

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

В. Ш. АРУՍՅԱՆ

ЦИФРОВЫЕ АВТОМАТНЫЕ ОТОБРАЖЕНИЯ ОДНО- И
МНОГОРЕЖИМНЫХ КОММУТАТОРОВ ФАЗ m -ФАЗНЫХ
РЕВЕРСИВНЫХ ШАГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

В общем случае любой электронный коммутатор, предназначенный для управления переключением фаз шагового электродвигателя (ШЭД), независимо от своей структуры является логической сетью, выходные сигналы которой определяются его внутренним состоянием в данный момент времени. Следовательно, его можно представить в виде цифрового автомата, функции переходов и выходов которого определяются программой переключения фаз при выбранном режиме и порядке поступления входных сигналов управления.

При таком подходе анализ и синтез коммутаторов фаз можно рассматривать с позиции дискретной математической теории цифровых автоматов. Это позволит дать решения наиболее общим вопросам проектирования коммутаторно-распределительных устройств при любой системе элементов и логических структур, получить закономерности, касающиеся всех типов однорежимных (ОКФ) и многорежимных (МКФ) коммутаторов фаз m -фазных реверсивных ШЭД. Благодаря этому процесс построения схем электронных коммутаторов можно полностью формализовать и на основе известных правил логического преобразования и минимизации получить оптимальные по объему аппаратуры логические структуры управления.

По представлению коммутаторов фаз ШЭД как цифровые автоматы опубликован ряд работ [1—4]. Однако все эти работы носят частный характер, в связи с чем полученные в них результаты и сделанные выводы не позволяют полностью раскрыть все аспекты рассматриваемой задачи. Они посвящены формализации проектирования отдельных типов коммутаторов фаз (например, для трехфазных и четырехфазных ШЭД). В них отсутствуют какие-либо обобщения, позволяющие предложить частные принципы анализа и синтеза схем распространить на широкий класс коммутаторно-распределительных устройств. Кроме того, предложенные в этих работах цифровые автоматные модели и алгоритмы синтеза относятся исключительно к триминальным схемам однорежимных коммутаторов фаз, которые ни в коей мере не могут отображать всю специфику создания многофункциональных универсальных распределительных устройств МКФ.

С целью установления единой терминологии и наиболее полной интерпретации ОКФ и МКФ как цифровых автоматов, введем некоторые общие определения.

Поскольку ОКФ и МКФ являются реальными устройствами, предназначенными для управления ШЭД с определенными и конечными числами фаз, а множества их входных и выходных сигналов и внутренних состояний всегда конечны, то их всегда нужно рассматривать как конечные автоматы.

В связи с однозначностью отображения функции преобразования входной информации в выходную, ОКФ и МКФ в отличие от вероятностных автоматов являются детерминированными цифровыми автоматами.

ОКФ и МКФ для многофазных ШЭД обладают числом внутренних состояний более одного. Для замощивания напряжения из фазы до поступления последующего тактового импульса (при потенциальном режиме управления переключением обмоток) ОКФ и МКФ должны содержать элементы памяти. Следовательно, они могут быть классифицированы как автоматы с памятью, т. е. как последовательностные схемы. В них, в зависимости от внутренних состояний автомата, каждому входному состоянию могут соответствовать различные выходные состояния.

ОКФ и МКФ являются полностью определенными автоматами, поскольку для любого их состояния из данного множества состояний определено следующее состояние, в которое автомат переходит под воздействием любого набора из заданного множества входных сигналов.

Так как изменение выходных состояний может произойти только одновременно с изменением входных состояний, ОКФ и МКФ в отличие от временных автоматов относятся к синхронным автоматам.

ОКФ и МКФ целесообразно представлять и выполнять в виде синхронных автоматов, поскольку синхронные автоматы, как известно, синтезируются сравнительно просто и обеспечивают большую функциональную надежность. Это следует из того, что в синхронных автоматах, во-первых, каждому входному сигналу соответствует одно определенное состояние, и во-вторых, отсутствуют состояния, вызываемые как одновременным изменением состояния нескольких элементарных автоматов, так и задержкой в изменении входных переменных. Кроме того, в синхронных автоматах, обычно, переходы из одного состояния в другое осуществляются через промежуток времени, задаваемый, как правило, генератором тактовых импульсов. Это свойство синхронных автоматов хорошо согласуется с требуемой основной функцией, выполняемой любым коммутатором фаз, — осуществить переключения фаз ШЭД в такт поступления управляющих сигналов.

В общем случае математической моделью обычного коммутатора фаз ШЭД, как и любого дискретного управляющего устройства [5],

является абстрактный цифровой автомат, который задается множеством из шести элементов

$$A = \{C, X, Z, F, \varepsilon, c_1\},$$

- где $C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$ — множество состояний (алфавит состояний);
 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ — множество входных сигналов (входной алфавит);
 $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_m\}$ — множество выходных сигналов (выходной алфавит);
 F — функция переходов;
 ε — функция выходов;
 c_1 — начальное состояние автомата.

