10)$$

Плечи же  $l_x$  составляющих сил  $dF_x = \cos\omega dF$  относительно оси вращения определяются  $y$ -координатой соответствующей площади  $dS_z$  и с учетом (2) равны

$$l_y = |y| = r|\cos\theta|. \quad (11)$$

С учетом (10) и (11) запишем моменты  $y$ - и  $x$ - составляющих действующих на площадку  $\vec{dS}$ :

$$dM_y = l_y dF_x = \left( \frac{r^2}{4l} + d_0 \right) \sin\omega dF > 0, \quad (12)$$

$$dM_x = l_x dF_y = r|\cos\theta|\cos\omega dF > 0. \quad (13)$$

Примем следующий отсчет. Положительными моментами следует считать те, которые создают вращение вокруг оси против часовой стрелки. Если  $dM_y^{(k)}$ -момент  $y$ -составляющей силы, действующей на площадку  $\vec{dS}$ , расположенную в  $k$ -ом квадранте ( $k=1,2,3,4$ ), а  $dM_x^{(k)}$ -момент  $x$ -составляющей силы, действующей на ту же площадку, то согласно принятому отсчету имеем

$$\begin{aligned} dM_x^{(1)} &= dM_x > 0 \quad (k=1,4), \\ dM_y^{(k)} &= dM_y > 0 \quad (k=1\dots4), \\ dM_x^{(k)} &= -dM_x < 0 \quad (k=2,3). \end{aligned} \quad (14)$$

Соответственные знаки будут иметь и суммарные моменты  $M_y^{(k)}$  и  $M_x^{(k)}$   $y$ - и  $x$ - составляющих сил, действующих на все площади  $\vec{dS}$ , расположенные в  $k$ -ом квадранте. В принятых обозначениях согласно (14) имеем

$$M_y^{(k)} = \int_{\alpha-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} dM_y^{(k)}, \quad M_y^{(k)} > 0 \quad \text{при } k=1\dots4, \quad (15)$$

$$M_x^{(k)} = \int_{\alpha-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} dM_x^{(k)}, \quad M_x^{(k)} > 0 \quad \text{при } k=1,4, \quad M_x^{(k)} < 0 \quad \text{при } k=2,3.$$

где интегрирование производится с учетом (8), (12), (13) по переменным  $r$  и  $\theta$ . Опуская математические выкладки, для момента

$M^1 = \sum_{k=1}^4 (M_y^{(k)} + M_x^{(k)})$ , действующего на зеркало антенны,

в конечном итоге получим

$$M^1 = \frac{1}{2} C_{\alpha} \frac{\rho \vartheta^2}{2} \pi R^2 (h + d_0) \sin 2\omega. \quad (16)$$

Это выражение в пределе при  $h \ll d_0$ , т.е. когда глубина зеркала пренебрежимо мала по сравнению с расстоянием от оси вращения до вершины зеркала, совпадает с рассчитанным моментом  $M^1$  для плоской круглой площадки того же радиуса:

$$M^0 = \frac{1}{2} C_{\alpha} \frac{\rho \vartheta^2}{2} \pi R^2 d_0 \sin 2\omega.$$

Из (16) следует

$$M_{\text{накл}}^{\Lambda} = \frac{1}{2} C_{\text{во}} \frac{\rho v^2}{2} \pi R^2 (h + d_{\parallel}) \quad (17)$$

при  $\omega = \pi/4$  в интервале  $0 \leq \omega \leq \pi/3$ .

При выводе выражения (16) не учитывались явления, связанные с аэродинамикой обтекаемости тела - наличием пограничного слоя, возникновением турбулентности, изменением направления и скорости течения струек воздуха и т.д., которые при выбранных углах  $\omega$  направления ветра приводят к изменению распределения давления в чаше зеркала. В результате из-за перепада давлений внутри и снаружи уменьшается вращающий момент, рассчитанный из (17). Не рассматривались также углы направления ветра в интервале  $\frac{\pi}{3} \leq \omega \leq \frac{3}{4}\pi$ . При этих углах ветер обдувает зеркало сбоку или сзади, и оно из плохообтекаемого тела становится удобнообтекаемым. Из физических соображений ясно, что при этих углах не следует ожидать значений вращающего момента, превосходящих значения  $M_{\text{накл}}^{\Lambda}$  из выражения (17).

Оценим избыточные значения  $F_{\text{д}}^{\Lambda}$  и  $M_{\text{накл}}^{\Lambda}$  из выражения (1) и (17) для зеркала диаметром 1,5 м ( $R=0,75$  м) с глубиной  $h=0,3$  м при  $d_0=0,1$  м. Примем скорость ветра  $v=20$  м/с, что соответствует, согласно шкале Бофорта [4], штормовому ветру. Считая  $C_{\text{во}}=1,28$ ,  $C_{\text{д}}=1,12$  и  $\rho=1,29$  кг/м<sup>3</sup>, получим из (1) и (17)  $F_{\text{д}}^{\Lambda}=650$  Н,  $M_{\text{накл}}^{\Lambda}=120$  Н·м. При  $v=15$  м/с (сильный ветер) эти величины уменьшаются в 1,8 раза.

