

УДК 681.513.2

В.В.Сидоренко, проф., д-р техн. наук, Н.В.Смирнова, ас., Л.В.Помазан, доц., канд. техн. наук

Кировоградский национальный технический университет

Применение критерия отношения правдоподобия для обнаружения скачкообразного изменения среднего значения тока дуги

Приводится решение задачи обнаружения в реальном масштабе времени скачкообразного изменения среднего значения тока в процессе размерной обработки дугой на основе статистического критерия отношения правдоподобия для создания эффективной системы управления процессом обработки детали

система управления, скачкообразное изменение среднего значения, критерий отношения правдоподобия

Введение. Основной задачей системы управления размерной обработкой дугой (РОД), является обеспечение стабильности величины тока дуги.

Основным параметром, который отрицательно влияет на качество обработки деталей электрической дугой, является скачкообразное изменения величины тока дуги в процессе обработки деталей. Величина скачкообразных изменений тока дуги определяется в основном величиной межэлектродного промежутка (МЭП).

Регулирование величины МЭП осуществляется косвенными методами по отклонению тока или напряжения дуги от заданного значения.

Анализ фрагментов осциллограмм процесса обработки деталей электрической дугой в системе регулирования величины МЭП по отклонению напряжения дуги [2], выявил скачкообразные изменения рабочего значения тока от номинального до предельного (режим короткого замыкания) и до нулевого (режим обрыва дуги).

На осциллограмме процесса размерной обработки дугой (рис.1) отчетливо выражены участки резкого возрастания и уменьшения тока дуги, которые возникают вследствие запоздалого обнаружения скачка и, как следствие, запоздалого воздействия системы управления на привод рабочего инструмента.

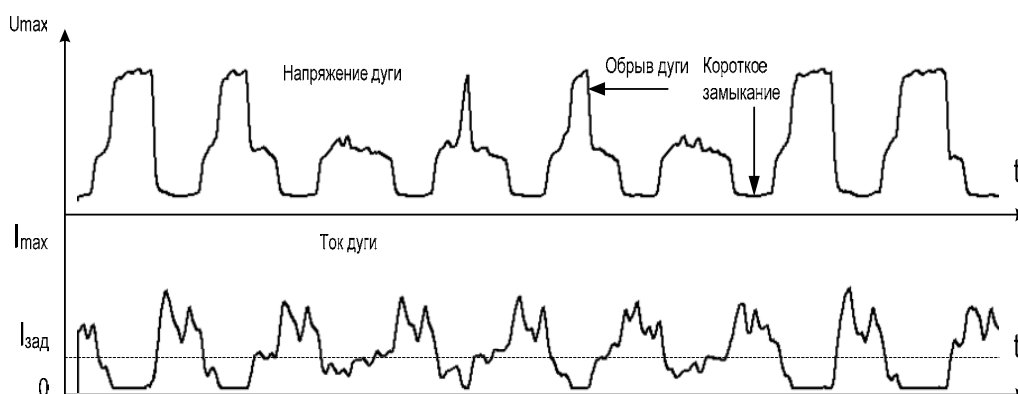


Рисунок 1 – Скачкообразное изменения тока дуги в процессе обработки детали

Анализ исследований и публикаций. Известные системы управления РОД [2] основаны на использовании отклонения тока или напряжения дуги от заданного значения. Недостатком таких систем является задержка времени обнаружения скачкообразного изменения сигнала, что приводит к ухудшению качества обработки деталей и к нарушению технологического процесса обработки дугой.

Постановка задачи. Допустим, что наблюдается кусочно-постоянный сигнал с аддитивной помехой. При этом в неизвестные моменты времени происходят скачки среднего данного сигнала.

Необходимо выбрать критерий, который позволил бы минимизировать время запаздывания в обнаружении скачка среднего значения тока дуги с минимумом ложных тревог.

Основная часть. В настоящей работе проведен анализ использования процедуры проверки статистических гипотез критерия отношения правдоподобия [3] для минимизации времени определения скачка рабочего значения тока дуги и его практическая реализация.

