

УДК 621.9.048 + 005.591.6

АДАПТАЦИЯ ПРОГРАММ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ НА ОБОРУДОВАНИИ ИНОСТРАННЫХ ФИРМ

В.М. Нуждов, Д.К. Скрипник

Рассмотрена задача параметрической адаптации рабочих программ электроэрозионной обработки на станке с числовым программным управлением. Предложен алгоритм модификации параметров при составлении многошагового плана обработки. Материал статьи может быть использован при обучении персонала электроэрозионных станков, а также в дисциплине «Автоматизация производственных процессов» профессионального цикла подготовки бакалавров по направлению «Инноватика».

Ключевые слова: электроэрозионная обработка, программирование обработки, обучение персонала.

В современном машиностроении для изготовления ковочных и вытяжных штампов, пресс-форм и других изделий со сложной фасонной поверхностью находят применение электроэрозионные копировально-прошивочные станки с числовым программным управлением (ЧПУ) [1]. По сравнению с фрезерованием, обработка на этих станках в ряде случаев является более предпочтительной, особенно для материалов с повышенными механическими свойствами, при большом отношении глубины обрабатываемой полости к её ширине, при прошивке сложных отверстий и повышенных требованиях к качеству фасонной поверхности. Однако для достижения желаемых показателей по производительности и точности обработки необходимо обеспечить оптимальную настройку рабочих органов станка – генератора импульсов технологического тока, регулятора подачи электрода-инструмента (ЭИ) и системы циркуляции рабочей жидкости. Ввиду этого при подготовке управляющей программы для копировально-прошивочного станка оператор решает две основные задачи:

- программирование траектории движения ЭИ (как при резании);
- программирование параметров генератора импульсов, параметров подачи и параметров прокачки рабочей жидкости.

Выполнение этих задач возложено на контроллер системы ЧПУ, который обеспечивает управление приводами станка, параметрами режима обработки, а также позволяет производить подготовку и коррекцию рабочей программы с помощью встроенных компьютерных средств автоматизированного программирования (САМ). Примерами подобного оборудования являются система ЧПУ фирмы Yihawjet Enterprise Co Ltd и система ЧПУ российского станка 4П723Ф3 [2, 3] (рис. 1).