Уверенный качественный прием при достаточном отношении сигнал/шум определяется как шумовыми характеристиками конвертора и тюнера, типом антенной системы (однозеркальная, двухзеркальная, система с вынесенным облучателем, тип и габариты облучателя и т.д.), так и размерами основного зеркала, которое для обеспечения достаточного коэффициента усиления антенны может достигать в диаметре величины порядка  $D=2$  м. При этом ширина луча  $\Omega$  антенны, определяемая в градусах известным соотношением  $\Omega=60\lambda/D$ , где  $\lambda$  - длина волны, может достигать значения  $\Omega=1^{\circ}$ . С учетом также и того, что геостационарная орбита весьма насыщена спутниками [5], становится очевидной важность обеспечения стабилизации положения антенны после ее наведения на выбранный спутник. Эту задачу решает тот или иной тип применяемого ОПУ, который обеспечивает создание необходимого удерживающего момента.

Для антенн индивидуального приёма используются недорогие и простые ОПУ (рис. 3). Поворот антенны производится с помощью актюатора, конец которого шарнирно соединен в точке  $O_1$  с концом неподвижной штанги  $OO_1$ , ориентированной вдоль направления юг-север. Корпус актюатора закреплен в точке  $O_2$  муфтой, шарнирно соединенной с консолем, жестко закрепленным другим своим концом к подзеркальнику ОПУ в точке С.

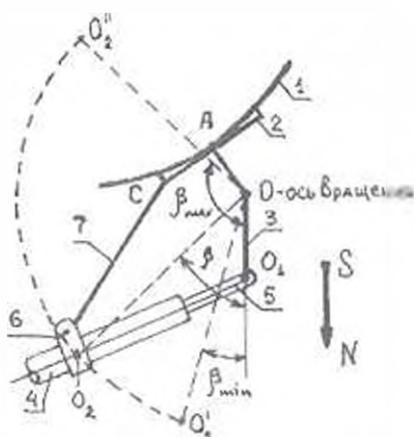


Рис. 3. Схема системы антенна-ОПУ

1 - зеркало антенны. 2 - подзеркальник. 3 - неподвижная штанга, ориентированная вдоль направления юг-север. 4 - актюатор, 5 - шток актюатора. 6 - муфта крепления актюатора, 7 - консоль

При работе двигателя актюатора (рис. 4) благодаря выходу штока изменяется расстояние  $O_1O_2=l$ . (при фиксированном  $OO_1=OO'_1=OO''_1$ ) от значения  $L_0=O_1O'_1$  (при этом антенна смотрит на восток) до  $L_1=O_1O''_1=L_0+\Delta L$  (антенна смотрит на запад), где  $\Delta L$  - длина выхода штока актюатора. При этом шток, упираясь в ось  $O_1$ , заставляет вращаться точку  $O_2$  по окружности, тем самым заставляя вращаться антенну вокруг оси ОПУ (точка О). Углы  $\beta_{\text{зад}}$  и  $\beta_{\text{вост}}$  для крайних положений антенны ограничиваются величинами соответствующих плеч удерживающих моментов. Соответственно при этом возникают углы недосмотра:  $\Delta\alpha_z$  (на запад) и  $\Delta\alpha_v$  (на восток) (рис. 4).

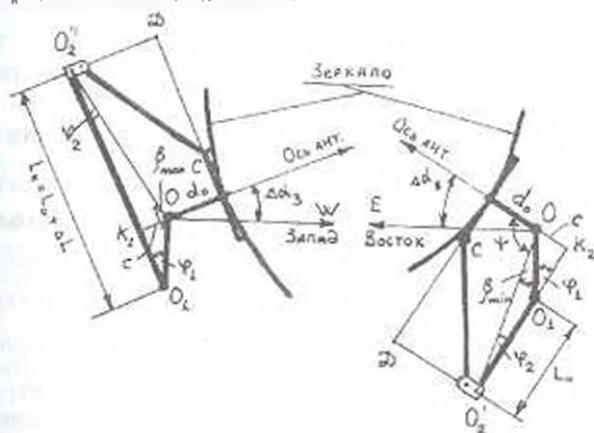


Рис. 4. Схема системы для крайних положений антенны.

