

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА СКАЧКООБРАЗНОГО ДЕЙСТВИЯ

Александр Малащенко, к. т. н., доцент, 1-й зам. генерального директора, ОАО НПК «Северная заря», зам. директора по научной работе и маркетингу, НИИ коммутационной техники

В статье даются определение, принцип действия, основные параметры и классификация устройств скачкообразного действия – преобразовательных устройств, выполняющих управляющие или информирующие функции.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И УСТРОЙСТВО

В современной радиоэлектронике, электротехнике и приборостроении широко применяются различные виды преобразовательных устройств (датчики, усилители, стабилизаторы, двигатели, выключатели, реле и т.п. приборы), принцип действия и устройство которых определяется *характеристикой управления* $Y = f(X)$, описывающей зависимость выходных состояний Y этих устройств от характера и величины воздействующих на них входных сигналов X .

Преобразователи (выключатели, переключатели, шаговые искатели, реле, контакторы, заслонки, электромагнитные замки, зеркала и муфты, индикаторы, регистраторы и т.п. ручные и автоматические приборы), обладающие скачкообразной характеристикой управления, представляют группу устройств скачкообразного действия (УСД). Скачкообразная характеристика управления таких устройств определяет преобразование ими непрерывного или дискретного входного воздействия X во всегда дискретное n -ое состояние Y_n , выбираемое из двух, трех и более *позиций*, занимаемых УСД.

Наибольшее применение в технике нашли двух- и трехпозиционные УСД, характеристики управления которых (скачкообразные кусочно-линейные) приведены на рисунке 1. Графики на рис. 1а–в отражают идеализированное преобразование, а петлеобразные зависимости на рис. 1г–е – преобразование с наличием потерь энергии, например на трение, нагревание или перемагничивание. Кроме того, зависимости на рис. 1а, в, г, е демонстрируют, что при малых значениях входного сигнала ($X > 0$) УСД обладают зоной нечувствительности выходного состояния Y_n . Направленные изменения выхода Y при соответствующем нарастании и убывании

входного сигнала X показано стрелками.

К УСД относят также преобразователи, обладающие *усилительной* или *ключевой* характеристикой управления, показанной на рис. 2а. Такой вид управления присущ некоторым видам бесконтактных электрических и магнитных *усилителей*, у которых при подаче сравнительно больших величин входного сигнала X кривая усиления насыщается, и усилитель срабатывает как ключ, «скачком». Выходной сигнал Y при этом меняется от некоторого минимального значения до максимального, соответствующего насыщению выходного параметра усилителя.

Основу конструкции любого УСД составляет *воспринимающе-преобразующая* часть, где происходит преобразование энергии входного сигнала в подобное или новое энергетическое воздействие, приводящее, в конечном итоге, к скачкообразному изменению технического состояния статических или динамических характеристик конструктивных элементов УСД. Изменение технического состояния УСД может заключаться, например, в изменении его физических, химических

или иных характеристик, а также в изменении пространственного положения элементов конструкции.

Наиболее простые УСД называются *скачкообразными элементами* (СЭ) и состоят из минимальной совокупности деталей и связей между ними. Примерами СЭ могут служить транзисторы, триоды, фотодиоды и т.д., меняющие свое статическое электросопротивление скачкообразно, а также магнитоуправляемые электрические контакты или иные электромагнитные механизмы, меняющие скачкообразно пространственное положение своего динамического элемента.

На базе СЭ могут быть построены сложные УСД, например системы из двух статических СЭ – светодиода и фототранзистора или системы, состоящие из динамического электромагнита, нагруженного электрическим контактом. В последнем примере выходным состоянием УСД является не пространственное положение якоря электромагнита, а электрическое сопротивление контакта – *исполнительного элемента* (ИЭ) УСД, связанного с его якорем кинематически с помощью толкателя – *передающего элемента* (ПЭ).