Рассмотрим множество измеренных значений тока $\{i_0, i_1, \dots, i_{n-1}\}$ на интервале времени $[0, t_{n-1}]$, которому соответствует среднее значения тока дуги I_{1cp} , а также множество измеренных значений тока $\{i_2, i_2 + 1, \dots, i_m\}$ на интервале времени $[t_n, t_m]$, которому соответствует среднее значение i_{2cp} .

В неизвестные моменты времени t_n происходят скачки среднего значения \tilde{i}_1 до значения \tilde{i}_2 . Задача сводится к обнаружению скачка среднего значения тока на интервале времени $[0, t_{n-1}]$, в реальном масштабе времени.

Будем считать, что множество измеренных значений тока представляют собой случайные величины распределенные по нормальному закону с плотностью вероятности.

$$P_k(i) = \frac{1}{\delta\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{i_k - m_{ik}}{2\delta^2}},$$

где $(k = 0, 1)$ указывает участки $[0, t_{n-1}]$ и $[t_n, t_m]$, что эквивалентно принятию гипотезы H_k . При этом гипотеза H_0 на интервале $[0, t_{n-1}]$ соответствует отсутствию скачка, гипотеза H_1 на интервале $[t_n, t_m]$ указывает на наличие скачка среднего значения \tilde{i}_1 на \tilde{i}_2 .

Таким образом, определение момента скачка среднего значения тока \tilde{i}_1 эквивалентно принятию гипотез. В основе теории принятия гипотез положен критерий правдоподобия:

$$\frac{\prod_{k=1}^{r-1} p_0(i_k) \cdot \prod_{k=r}^n p_1(i_k)}{\prod_{k=1}^n p_0(i_k)} = \prod_{k=r}^n \frac{p_1(i_k)}{p_0(i_k)},$$

$$\text{где } p_i(i_k) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{(i_k - \mu_i)^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (i = 0,1).$$

Логарифмирование дает:

$$\Lambda_n(r) = \frac{\mu_1 - \mu_0}{\sigma^2} \sum_{k=r}^n \left(i_k - \frac{\mu_1 + \mu_0}{2}\right) = \frac{\mu_1 - \mu_0}{\sigma^2} \sum_{k=r}^n \left(i_k - \mu_0 - \frac{\mu_1 - \mu_0}{2}\right) = \frac{1}{\sigma^2} S_r^n(\mu_0, \nu), \quad (1)$$

где r – момент изменения значения тока дуги;

μ_0 – заданный рабочий ток дуги;

μ_1 – среднее значение тока дуги при коротком замыкании;

$$S_r^n(\mu_0, \nu) = \nu \sum_{k=r}^n (i_k - \mu_0 - \frac{\nu}{2});$$

$\nu = \mu_1 - \mu_0$ - величина скачкообразного изменения с учетом знака.

В этом случае, критерий для принятия гипотез имеет вид:

$$g_n = \max_r S_r^n(\mu_0, \nu) \underset{H_0}{\overset{H_1}{\geq}} \lambda, \quad (2)$$

где λ – пороговое значение критерия для принятия гипотезы H_0 или H_1 .

Оптимальность этого критерия состоит в том, что он минимизирует время запаздывания в обнаружении скачка тока дуги при заданном среднем времени между ошибочными тревогами.

Для обнаружения возникновения скачка среднего рабочего тока дуги, необходимо:

- априорно задать минимальное значение скачка ν_m , который необходимо обнаружить;

- одновременно выполнять процедуру обнаружения скачка как в сторону увеличения (короткое замыкание, (3)), так и в сторону уменьшения (обрыв дуги, (4)) среднего значения рабочего тока дуги.