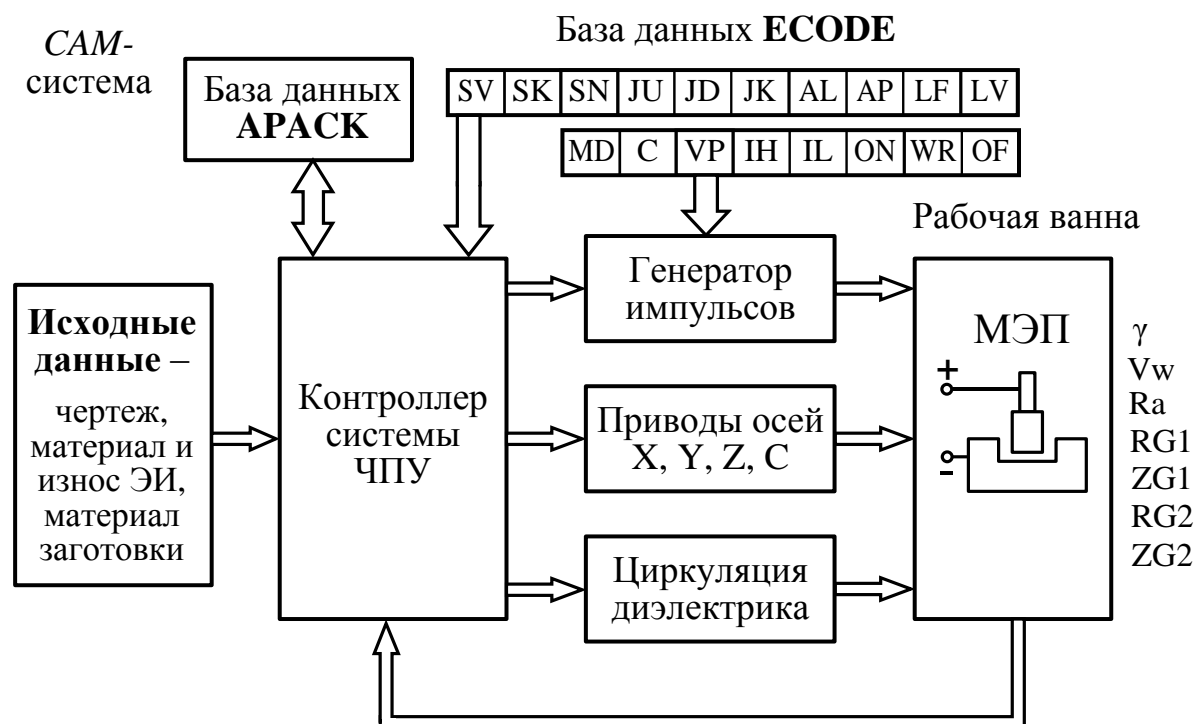


Рис. 1. Схема информационных потоков копировально-прошивочного станка

Контроллер вычисляет траекторию движения электрода, следит за условиями обработки и управляет рабочим процессом. Генераторные настройки параметров разрядов соответствуют E-коду, поступающему от контроллера ЧПУ. Данный код представляет собой набор параметров, подобранных под конкретный тип электродов, для обеспечения заданной шероховатости обработанной поверхности (табл. 1). Параметры разделены на три группы: основные (1), вторичные (2) и выходные технологические параметры (3). В таблицах E-кода указаны значения зазоров, однако оценить влияние параметров режима на точность обработки невозможно. Кроме того, зависимости большинства технологических характеристик ЭЭО от длительности импульсов тока имеют экстремум, положение которого определяется свойствами материалов электрода и детали. В настоящее время методы оценки влияния режимов ЭЭО на производительность и точность обработки основываются, в основном, на таблицах и графиках приводимых в инструкциях к станкам, поэтому оператору предоставляется возможность модифицировать компоненты E-кода и записывать новые сочетания параметров в базу данных Пользователя.

Исходными данными при подготовке управляющей программы являются требования чертежа детали (материал, допуски на размеры, шероховатость обработанной поверхности и др.), а также технологические параметры оборудования – вид рабочей жидкости, электрические режимы генератора импульсов, система команд станка и т.п. [4].

Таблица 1

Состав параметров в коде ECODE

	№	Параметр режима	Символ	Диапазон значений	Пример: код E9350
1	1	Режим обработки	MD	1 ~ 6	3
	2	Емкость конденсатора	C	0 ~ 40	0
	3	Напряжение и полярность	VP	±2, 3, 4, 5, 6	2
	4	Ток высокого напряжения	IH	0 ~ 7	0
	5	Ток низкого напряжения	IL	0 ~ 68	20
	6	Длительность импульса	ON	0 ~ 99	58
2	7	Код коэффициента износа	WR	0 ~ 8	2
	8	Длительность паузы	OF	0 ~ 99	50
	9	Серво-зазор (межэлектродный)	SV	1 ~ 99	20
	10	Серво-коэффициент (усиления)	SK	0 ~ 99	3
	11	Серво-подавление шума	SN	0 ~ 9	5
	12	Длина прыжка (скачок вверх)	JU	0 ~ 9	2
	13	Время обработки (скачок вниз)	JD	0 ~ 9	1
	14	Скорость прыжка	JK	0 ~ 9	7
	15	Уровень дуги	AL	0 ~ 99	20
	16	Степень дуговой защиты	AP	0 ~ 9	4
	17	Минимальный предел OF	LF	5 ~ 130	6
	18	Минимальный предел SV	LV	5 ~ 20	5
3	19	Коэффициент износа, %	γ	0,01 ~ 50	0,1
	20	Производительность, мм ³ /мин	Vw		
	21	Шероховатость, мкм	Ra	0,1 ~ 60	5,6
	22	Боковой зазор, мкм	RG1	0 ~ 250	60
	23	Торцовый зазор, мкм	ZG1	0 ~ 400	90
	24	Боковой остаток, мкм	RG2	0 ~ 500	145
	25	Торцовый остаток, мкм	ZG2	0 ~ 1000	180

Используя технологические инструкции, программист или оператор должен:

- выбрать материал электрода-инструмента;
- указать требуемую шероховатость поверхности (параметр VDI или Ra);
- выбрать условия обработки (максимальная производительность или минимальный износ ЭИ, площадь обработки);
- распределить общий припуск на обработку по переходам (шагам);
- рассчитать (подготовить) ЭИ с учетом необходимого занижения (оф-сета) его размеров относительно требуемых размеров детали;
- выбрать и запрограммировать траекторию и величину подачи ЭИ относительно заготовки с использованием стандартных циклов обработки.

Как видим, задача подготовки управляющей программы является трудоемкой, а ее решение может иметь несколько вариантов. Для облегчения этой работы в системах ЧПУ [2, 3] используется способ автоматизации программирования, при котором для задания параметров режима обработки с учетом материалов электродов используются системы кодирования (табличные базы данных) ECODE и APACK (рис. 1).

