

ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ СЛОЖНЫХ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

В. А. Михайлов, В. Н. Копаница

Харьков

Широкое применение радиоэлектронных устройств требует от изделий, производящихся серийно, сохранения работоспособности в разнообразных, часто неблагоприятных условиях эксплуатации.

Параметры элементов, комплектующих изделия, являются случайными величинами, и их характеристики задаются только статистически в виде плотности вероятностей или моментов [1]

$$m^l(x_j) = \int x_j^l f(x_j) dx_j,$$

где x_j — параметр элемента;

$m^l(x_j)$ — момент l -того порядка;

$f(x_j)$ — плотность вероятности.

Влияние различного вида внешних воздействий помимо детерминированного носят также случайный характер, и суммарная погрешность от их действия определяется выражением [1]

$$\sigma(x) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sigma^2(x_i)},$$

где $\sigma^2(x_i)$ — дисперсия параметров от действия i -того дестабилизирующего фактора;

n — число факторов.

Поэтому аналитический инженерный расчет радиоэлектронных устройств очень трудоемок, а иногда невозможен.

Значительно ускоряет и облегчает разработку так называемый метод граничных испытаний. Суть его — экспериментальное определение границ нормальной работы аппаратуры (элемента, функционального узла, блока, системы) при изменении отдельных параметров схемы, входных воздействий, нагрузочных цепей, питающих напряжений, воздействие окружающей среды (температуры, влажности, вибраций и т. д.) и взаимодействия схемных элементов между собой [2].

Метод граничных испытаний позволяет [2, 3]

определить оптимальное положение рабочей точки, учитывая надежность;

определить допуски на элементы;

определить запас надежности схем;

прогнозировать отказы схем.

Однако с усложнением разрабатываемого устройства трудоемкость метода резко возрастает и делает его практически неприменимым.

Мы рассмотрим метод, позволяющий при проектировании сложных устройств, состоящих из отдельных функциональных блоков, охарактеризовать их поведение при различных внешних воздействиях; причем, эти характеристики могут быть получены на стадии проектирования до физической реализации устройства.

Сложная неразветвленная схема состоит из n функциональных блоков 1, 2, ..., n (рис. 1, а). Эти блоки преобразуют входные величины $вх. 1$, $вх. 2$, ..., $вх. n$ в величины $вых. 1$, $вых. 2$, ..., $вых. n$ соответственно.

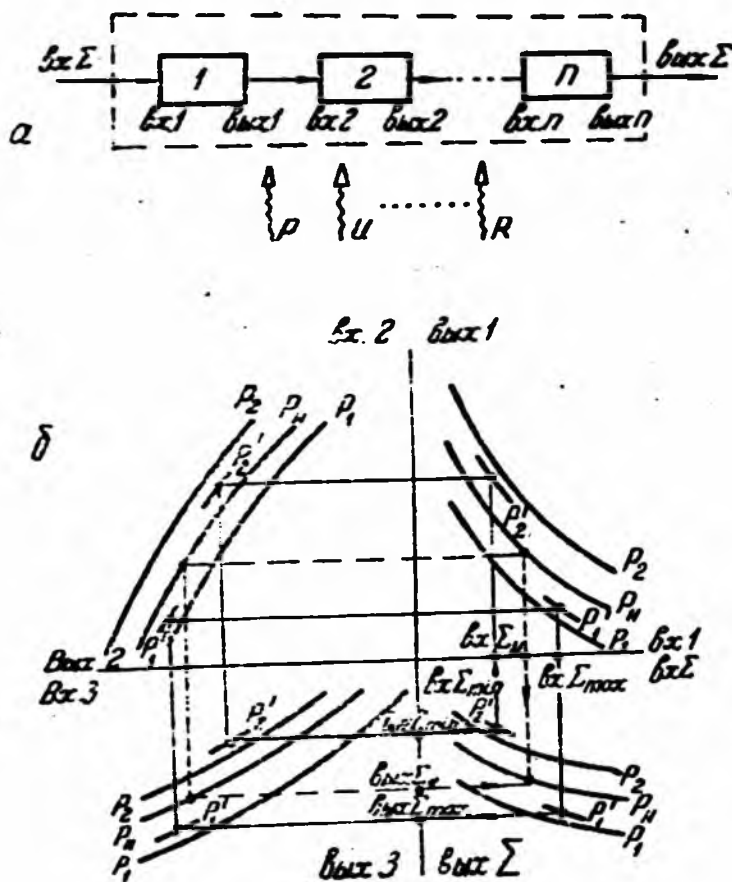


Рис. 1.