Обнаружение уменьшения среднего значения тока дуги и принятие гипотезы $H1-$:

$$\begin{cases} T_0 = 0, \\ T_n = \sum_{k=1}^n \left(i_k - \mu_0 + \frac{\nu}{2} \right) \quad (n \geq 1), \\ MAX_n = \max_{0 \leq k \leq n} T_k, \\ \text{обнаружение уменьшения, когда } MAX_n - T_n \geq \lambda. \end{cases} \quad (3)$$

Обнаружение увеличения среднего значения тока дуги и принятие гипотезы $H1+$:

$$\begin{cases} U_0 = 0, \\ U_n = \sum_{k=1}^n \left(i_k - \mu_0 - \frac{\nu}{2} \right) \quad (n \geq 1), \\ MIN_n = \min_{0 \leq k \leq n} U_k, \\ \text{обнаружение увеличения, когда } U_n - MIN_n \geq \lambda. \end{cases} \quad (4)$$

Отсутствие увеличения и уменьшения значения тока дуги соответствует принятию гипотезы $H0$:

$$\begin{cases} MAX_n - T_n \leq \lambda, \\ U_n - MIN_n \leq \lambda. \end{cases} \quad (5)$$

Геометрическая интерпретация критерия отношения правдоподобия представлена на рис. 2.

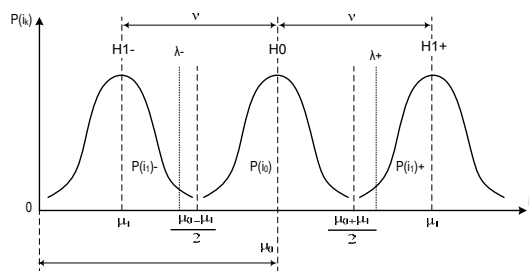


Рисунок 2 – Геометрическая интерпретация критерия отношения правдоподобия

Из рис.2 следует, что если рабочий ток i_k превышает значение $\mu_0 + \frac{V}{2}$, то принимается гипотеза Н1+.

Если рабочий ток i_k меньше значения $\mu_0 - \frac{V}{2}$, то принимается гипотеза Н1-.

Если рабочий ток не превышает значение $\mu_0 + \frac{V}{2}$ и $\mu_0 - \frac{V}{2}$ то принимается гипотеза Н0.

Практическая реализация критерия отношения правдоподобия представлена на рис. 3.