База данных ECODE построена на основе четырех классификационных признаков: материалы пар электродов (0~9), глубина обработки (0~2), вид обработки (три стратегии по скорости съема и износа ЭИ) и площадь обработки (пять значений). Последние два признака сгруппированы в классы (0~9) с учетом глубины обработки. В связи с этим полная ёмкость базы ECODE соответствует количеству таблиц $N_{\text{табл}} = 10 \times 3 \times 10 = 300$.

При назначении режимов оператор действует в следующем порядке.

1. Из списка, отображаемого на экране монитора, оператор выбирает строку, соответствующую заданной *паре материалов*. Например, строка с кодом {E09*** CU – ST} соответствует паре «медь – сталь».

2. После этого на экране появляется список режимов обработки из системы данных ECODE. Каждый набор (номер) ECODE содержит коды параметров генератора импульсов и регулятора подачи ЭИ, а также коэффициент износа WEAR электрода-инструмента, боковой зазор RG1, боковой припуск RG2 и другие технологические параметры. При этом оператор может изменять (модифицировать) значения параметров USER ECODE и сохранять соответствующие наборы. Например, в табл. 2 код E09330 содержит параметр MD=3, что соответствует обработке с минимальным износом, но при сниженной производительности V_w . Желая повысить производительность, оператор задает параметр MD=2, который соответствует оптимальному соотношению между износом и скоростью съема.

3. После выбора номера ECODE оператор переходит к просмотру и редактированию кодов системы APACK, с помощью которой программируется многошаговый план процесса обработки. Здесь также возможно использование данных Производителя MAKER APACK или данных USER APACK, подготовленных и модифицируемых Пользователем. Пример набора параметров кода APACK представлен в табл. 3.

Рассмотрим порядок использования этой таблицы.

Согласно технологической инструкции [2] необходимо сначала определить минимальное занижение размеров электрода на сторону $M/2$ при заданной глубине обработки. Эта величина вычисляется как сумма бокового остатка RG2 и бокового запаса безопасности. Например, при $h=10$ мм получено $M/2=106$ мкм.

Далее в нижней части таблицы APACK (см. табл. 3) выделяем строку, соответствующую величине $M/2$ при $h=10$ мм, и в ней находим значение 106 (мкм).

Таблица 2

Фрагмент экрана при редактировании параметров ECODE

< E-SET	>> ECODE	>> CU – ST >>	>
< ECODE	WEAR	RG1	RG2 ><MD C VP IH IL (amp)WRON><OF SV SK JU JD JK AL AP
09330.0	0.10	0.060	0.145 3 0 2 0 20< 10> 3 58 50 72 3 4 3 7 20 4
09300.0	0.20	0.055	0.135 3 0 3 2 15< 7> 2 53 50 72 2 4 3 7 20 5
09280.0	0.20	0.050	0.110 3 0 3 2 12< 6> 1 51 50 72 2 4 3 7 20 5
09260.0	0.20	0.040	0.088 3 0 3 2 10< 6> 1 48 48 75 1 4 3 7 20 5

Таблица 3

Набор параметров АРАСК № 9201 для выбора шагов процесса

АРАСК №	9201				Категория			Типовая обработка					
Материал электрода	CU				Площадь			1×1 ~ 15×15 мм ²					
Материал заготовки	ST				Условие			Низкий износ					
Процесс №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Шероховатость (Ra)	6,3	5	4,5	4	3,5	3,2	2,8	2,5	2,2	2	1,8	1,62	
Код условий (ECODE)	0936 1.5	093 41.5	0933 1.5	0932 1.5	0931 1.4	0930 1.4	0929 1.4	0928 1.4	0927 1.3	0926 1.3	0925 1.3	0924 1.3	
Торцовый остаток (ZG2)	185	165	150	140	96	88	69	58	46	40	34	28	
Боковой остаток (RG2)	160	145	130	120	76	65	55	48	38	33	27	22	
Торцовый зазор (ZG1)	100	90	80	70	60	52	45	38	34	30	28	25	
Боковой зазор (RG1)	80	73	65	60	52	45	38	33	27	22	18	14	
Износ ЭИ γ (%)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	0,8	2	
Минимальное за- нижение размеров ЭИ на сторону (M/2) при глубине h, мм	2	176	160	143	132	84	72	61	53	42	36	30	
	5	192	174	156	144	91	78	66	58	46	40	32	
	10	224	203	182	168	106	91	77	67	53	46	38	
	20	240	218	195	180	114	98	83	72	57	50	41	

По столбцу устанавливаем номер начального процесса (5). Ему соответствует код условий E09311.4, по которому в таблице условий обработки ECODE (класс 09**1) определяем настроечные параметры (коды) генератора импульсов.

Номер конечного шага выбирается, исходя из требуемой шероховатости обработанной поверхности (параметр Ra).