ОКФ и МКФ, будучи по задательностями схемами, обычно состоят как из логических, так и из запоминающих элементов. В соответствии с этим их цифровые автоматные модели должны состоять из двух блоков — комбинационных и запоминающих устройств.

На рис. 1 представлена цифровая автоматная модель ОКФ для m -фазного реверсивного ШЭД.

В соответствии с двумя входами подачи тактирующих сигналов (для обеспечения прямого и обратного порядка переключения фаз) входной алфавит ОКФ обычно ограничивается двумя буквами x_1 и x_2 . Однако, в определенных случаях реализации [6], входной алфавит ОКФ (как и МКФ) может быть составлен также всего из одной буквы T .

Выходные сигналы коммутатора z_1, z_2, \dots, z_m снимаются с выходов элементов памяти запоминающего устройства. Количество элементов памяти и соответствующее m -е количество букв в выходном алфавите Z в общем случае принимается разным количеством обмоток управления m данного ШЭД [7].

Выходные сигналы $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_m\}$ по цепи обратной связи поступают на входы комбинационной части схемы.

На выходе комбинационной части коммутатора вырабатываются сигналы $U = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ и $V = (v_1, v_2, \dots, v_m)$, управляющие состояниями запоминающих элементов. Состояния c_1, c_2, \dots, c_m элементов памяти ЭП1, ЭП2, ..., ЭП m определяют общее состояние системы, характеризуемое набором $C = (c_1, c_2, \dots, c_m)$.

На рис. 2 представлена цифровая автоматная модель МКФ для m -фазного реверсивного ШЭД, запоминающая часть которой ничем не отличается от аналогичной части модели ОКФ. Отличие между представленными двумя моделями коммутаторов фаз заключается только в их логических (комбинационных) частях. В отличие от ОКФ, цифровая автоматная модель МКФ во входном алфавите содержит дополнительный набор букв $Y = (y_1, y_2, \dots, y_r)$, отображающий группу внешних управляющих команд. Предполагается, что по этому набору можно осуществить заданные и намеченные смещения в нем различных

режимов коммутации фаз ШЭД, не изменяя при этом его внутреннюю логическую структуру [6, 7].

На практике к реальным схемам коммутации фаз подаются также входные сигналы, устанавливающие элементы памяти в требуемые исходные состояния. Однако, они не выполняют специальных логических функций и, следовательно, нет необходимости в их включении в цифровые автоматные модели. Кроме того, с помощью введения цепей самоприспособления и самокоррекции коммутаторов можно добиться полной автоматизации задания исходных состояний элементов памяти и исключить необходимость их ручной установки.

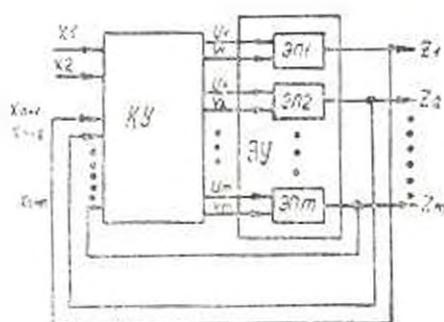


Рис. 1.

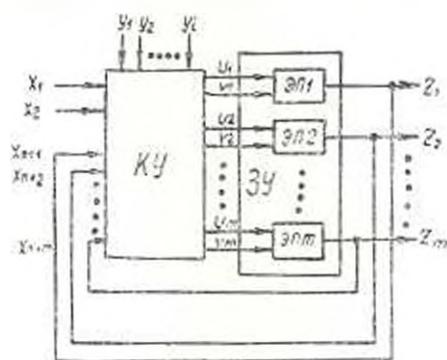


Рис. 2.

В принятых моделях ОКФ и МКФ предполагается, что в качестве их элементов памяти, которые в совокупности с группой логических элементов представляют собой элементарные автоматы, должны быть использованы двухстабильные статические триггерные устройства с внутренней задержкой переключения.

Работа ОКФ и МКФ, как и любого цифрового автомата, должна быть описана в дискретном времени $t_n = nT$, где T — интервал дискретности, называемый обычно тактом работы автомата, а $n = 0, 1, 2, \dots$. Вводя понятие безразмерного времени $i = t_n/T$, полагаем $i = 0, 1, 2, \dots$

В момент времени $i = 0$ коммутирующий автомат находится в начальном состоянии $S(0) = s_1$. В каждый момент времени $i = 0, 1, 2, \dots$ на его вход поступают входные сигналы $X(i)$. Под воздействием набора входных сигналов вырабатывается набор сигналов возбуждения $U(i)$, $V(i)$, и соответствующие элементы памяти переключаются. В результате коммутатор переходит в следующее состояние s_2 , вырабатывая на выходе новый набор сигналов $Z(i)$, взамен предыдущего.

