

УДК 621.791.92.001.057

Носовский М.Б.*

**РАЗРАБОТКА РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ
К УГЛУ НАКЛОНА ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ПРИ
ДЕЙСТВИИ ЛИНЕЙНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ**

Предложена расчетная схема, позволяющая определить требования к углу наклона статической вольтамперной характеристики источника питания по допустимой технологией ошибке по длине дуги при действии возмущений, обусловленных колебаниями руки сварщика. Получены зависимости требуемого угла наклона как от одиночных факторов, так и с учетом их взаимодействия при изменении параметров процесса.

Открытие эффекта саморегулирования длины дуги при сварке плавящимся электродом [1] позволило значительно упростить конструкцию электросварочной аппаратуры и расширить сферы ее применения. При создании источников питания для сварки, использующих этот принцип, требуется, чтобы энергетические возможности источника питания были необходимыми и достаточными для получения качественного сварного соединения. Использование математического моделирования для решения данной задачи позволяет ускорить процесс исследования, сократить объем экспериментальных исследований.

Разработаны математические модели [2, 3], позволяющие определить постоянную времени саморегулирования, и модели [4, 5], описывающие протекание процесса саморегулирования. Однако разделение скорости восстановления длины дугового промежутка в указанных работах на составляющие, зависящие от тока и напряжения, приводит к введению дополнительных связей и чрезмерному усложнению модели. Это имеет смысл, если используется система автоматического управления током и напряжением дуги, когда имеется возможность изменять данные параметры независимо друг от друга.

Кроме того, нет аналитического решения, позволяющего определять требования к углу наклона статической вольтамперной характеристики источника питания.

Поэтому целью данной работы является построение математической модели, позволяющей определить требования к углу наклона статической вольтамперной характеристики источника питания по допустимой технологией ошибке по длине дуги при действии возмущений, обусловленных колебаниями руки сварщика при полуавтоматической сварке.

Дискретный закон возмущения по длине дуги реально можно представить в виде препятствия [6]. Он упрощает анализ процесса стабилизации длины дуги саморегулированием и изучение влияния параметров его на длительность переходного процесса саморегулирования и скорость восстановления длины дугового промежутка. При полуавтоматической сварке сварщик плавно приближает электрододержатель (токоподвод) к изделию и удаляет от него с амплитудой в диапазоне 1-5 мм и частотой 1-5 Гц. Для упрощения характер перемещения электрододержателя можно описать (аппроксимировать) треугольной, синусоидальной или другой зависимостями. Допустимая ошибка по длине дуги определяется из технологических требований к качеству сварного соединения и может составлять 10-50 %.

Решим задачу, аналогичную представленной в работе [6], с треугольным законом возмущения по длине дуги с амплитудой $\Delta \tilde{I}_d$ и частотой ν (рис. 1), имитирующим колебания руки сварщика. В момент времени t_0 сварщик начинает приближать электрод к изделию со скоростью:

$$\Delta \tilde{V}_g = 2 \cdot \Delta \tilde{I}_d \cdot \nu \cdot \quad (1)$$

* ПГТУ, канд. техн. наук, ст. преп.

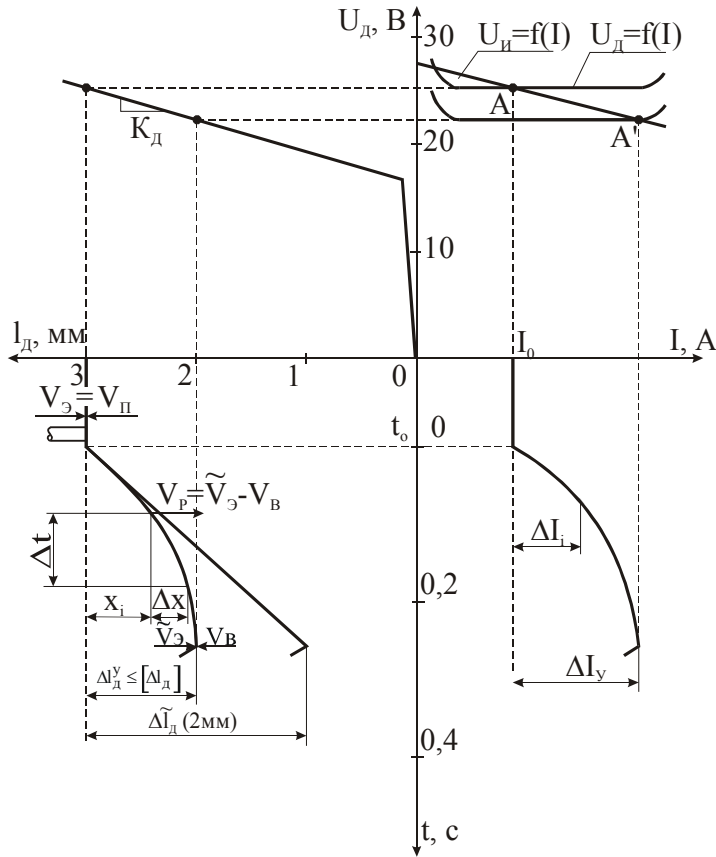


Рис. 1 – Схема процесса саморегулирования длины дуги при действии возмущений по треугольному закону