$\Delta\alpha_z, \Delta\alpha_v$  - углы недосмотра соответственно на запад и восток,  $L_0$  - начальная длина актюатора,  $\Delta l$  - длина выхода штока актюатора,  $c$  - плечо удерживающего момента, создаваемого актюатором

Положим, плечи удерживающих моментов, создаваемых актюатором и неподвижной штангой  $OO_1$ , при крайних положениях антенны, равны, т.е.  $OK_1 = OK_2 = C$ . Из геометрии такой системы следует, что

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = 2c / \Delta L, \quad (18)$$

$$\Delta \alpha_n + \Delta \alpha_1 = 2\varphi_1, \quad (19)$$

$$OO_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\Delta L^2 + 4c^2}, \quad (20)$$

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{2c}{2L_n + \Delta L}, \quad (21)$$

$$OO_2 = \sqrt{c^2 + \left(L_n + \frac{\Delta L}{2}\right)^2}, \quad (22)$$

$$\varphi = \frac{\pi}{2} - \varphi_1 + \varphi_2 + \Delta \alpha_{1n}, \quad (23)$$

$$O_2D = d_n + c \text{ при } \Delta \alpha_2 = \Delta \alpha_n. \quad (24)$$

Обычно из-за рельефа местности, расположения окружающих гор, зданий и т.д. минимальные значения  $\Delta \alpha_1$  и  $\Delta \alpha_n$  ограничиваются  $\sim 20^\circ$ . Даже в исключительных случаях, когда местность позволяет реализовать меньшие углы недосмотров, не стоит проектировать ОПУ на угол обзора больше  $\pm 70^\circ$  от долготы данной местности, поскольку при углах обзора, близких к горизонту, ощутимо возрастает отношение шум/сигнал из-за влияния Земли.

Отметим путь проектирования ОПУ. Исходя из параметров приемной аппаратуры и критериев качественного приема программы спутникового телевидения, выбираются форма и размер параболического зеркала ( $R$  и  $h$ ). С учетом климатических условий местности определяется более или менее вероятная максимальная скорость ветра  $v$ . По формуле (1) вычисляется лобовое сопротивление  $F_1$  выбранной антенны, которое с учетом географической широты местности может служить для дальнейшего расчета нагрузок на элементы крепления антенны. Задавая расстояние от вершины зеркала антенны до оси вращения ОПУ ( $d_n$ ), по формуле (17) определяем  $M_{\text{шт}}^A$ . Далее, исходя из рельефа местности, где устанавливается антенна, определяются угол обзора и углы недосмотров на запад и восток  $\Delta \alpha_1$  и  $\Delta \alpha_n$ . Учитывая допустимую предельную нагрузку  $R_{\text{шт}}$  на шток актюатора с условием, что  $R_{\text{шт}} \geq M_{\text{шт}}^A / c$ , а также паспортную величину длины  $\Delta L$  выхода штока актюатора и соотношения (18) и (19), выбираем марку актюатора и определяем величину минимального плеча  $C = OK$  удерживающего момента, в результате чего определяются конструктивные размеры неподвижной штанги согласно (20) и конструктивные параметры  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$ ,  $DO_1$  и  $OO_1$  согласно (21)-(24).

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Нагдалян Э.А. Спутниковое телевидение в диапазонах И/12ГГц - Ереван Изд. NB - Пресс, 1990 - 151 с
- 2 Байдахов В.Б., Иванов-Эмин Л.И. Аэромеханика летательных аппаратов - М: Машиностроение, 1965. - 410 с
- 3 Издельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям - М. Машиностроение, 1992 - 672 с.
- 4 Малая Советская Энциклопедия. Изд. 3 - 1958. Т.1 - С. 1175
- 5 Кантор Л.Я. и др. Спутниковое вещание - М. Радио и связь, 1981 - 232 с.

ЕрГУ, НПИ "Комета"

01.05 1997

Илл. НАН и ГНУ Армении (сер. ТП) т. II №2, 1997 с. 233 - 237

УДК 621.3.049.77

РАДИОЭЛЕКТРОНИКА

М.М. ОСИПЯН

### ОСНОВНЫЕ ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И СОВРЕМЕННАЯ МЕТОДИКА ТЕСТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Ընդառնադիմացկան են տարբեր ԹԻՍ-երի մուտքային հարցերը բազմաֆունկցիոնալ միկրոպրոցեսորային «Կոմպակտ» ԱՏՉՏ-ի հիմուն վրա:

Освещены вопросы входного контроля различных ЦИС на базе универсальной микропроцессорной АКИС "Компакт".

Ил. 2. Библиогр. 1 назв.

Problems of input control for different digital circuits on the basis of universal microprocessing automatic system "Compact" are considered.

Ил. 2. Ref. 1.

Современное производство цифровых интегральных схем (ЦИС) характеризуется проведением большого количества измерений и контролем различных параметров (статические и динамические, функциональная проверка) в соответствии с их техническими требованиями. С повышением степени интеграции и функциональной сложности ИС возникают все новые проблемы высокопроизводительного измерения и контроля с малой погрешностью.

Особый интерес представляет входной контроль микросхем, что объясняется как их значительной стоимостью, так и технологическими трудностями замены дефектной микросхемы после ее установки на плату. В условиях массового производства микросхемы критерием применимости того или иного метода контроля или совокупности этих методов является минимум времени, необходимый для проверки схем.

Приведем краткий список основных типов ЦИС.