Выходные сигналы ОКФ и МКФ в момент времени i однозначно определяются их внутренними состояниями в тот же момент времени и не зависят от значений входных сигналов. Это дает основание их отнести к автоматам Мура [5]. В связи с этим функции переходов и выходов ОКФ и МКФ можно записать в виде:

$$C(t) = F[(C(t-1), X(t)];$$

$$Z(t) = z[C(t)],$$

где $C(t)$ — состояние коммутатора и рассматриваемом такте, соответствующим дискретному автоматному времени t ;

$C(t-1)$ — его состояние в предыдущем такте, соответствующем дискретному автоматному моменту времени $t-1$;

$Z(t)$ — функция выхода автомата в момент времени t ;

$X(t)$ — входной сигнал.

МКФ вероятно нужно отнести к специальному классу коммутаторно-распределительных устройств для управления ШЭД, поскольку, наряду с содержанием в себе всех основных свойств ОКФ, они обладают совершенно новыми качествами — многофункциональностью и универсальностью. МКФ, совмещающий в себе ряд различных режимов управления данным ШЭД, может успешно выполнять все функции нескольких ОКФ, повышая при этом экономическую эффективность используемой аппаратуры. Помимо этого, с помощью совмещения в едином МКФ всех возможных режимов коммутации фаз переменного ШЭД, можно гибко и в широких пределах изменять величину единичного шага (т. е. осуществить ее электрическую редукцию), энергетические характеристики и динамические свойства дискретного электропривода в целом. В этой связи можно очевидно утверждать, что МКФ призваны открывать новые перспективы для наиболее полного использования специфических свойств дискретных и импульсных электродвигателей.

Разработка и внедрение многофункциональных коммутирующих устройств будет способствовать ликвидации «пустоты» существующих и разрабатываемых для каждого случая в отдельности схем несинхронизированного управления ШЭД, а также созданию материально-технической базы для их широкой унификации и стандартизации. Благодаря их созданию можно свести к минимуму затраты на разработку и повысить технологичность изготовления при массовом производстве.

МКФ вполне естественно отнести к категории дискретных систем с постоянной внутренней структурой и переменной функцией. Как известно, адаптивные дискретные системы переменной структуры, составленные из блоков переменной функции, дают большой эффект при необходимости обеспечения высокой вероятности и безотказной работы в заданном интервале времени. В связи с этим можно полагать, что разработка МКФ с перестраиваемой логикой управления в определенной степени будет способствовать решению важнейших задач создания многофункциональных и высоконадежных систем управления дискретными электродвигателями.

Վ. Շ. ՇՈՐՈՒՅՈՒՄՅԱՆ

III-ՆԱԶԱՅԻՆ ԻԵՂԵՐՄԻՎ ԳԱՅԱՍՅԻՆ ԷԼԵԿՏՐՈՆԱԲՈՒՊՆԵՐՐ
ՄԻՍ.- ԵՎ ԲԱԶՄԱՌԵՏԻՄԱՅԻՆ ԿՈՐՈՒՏԱՏՈՐՆԵՐԻ
ԹՎԱ-ԱՎՏՈՄԱՏԱՅԻՆ ԱՐՏԱՊԱՏՈՒՐՈՒՄԸ

Ա Վ Փ Ն Փ Ն Վ

Վերաբերում է ֆազաների կոմուտատորները սրբին թվային սիստեմաներ, ելեկտրաքիչի և սառնակաճառագիթայինները: Բերվում են բալային էլեկտրաչարսիչների ֆազաների փոխանցածան ղեկավարման միա- և բազմաանոթի-մային սարքերի մաթեմատիկական և ավտոմատային մոդելները:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Шойкет Л. А., Лисовец В. Г., Кудан В. И. Синтез схем электронных коммутаторов для управления шаговыми двигателями. «Механизация и автоматизация управления», 1967, № 2, Киев.
2. Гурин Н. А., Табани А. П., Шварца М. М. Методика проектирования коммутаторов к многофазным шаговым двигателям на базе теории графов. «Электротехника», 1971, № 9.
3. Корюкин А. В. Синтез коммутаторов к шаговым двигателям на базе теории конечных автоматов. «Труды Новосибирского политехнического института», Том 296 «Электротехника», 1973.
4. Эван А. М. Метод логического проектирования распределителей импульсов для управления m -фазными шаговыми двигателями. «Труды Рязанского политехнического института», 1971, № 48.
5. Лисовец В. Г., Пидий Е. И. Синтез управляющих автоматов «Энергия» М., 1970.
6. Арутюнян В. Ш. К проектированию многорежимных коммутаторов фаз на позиционных элементах. «Известия АН АрмССР, серия технических наук», XXVIII, № 4, 1975.
7. Арутюнян В. Ш. Минтор-жизненный универсальный коммутатор фаз для m -фазного управления шаговыми двигателями. «Электротехника», № 7, 1974.