Тогда можем написать:

$$\Delta V_B = \frac{\Delta I \cdot \alpha_{PCP}}{S_{\text{э}} \cdot \gamma_T} \quad (4)$$

Отсюда находим ошибку по току:

$$\Delta I = \frac{S_{\text{э}} \cdot \Delta V_B \cdot \gamma_T}{\alpha_{PCP}} \quad (5)$$

Ошибка по длине дуги достигает максимального значения, и ее называют установившейся ошибкой $\Delta l_{дy}$. Установившаяся ошибка должна быть меньше или равна допустимой технологией ошибке по длине дуги $[\Delta l_d]$:

$$\Delta l_{дy} \leq [\Delta l_d]$$

Определим требуемый угол наклона характеристики источника, предположив, что установившаяся ошибка по длине дуги равна допустимой ошибке:

$$\Delta l_{дy} = [\Delta l_d] \quad (6)$$

Из этого условия определим допустимую ошибку по напряжению дуги:

$$[\Delta U_d] = [\Delta l_d] \cdot K_d; \quad (7)$$

Отношение требуемой ошибки по току к допустимой ошибке по напряжению определит угол наклона статической вольтамперной характеристики источника питания:

$$K_{II} = \frac{\Delta I}{[\Delta U_d]} = \frac{\pi D_{\text{э}}^2 \cdot \Delta V_B \cdot \gamma_T}{4 \cdot [\Delta l_d] \cdot K_d \cdot \alpha_{PCP}} \quad (8)$$

Расчет будет правильным, если время переходного процесса достижения равновесия окажется меньше или равно времени действия возмущения в одном направлении. Равновесие должно установиться до изменения знака возмущения. Рассчитанное в соответствии с методикой, приведенной в работе [6], время переходного процесса саморегулирования меньше поло-

Допустим, что перенос электродного металла струйный, следовательно, весь расплавленный металл стекает с торца электрода.

Запишем выражение для скорости перемещения торца с учетом возмущения по скорости и закона сохранения вещества и энергии:

$$V_{\text{э}} + \Delta \tilde{V}_{\text{э}} = \frac{(I_0 + \Delta I) \cdot \alpha_{PCP}}{S_{\text{э}} \cdot \gamma_T} \quad (2)$$

Используя принцип суперпозиции, получим:

$$\Delta \tilde{V}_{\text{э}} = \frac{\Delta I \cdot \alpha_{PCP}}{S_{\text{э}} \cdot \gamma_T} \quad (3)$$

По мере приближения торца электрода к изделию длина дуги уменьшается, характеристика ее опускается вниз, а ошибка по току увеличивается. В результате скорость плавления электрода увеличивается. Назовем эту составляющую скорости плавления электрода скоростью восстановления длины дуги (ΔV_B). По мере увеличения ошибки по току скорость восстановления будет приближаться к скорости возмущения, и они становятся равными ($\Delta \tilde{V}_{\text{э}} = \Delta V_B$).

вины периода возмущения по длине дуги, следовательно, равновесие будет достигнуто до изменения знака возмущения.

Из результатов расчета угла наклона характеристики источника следует, что возмущения по длине дуги, обусловленные колебаниями руки сварщика, могут достаточно быстро устраняться при наклоне вольтамперной характеристики источника питания, равной 10-20 А/В. Такие требования к параметрам источника легко удовлетворяются.

Запишем (8) с учетом (1):

$$K_{II} = \frac{\pi \cdot D_{\varepsilon}^2 \cdot \Delta \tilde{I}_D \cdot v \cdot \gamma_T}{2 \cdot [\Delta l_D] \cdot K_D \cdot \alpha_{PCP}} \quad (9)$$

Формулы (8), (9) позволяют определить требования к углу наклона статической вольтамперной характеристики источника питания по допустимой технологией ошибке по длине дуги при действии возмущений, обусловленных колебаниями руки сварщика. Варьирование параметров процесса с использованием математической модели позволило получить расчетные зависимости: $K_{II} = f(v, D_{\varepsilon})$; $K_{II} = f(\Delta \tilde{I}_D, D_{\varepsilon})$; $K_{II} = f(D_{\varepsilon}, [\Delta l_D])$; $K_{II} = f(K_D, D_{\varepsilon})$, которые представлены на рис. 2 – 5.