Как входные, так и выходные величины могут иметь различный физический смысл, но обязательно должны являться наиболее существенными, определяющими правильную работу системы, параметрами.

Так, например, функциональный блок 1 может являться преобразователем постоянного напряжения, поданного на вход, в импульсное напряжение определенной, зависящей от входного напряжения частоты. Тогда параметр $вх. 1$ должен представлять собой уровень входного напряжения, а параметр $вых. 1$ — частоту импульсов на выходе.

В дальнейшем будем именовать такие параметры «определяющими». Параметры $вх. 1$ и $вых. n$ являются соответственно входным и выходным определяющими параметрами рассматриваемой системы.

Все функциональные блоки системы подвержены воздействию извне некоторых детерминированных возмущающих факторов P , U , R и др., причем, для дальнейших рассуждений безразлично — в одинаковой ли мере отдельные блоки подвергаются названным воздействиям.

Для устойчивого функционирования системы необходимо: во-первых, безотказное выполнение функции преобразования входных величин $вх. 1$, $вх. 2$, ..., $вх. n$ в выходные $вых. 1$, $вых. 2$, ..., $вых. n$ и, во-вторых,

соответствие входных величин последующих блоков выходным величинам предыдущих.

Очевидно, выполнение этих условий можно обеспечить только при знании так называемых характеристик «вход—выход» отдельных функциональных блоков, снятых для определяющих параметров при конкретных, обусловленных функциональной схемой, условиях нагрузки (нагрузку на последующий блок можно имитировать соответствующим эквивалентом). Эти характеристики находятся в определенной функциональной зависимости как от параметров элементов, входящих в данный блок, так и от параметров внешних воздействий.

Положим, что характеристики «вход—выход» отдельных блоков для всех воздействий заданы и потребуем, чтобы в рабочем диапазоне эти характеристики были монотонны. Тогда, зная номинальное значение входной величины для системы $vx. \Sigma_n = vx. 1_n$, можно, используя характеристики, однозначно определить номинальное значение выходной величины $вых. \Sigma_n = вых. n_n$.

Задавая некоторое изменение входной или выходной величины, легко построить характеристику «вход—выход» для всей системы при номинальной и любой другой величине внешнего воздействия. В результате таких построений получают ряд характеристик «вход—выход» исследуемой системы для каждого из внешних воздействий.

Если считать, что в пределах незначительных отклонений внешних воздействий от номинальных значений применим принцип суперпозиции (что во многих практических случаях не дает большой погрешности) можно для любой пары воздействий построить область устойчивой работы (ОУР), т. е. область, где выходной и входной параметры не выходят за пределы допусков.

Для подтверждения сказанного рассмотрим систему, состоящую из трех функциональных блоков 1, 2 и 3, находящуюся под воздействием двух видов внешних воздействий P и U .

На рисунке 1, б каждый блок представлен серией кривых, отражающих зависимость определяющего параметра выходной величины от определяющего параметра входной величины при конкретных значениях нагрузки и различных (P_n, P_1, P_2) значениях внешнего воздействия, где P_n — номинальное значение этого воздействия (например, номинальная температура окружающей среды).

Так как величины $вых. 1$ и $vx. 2$, $вых. 2$ и $vx. 3$ имеют одинаковый физический смысл и соответственно равны, для удобства дальнейших построений соответствующие координатные оси совмещены. Здесь же произведено построение характеристик «вход—выход» для системы при различной величине воздействия P (координатные оси имеют обозначение $vx. \Sigma$ и $вых. \Sigma$). Поскольку полученные характеристики связывают вход системы, выход и внешнее воздействие, можно, задаваясь двумя из этих величин, получить третью.

На рис. 1, б показано, как определяются предельные значения величины внешнего воздействия P при заданных отклонениях входной и выходной величины. Легко доказать, что при монотонно возрастающей характеристике «вход—выход» определяющими являются точки с координатами $vx. \Sigma_{max}$, $вых. \Sigma_{max}$ и $vx. \Sigma_{min}$, $вых. \Sigma_{min}$ при монотонно убывающем характере характеристики — точки с координатами $vx. \Sigma_{min}$, $вых. \Sigma_{max}$ и $vx. \Sigma_{max}$, $вых. \Sigma_{min}$.

Описанный способ удобен, как упоминалось выше, тем, что позволяет на стадии проектирования определить диапазон внешнего воздействия, не приводящего к отказу системы. Однако определение граничных значений внешнего воздействия по характеристике «вход—выход»

системы не позволяет установить влияния отдельного функционального блока на эти границы.