ПРИНЦИПЫ ДЕЙСТВИЯ И ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Функционирование УСД начинается с момента воздействия на него, в

слаботочные электромагнитные

РЕЛЕ

**специальные,
индустриальные**

ОАО НПК "Северная заря"
разработка, производство, испытание реле

Россия 194100, С-Петербург, ул.Кантемировская, 7
тел.: (812) 245-4438, 331-7933, 591-7250
факс: (812) 542-6477, 542-9293, 591-7132, 331-7920
E-mail: general@relays.ru
institute@relays.ru
sale@relays.ru
<http://www.relays.ru>

головной в России и СНГ
разработчик и производитель
электромагнитных реле,
работающих в самых жестких
условиях эксплуатации

Окажем услуги:
- высокоточная штамповка
- лазерная технология
- микросварка
- термовакуумная и химическая очистка



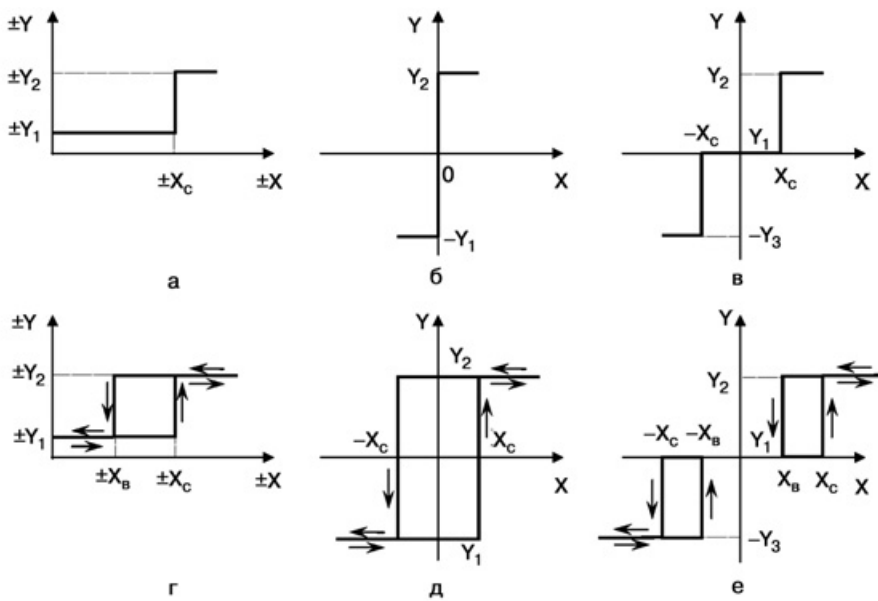


Рис. 1. Характеристики управления двух- и трехпозиционных УСД

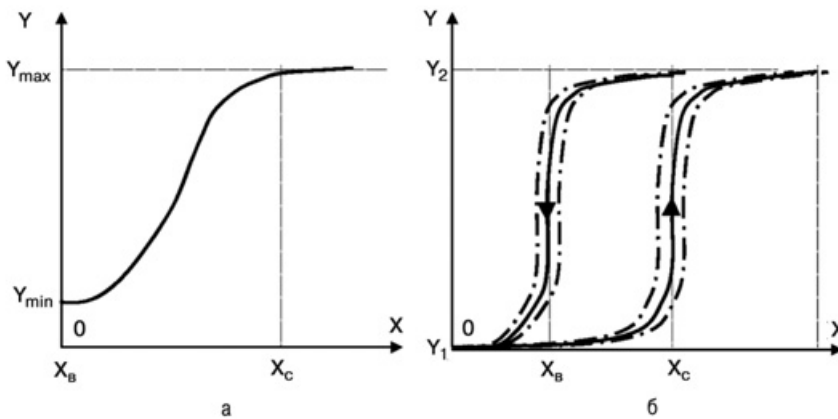


Рис. 2. Квазискачкообразные характеристики управления УСД

общем случае, *векторного* входного сигнала X . Скачкообразное изменение *исходного* состояния Y или *срабатывание* УСД произойдет только при определенном направлении действия входного сигнала и его величине, превышающей *порог срабатывания* $|X_c|$.

Характеристики управления трехпозиционных (рис. 1в, е) и двухпозиционных (рис. 1б, д) УСД показывают, что это векторные устройства, так как их позиционное состояние после срабатывания зависит от направления действия входного сигнала. Характеристики управления, приведенные на рис. 1б, д, показывают, что двухпозиционные УСД могут быть также *скалярными* или *нейтральными* устройствами.

По поведению после срабатывания УСД подразделяются на два типа.

УСД с характеристиками управления на рис. 1а, в, г, е после снижения

абсолютной величины входного сигнала до порогового значения $|X_b|$ или его прекращения ($X = 0$) *возвращаются* из сработавшей в исходную позицию. Сработавшее (второе) состояние таких устройств *нестабильно*. Оно существует, пока действует входной сигнал, и его энергии достаточно для противодействия некой возвращающей силе. В ином случае всегда происходит возврат УСД этого типа в исходное *единственное стабильное* состояние.