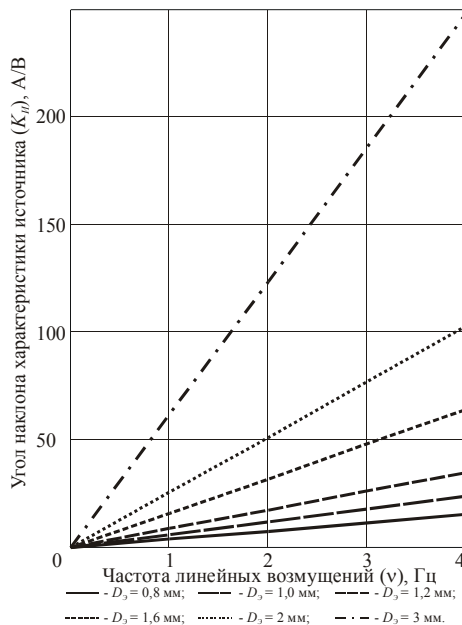


Рис. 2 – Влияние частоты колебаний на требуемый угол наклона характеристики источника

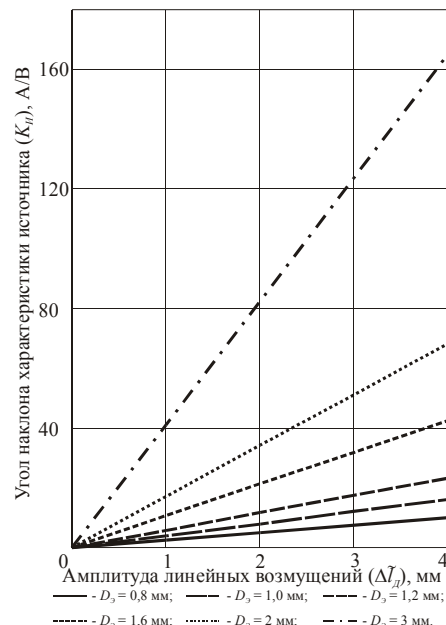


Рис. 3 – Влияние амплитуды колебаний на требуемый угол наклона характеристики источника

Анализ полученных зависимостей (рис. 2, 3) показывает, что с увеличением частоты (от 1 до 4 Гц) и амплитуды (от 1 до 4 мм) возмущений, обусловленных колебаниями руки сварщика, требуемый угол наклона ВАХ источника питания увеличивается с 2 до 32 А/В (с 0,5 до 0,031 В/А) для электрода диаметром 1,0 мм и с 5 до 85 А/В (с 0,2 до 0,012 В/А) для электрода диаметром 1,6 мм.

Анализ зависимостей, представленных на рис. 4, 5 показывает, что использование электродов малых диаметров и защитных сред с большим градиентом падения напряжения в столбе дуги позволяет значительно снизить требования к углу наклона источника питания.

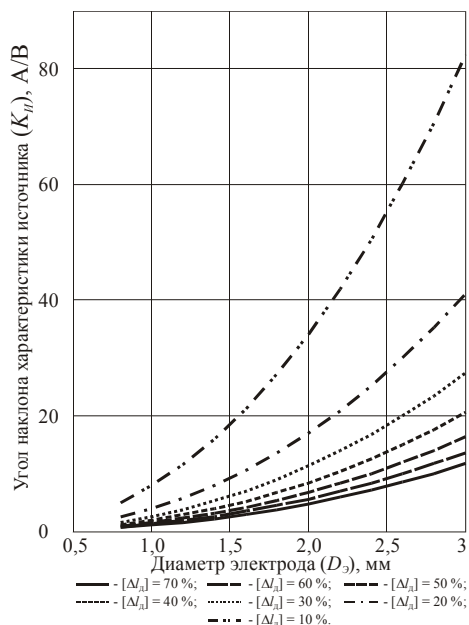


Рис. 4 – Влияние диаметра электрода на требуемый угол наклона характеристики источника при различных допустимых ошибках по длине дуги

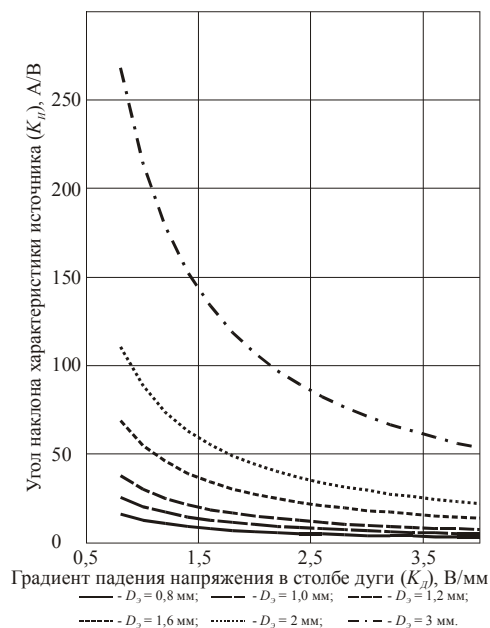


Рис. 5 – Влияние градиента падения напряжения в столбе дуги на требуемый угол наклона характеристики источника