Для выявления «узких» мест в системе необходимо вновь обратиться к рис. 1, б. По уже известному допустимому диапазону изменения внешнего воздействия P и допускам на входной и выходной параметры производят соответствующие построения на характеристиках (сплошные тонкие линии). На основании этих построений можно определить, какой из блоков ограничивает возможности системы по внешнему воздействию.

Аналогично исследуется поведение системы при внешнем воздействии U .

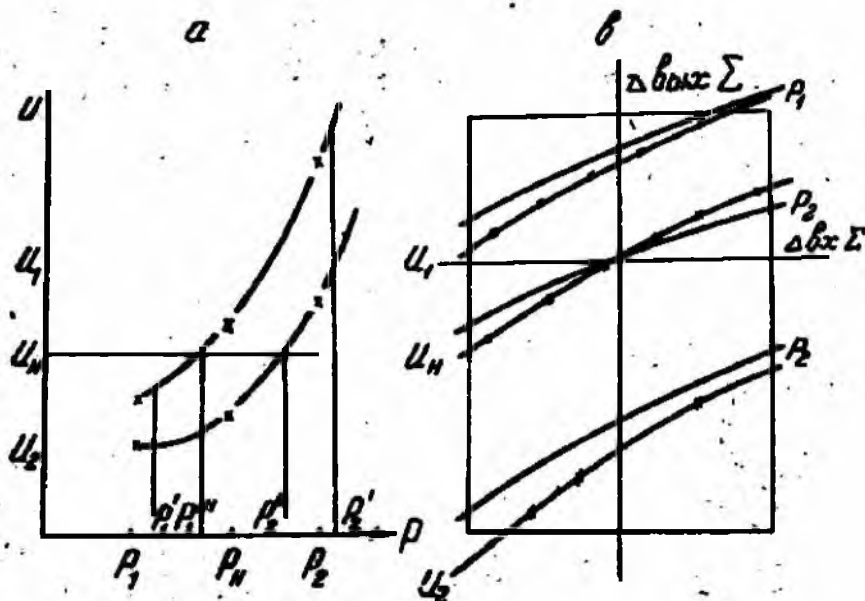


Рис. 2.

Для построения ОУР по параметрам P и U перестроим полученные характеристики «вход—выход» системы для внешних воздействий P и U , откладывая по осям не абсолютные значения входной и выходной величин, а их приращения относительно номинального значения (это равносильно перенесению начала координат в рабочую точку).

На рис. 2, а произведены указанные преобразования для воздействия P и показан возможный вид характеристик для воздействия U . Каждому значению параметра P соответствует некоторый диапазон изменения параметра U , при котором выходная и входная величины не превышают допустимых значений.

Полагая применимым принцип суперпозиции и задавшись несколькими значениями параметра P , получим область устойчивой работы исследуемой системы по параметрам P и U (рис. 2, б).

Анализ полученной ОУР позволяет судить о правильности выбора номинальных значений этих воздействий и допусков на них. Так, из рис. 2, б видно, что диапазон изменения параметра P в пределах P_1', P_2' , полученный с учетом одного воздействия, совершенно неприемлем при воздействии совместно с параметром U .

При нахождении параметра P в пределах P_1', P_2' система работоспособна при единственном значении параметра U , равном U_n .

Разобранный нами случай с тремя функциональными блоками в системе, безусловно, не может дать полной картины применения предлагаемого способа определения ОУР сложных систем. На практике приходится сталкиваться с разветвленными системами и необходи-

мостью учета двух и более определяющих параметров сигналов. Однако эти усложнения приводят лишь к усложнению построений.

Ограниченный объем статьи не позволяет осветить особенности применения описанного метода для логических систем, оперирующих двумя значениями сигналов 0 и 1, и систем, содержащих блоки с немонотонными характеристиками «вход—выход».

Таким образом, при наличии у разработчика указанных ранее характеристик для функциональных блоков системы предложенный метод позволяет:

знать достаточно точно вид характеристик «вход—выход» проектируемой системы;

определить диапазон изменения каждого из внешних воздействий в отдельности, не вызывающих ухода входного и выходного параметров за пределы допустимых значений;

выявить так называемые «узкие места» системы по отдельным видам внешних воздействий;

с некоторым приближением построить ОУР исследуемой системы; определять допуски внешних возмущений при их совместном воздействии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Р. М. Туркельтауб. Методы исследования точности и надежности схем аппаратуры. Изд-во «Энергия», 1966.

2. Б. В. Васильев, Б. А. Козлов, Л. Г. Ткаченко. Надежность и эффективность радиоэлектронных устройств. Изд-во «Советское радио», 1964.

3. В. П. Гусев, В. А. Фомин. Расчет электрических допусков радиоэлектронной аппаратуры. Изд-во «Советское радио», 1963.