УСД с характеристиками на рис. 1б, д *двустабильны*, так как в сработавшей позиции всегда *блокируются*, сохраняя тем самым новое стабильное состояние независимо от величины вектора управляющего входного сигнала. Преодоление блокировки и перевод двухпозиционного двустабильного УСД в исходное состояние может быть осуществлено сменой направления входного воздействия,

т.е. путем нового срабатывания. Для перевода многопозиционного УСД в новую (не исходную) позицию блокировку обычно преодолевают, действуя новым входным воздействием в том же направлении. Очевидно, что перевод заблокированного двухпозиционного УСД в исходное состояние может быть достигнуто и простым снятием блокировки при условии, что в УСД действует возвращающая сила.

Следует понимать, что реальная работа УСД описывается не скачкообразными, а *квазискачкообразными* (см., например, рис. 2б) характеристиками управления, учитывающими и отклик УСД на воздействие внешних возмущающих факторов, и отражающими также фактическое поведение устройств при малых и больших сигналах управления. В этой связи очевидно, что процесс срабатывания и возврата реальных УСД происходит не мгновенно (рис. 3а), а для их надежного срабатывания входной рабочий сигнал X_p должен превышать порог срабатывания X_c .

Время срабатывания t_c или *быстродействие* УСД определяется, в общем случае, как промежуток времени от начала подачи на вход рабочего сигнала управления X_p , инициирующего процесс изменения состояния выхода УСД, до окончания этого процесса. *Время возврата* t_v начинается с момента спада рабочего сигнала и заканчивается в момент изменения состояния выхода УСД. Время t_p характеризует длительность нахождения УСД в рабочем состоянии, которое по отношению к его выходу длится до тех пор, пока там не установится исходное состояние.

Диаграмма на рис. 3б описывает временное состояние СЭ УСД, а диаграмма на рис. 3в — временное состояние его ИЭ. Очевидно, что временные состояния СЭ и ИЭ могут не совпадать.

К числу важных характеристик УСД относятся также коэффициенты запаса и возврата.

Коэффициент запаса $K_z = X_p/X_c$ характеризует надежность срабатывания, а *коэффициент возврата* $K_v = X_b/X_c$ определяет ширину петли характеристики управления. Чем ближе величина K_v к своему предельному значению $K_v = 1$, тем меньшими потерями обладает УСД, и тем большим может быть величина остаточного сигнала управления, не приводящая к возврату.

При сравнении различных типов УСД должны рассматриваться их *коэффициенты управления*

$K_y = Y_{max}/X_c$, а также коэффициенты кратности преобразования $K_n = Y_{max}/Y_{min}$.

КЛАССИФИКАЦИЯ

Рассмотренные выше принципы действия и основные параметры УСД позволяют их классифицировать по следующим основным признакам:

– по направлению управляющего входного воздействия:

скалярные или векторные;

– по способу управления:

ручные или автоматические;

– по количеству занимаемых позиционных состояний:

двухпозиционные или многопозиционные;

– по состоянию после срабатывания:

с возвратом или с блокировкой;

– по числу стабильных состояний после срабатывания:

одностабильные или двустабильные;

– по наличию подвижных конструктивных элементов:

динамические или статические;

– по виду выходного состояния:

параметрические устройства и устройства положения;

– по способу использования выходного состояния:

информирующие и управляющие.

Устройствами положения являются динамические УСД, у которых выходное состояние определяется положением выходного ПЭ. Примером скачкообразного устройства положения может служить электромагнитный стрелочный регистратор электрических сигналов, впервые предложенный Ампером, и являющийся первым автоматическим УСД. Регистратор Ампера, как и простые конструкции электромагнитных замков и муфт, являются СЭ, т.е. устройством, у которого ПЭ – непосредственный выходной ИЭ. УСД положения состоят из СЭ и специального ИЭ, кинематически связанного с подвижной частью СЭ. Примерами таких устройств являются электромагнитные зеркала, гидравлические или пневматические заслонки.