В управляющей программе номера шагов записываются с помощью четырехзначного кодового слова K**##, в котором символы “**” означают номер стартового шага, а символы “##” – номер конечного шага.

Анализ методики подготовки управляющих программ с использованием баз данных ECODE и APACK показывает необходимость разработки дополнительных средств информационного обеспечения оператора. В качестве такого средства предлагается программа расчета (прогноза) величины и плотности среднего рабочего тока, производительности процесса для каждого номера ECODE и машинного времени на каждом шаге. Это позволит оператору быстрее адаптировать управляющую программу для конкретных условий обработки.

Алгоритм адаптации по такой методике изображен на рис. 2 в виде векторной структурной схемы, составленной в программе VisSim.

Пример. Согласно табл. 3 (APACK № 9201) последовательно рассчитываем дополнительные параметры для процессов 5 ~ 12. Для этого:

- 1) задаем номер APACK $N_A = 9201$, идет обращение к таблице;
- 2) задаем код интервала шагов K0512;
- 3) производим расчет дополнительных параметров для каждого из кодов E09311.4 ... E09241.3 с использованием таблиц настроек генератора; например, при уставках $ON=58$, $OF=50$, $IL=20$ находим длительность импульса $t_{ON} = 125$ мкс, длительность паузы $t_{OF} = 70$ мкс, максимальный ток импульса $I_{IL} = 10$ А и, соответственно, средний рабочий ток:

$$I_{cp} = \frac{t_{ON}}{t_{ON} + t_{OF}} I_{IL} = \frac{125}{125 + 70} 10 = 6,4 \text{ А};$$

- 4) рассчитываем время обработки на каждом шаге и общее время обработки для некоторого исходного припуска (остаточного слоя);

- 5) при неудовлетворительном результате делаем корректировку интервала шагов и кодов условий, расчет повторяем и т.д.

- 6) из рассмотренных вариантов ведения процесса обработки выбираем вариант с наименьшим временем обработки.

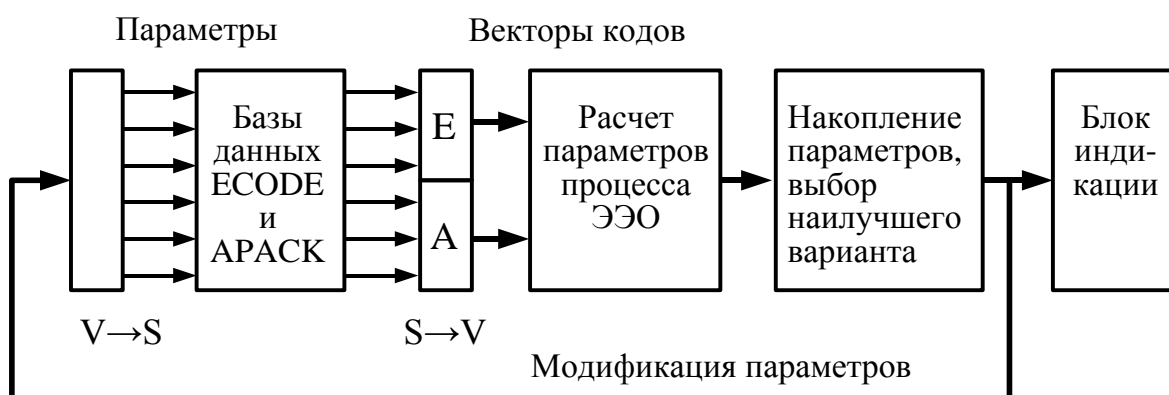


Рис. 2. Блок-схема алгоритма адаптации управляющей программы

Таким образом, предложенный алгоритм адаптации управляющей программы работает по принципу системы с обратной связью, позволяет оператору получать дополнительную информацию и может быть использован для проведения лабораторной работы по дисциплине профессионального цикла подготовки бакалавров по направлению «Инноватика».

Библиографический список

1. Серебrenицкий, П.П. Современные электроэрозионные технологии и оборудование: Учеб. пособие / П.П. Серебrenицкий. – 2-е изд. – СПб.: Издательство «Лань», 2013. – 352 с.
2. Высокая экономичность EDM: ЧПУ серии S / Yihawjet Enterprise Co Ltd. – URL: http://www.yawjet.com/ru/category/CNC-S-Series/A03_cnc_s.html.
3. Электроэрозионный копировально-прошивочный станок с ЧПУ модели 4П723Ф3 / ТроицкСтанкоПром. – URL: <http://www.stankit.sp.com/good/40>.
4. Коренблюм, М.В. Выбор режимов и эксплуатация транзисторных источников питания электроэрозионных станков / М.В. Коренблюм, М.Ш. Отто. – М.: НИИмаш, 1978. – 70 с.

[К содержанию](#)