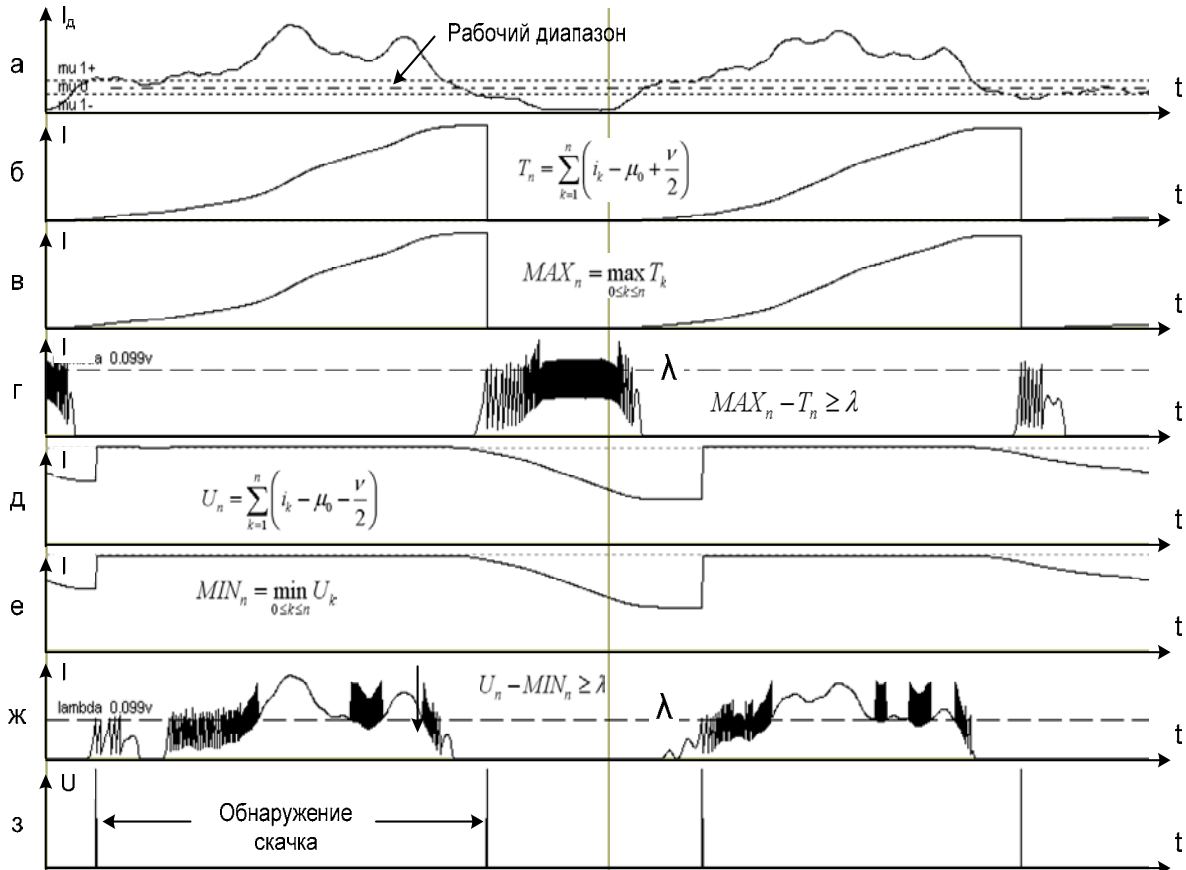


Рисунок 3 – Реализация критерия отношения правдоподобия

На рисунке 3б, 3в и 3г представлена реализация выражения (3). На рисунке 3д, 3е и 3ж представлена реализация выражения (4). На рисунке 3з представлено обнаружение скачка среднего значения тока дуги.

Момент обнаружения скачка среднего служит сигналом для системы управления рабочим инструментом, а направление скачка среднего определяет направление перемещения рабочего инструмента.

На рис. 4 представлены моменты обнаружения скачка среднего для тока дуги I_d .



Рисунок 4 – Обнаружение скачка среднего для тока дуги

Выводы

Использование статистических критериев, таких, как отношения правдоподобия позволяет осуществить обнаружение скачкообразного изменения среднего значения тока дуги с минимальным запаздыванием.

Это позволяет создать эффективную систему управления процессом размерной обработки дугой, предотвратить развитие процесса короткого замыкания и обрыва дуги за счет своевременного формирования сигнала управления приводом перемещения рабочего инструмента и поддержания постоянной величины межэлектродного промежутка в процессе обработки детали.

Список литературы

1. Носуленко В.И. Розмірна обробка металів електричною дугою. Автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.03.07 / Кировоградський держ. техн. ун-т. – К., 1999.- 36 с.
2. Носуленко В.И., Боков В.М., Великий П.М., Широботько В.П., Гросул І.А. Верстат електроерозійний копіювально-прошивний моделі "АМ - 1": Технічний опис. Інструкція по експлуатації. Технічний паспорт.– Кіровоград, 2004. – 61 с.
3. Бассвиль. М., Банвениста А. Обнаружение изменения свойств сигналов и динамических систем: Пер. с англ.– М.: Мир, 1989. - 278 с.

В. Сидоренко, Н. Смирнова, Л. Помазан

Застосування критерію відношення правдоподібності для виявлення стрибкоподібної зміни середнього значення струму дуги

Наводиться рішення задачі виявлення в реальному масштабі часу стрибкоподібній зміни середнього значення струму в процесі розмірної обробки дугою на основі статистичного критерію відношення правдоподібності з метою підвищення якості системи управління процесом обробки деталі

V. Sidorenco, N. Smirnova, L. Pomazan

Application of criterion of relation of plausibility for the exposure of saltatory change of mean value of current of arc

A solution of the problem in real time detecting, an abrupt change in the average current in the arc size treatment on the basis of statistical likelihood ratio test to improve the quality management system the processing details.

Одержано 24.02.10