К *параметрическим устройствам* относятся все статические УСД, резко изменяющие какой-либо параметр своего внутреннего состояния, например, сопротивление электрическому току или магнитному потоку. В этой связи динамический СЭ положения, нагруженный механическим электрическим контактом, может также рассматриваться как параметрическое УСД, поскольку выходное

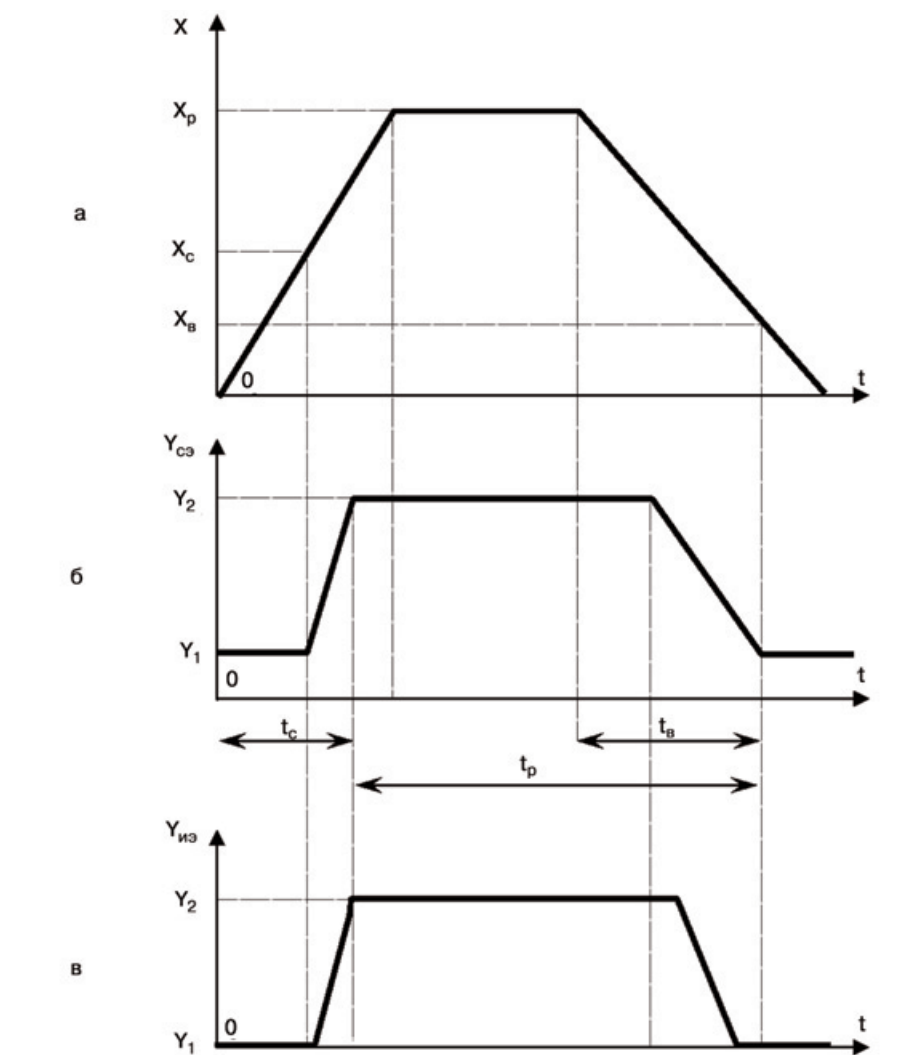


Рис. 3. Временные диаграммы входного сигнала УСД и состояний его элементов

состояние (положение) его контактных элементов оценивается их переходным сопротивлением, принимающим либо очень малое, либо очень большое значение.

К *информирующим УСД* относятся наблюдательные, пишущие и звуковые электромагнитные приборы, применяемые, например, в ранних телеграфных аппаратах.

Выход *управляющих УСД* непосредственно связан с управляемым объектом, которым может быть некая энергетическая цепь, передающая механическое движение, газовый, жидкостной, электромагнитный и т.п. потоки.

Наибольшее применение в электросвязи, энергетике, электротехнике, радиоэлектронике нашли автоматические УСД, дискретно управляющие *электрическими цепями*. Очевидно, что под таким управлением в данном случае подразумевается скачкообразная коммутация (изменение) элект-

рических цепей, т.е. их замыкание, размыкание и переключение.

Первое УСД, ставшее *автоматическим коммутатором электрической цепи*, получило наименование «реле» и было построено на электромагнитном принципе перемещения коммутирующего контакта. Первые электромагнитные реле использовались для усиления слабых электрических сигналов путем их подмены сильными сигналами, что и обусловило название устройств, так как слово «реле» в переводе с английского relay означает замену, смену, эстафету. В современном представлении к реле относят любые автоматические УСД, коммутирующие **только** электрические цепи. Иногда термин «реле» неправильно применяют к коммутаторам пневматических, жидкостных, оптических и др. неэлектрических цепей.

Более подробно о реле см. в этом номере статью А. Малащенко «Реле (определение и классификация)».