Перспективой развития данного направления является разработка расчетной схемы определения требований к углу наклона статической вольтамперной характеристики источника питания по допустимой технологией ошибке по длине дуги при действии возмущений, обусловленных капельным переносом электродного металла.

Выводы

1. Предложенная расчетная схема позволяет определить требования к углу наклона статической вольтамперной характеристики источника питания по допустимой технологией ошибке по длине дуги при действии возмущений, обусловленных колебаниями руки сварщика.
2. На основе анализа предложенной расчетной схемы показано, что требуемый угол наклона ВАХ источника питания, обусловленных колебаниями руки сварщика при полуавтоматической сварке, прямо пропорционален частоте и амплитуде возмущений, квадрату диаметра электрода и обратно пропорционален градиенту падения напряжения в столбе дуги.

Перечень ссылок

1. Дятлов В.И. Новый принцип построения сварочных автоматов / В.И. Дятлов // Вестник машиностроения. – 1943. – №9-10. – С. 167 – 182.
2. Лесков Г.И. Электрическая сварочная дуга / Г.И. Лесков. – М.: Машиностроение, 1970. – 335 с.
3. Дюргеров Н.Г. Интегральный критерий качества саморегулирования сварочной дуги / Н.Г. Дюргеров // Сварочное производство. – 2001. – № 8. – С.8–10.
4. Светников Б.Г. Нелинейная импульсная модель процесса сварки с короткими замыканиями / Б.Г. Светников, В.А. Лебедев, Е.Г. Годлевский // Автоматическая сварка. – 1985. – №6. – С.16-21.
5. Устойчивость процессов дуговой сварки и наплавки с импульсной подачей электродной проволоки / Дудко Д.А., Лебедев В.А., Мошкин В.Ф., Пичак В.Г. // Автоматическая сварка. – 2000. – №1. – С.12-15.
6. Носовский М.Б. Построение математической модели саморегулирования длины дуги / М.Б. Носовский // Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту: зб. наук. пр. – Маріуполь, 2002. – Вип. 12. – С. 182 – 186.

Статья поступила 20.02.2003.

Носовский Борис Иванович. К.т.н., доцент кафедры оборудования и технологии сварочного производства, окончил Ждановский металлургический институт в 1962 году. Основные направления научных исследований – исследование процессов формирования сварочной ванны и шва при дуговой сварке; исследование процесса переноса расплавленного металла в сварочную ванну при сварке в среде углекислого газа.

Носовский Михаил Борисович. К.т.н., ст. преп. кафедры сопротивления материалов, окончил Приазовский государственный технический университет в 1997 году. Основные направления научных исследований – исследование процесса переноса расплавленного металла в сварочную ванну при сварке в среде углекислого газа; исследование процессов формирования сварочной ванны и шва при дуговой сварке.

Носовский М.Б.

Разработка расчетной схемы для определения требований к углу наклона характеристики источника питания при действии линейных возмущений

Предложена расчетная схема, позволяющая определить требования к углу наклона статической вольтамперной характеристики источника питания по допустимой технологией ошибке по длине дуги при действии возмущений, обусловленных колебаниями руки сварщика. Получены зависимости требуемого угла наклона как от одиночных факторов, так и с учетом их взаимодействия при изменении параметров процесса.

Носовський М.Б.

Розроблення розрахункової схеми для визначення вимог до кута нахилу характеристики джерела живлення при дії лінійних збурень

Запропоновано розрахункову схему, що дозволяє визначити вимоги до кута нахилу статичної вольтамперної характеристики джерела живлення по припустимій технологією помилці по довжині дуги при дії збурень, обумовлених коливаннями руки зварювальника. Отримано залежності необхідного кута нахилу як від одиночних факторів, так і з урахуванням їхньої взаємодії при зміні параметрів процесу.

Nosovsky M.B.

Calculation scheme of power source characteristic inclination requirement under the influence of linear disturbing

Calculation scheme of static characteristic inclination requirement of power source under the influence of welders hand oscillation disturbing, considering welding arc length error tolerated by technology is built. Variation of welding process parameters provides dependence of inclination requirement as from single factor, as factors interaction.