

## ИЗМЕРЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СВАРОЧНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ.

*Куренбин Иван Александрович  
Гордынец Антон Сергеевич, к.т.н., доц.,  
Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30  
E-mail: [iak62@tpu.ru](mailto:iak62@tpu.ru)*

Характеристики сварочного оборудования непосредственно влияют на производительность и качество процессов дуговой сварки. В свою очередь сварочно-технологические свойства оборудования зависят от его статических и динамических характеристик.

Статическая вольт-амперная характеристика (ВАХ) определяет величину тока в сварочной цепи при неизменном либо медленно меняющемся сопротивлении нагрузки. Однако межэлектродный промежуток непредсказуемо и скачкообразно изменяет свое сопротивление от нуля до бесконечности (горение дуги, короткое замыкание и неионизированное состояние). Математическое описание происходящий при этом процессов невозможно выполнить, используя только статические ВАХ. Следовательно, необходимо оперировать динамическими характеристиками источников питания. [1, 2].

В литературе практически отсутствуют сведения об оценке динамических характеристик и, как следствие, нет методики их измерения. Учитывая выше изложенное необходимо разработать методику измерения динамических характеристик сварочных источников питания и экспериментально проверить ее.

Динамические характеристики можно оценить по постоянной времени сварочной цепи:

$$\tau = (L_{др.} + L_{св.}) / (R_{ээ} + R_{св.}), \quad (1)$$

где  $\tau$  – постоянная времени, с;  $L_{др.}$  – индуктивность сглаживающего дросселя, Гн;  $L_{св.}$  – индуктивность сварочных кабелей, Гн;  $R_{ээ}$  – сопротивление межэлектродного промежутка, Ом;  $R_{св.}$  – сопротивление сварочных кабелей, Ом;

Из анализа уравнения следует, что при неизменной индуктивности, скорость изменения тока зависит от сопротивления составляющих сварочной цепи. Так как сопротивление кабелей постоянно и равно примерно 20 мОм, поэтому скорость нарастания напрямую зависит от сопротивления межэлектродного промежутка. При коротком замыкании  $R_{ээ}$  равно нулю. При горении дуги, в случае ручной дуговой сварки,  $R_{ээ}$  можно определить по формуле [4]:

$$R_{ээ} = 20 / I_d + 0,04, \quad (2)$$

где  $I_d$  – ток сварочной цепи.

Следовательно, в процессе сварки, при токе 100А, сопротивление сварочной цепи изменяется в пределах от 20 до 260 мОм. Поэтому измерения нужно производить при коротком замыкании нагрузки и при сопротивлении нагрузки 240 мОм.

Традиционно динамические характеристики оценивают с помощью амплитудно-частотной (АЧХ) и фазо-частотной (ФЧХ) характеристик. Которые показывают насколько точно, быстро и с каким запаздыванием источник питания способен реализовывать управляющее воздействие.

Измерения АЧХ и ФЧХ осуществлялись на специальном стенде (рис.1), в состав которого входили: сварочный выпрямитель (ИП), трансформатор (ТВ), осциллограф Rigol MSO5074, токовый осциллографический пробник LEM HEME PR1030 и балластный

реостат. Эксперимент проводили следующим образом, первоначально устанавливали задающее напряжение ( $U_{зад}$ ), соответствующее току 100 А. После чего подбирали сопротивление балластного реостата ( $R_б$ ) таким, чтобы напряжение на его клеммах было равно 24 В. Измерения частотных характеристик осуществлялось автоматически с помощью встроенного в осциллограф генератора и программного обеспечения автоматизированного построения графиков АЧХ и ФЧХ, приведенных на рисунке 2.

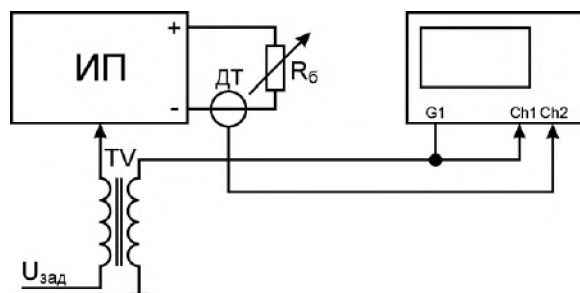


Рис.1 Схема проведения эксперимента

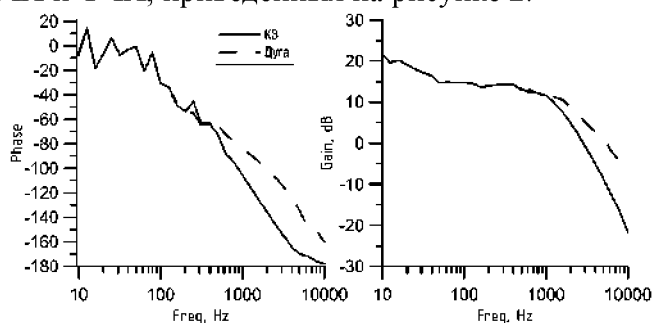


Рис.2 ФЧХ и АЧХ источника питания

Анализ графиков показал, что при коротком замыкании полюс частотной характеристики смещается в низкочастотную область, тем самым снижая динамические характеристики источника сварочного тока. Это совпадает с анализом теоретической зависимости (2).

Выводы. Предложенный метод измерения динамических характеристик сварочный источников питания является работоспособным. Достоверность полученных АЧХ и ФЧХ подтверждается совпадением экспериментальных результатов с теоретически ожидаемыми.

### Список литературы:

1. Теория сварочных процессов: Учеб. Для вузов по спец. «Оборудование и технология сварочного производства» / В.Н. Волченко, В.М. Ямпольский, В.А. Винокуров и др.; под редакцией В.В. Фролова. – М.: Высшая шк., 1988. 559 с.: ил. ISBN 5–06–001473–8.
2. Милютин В.С. Сварочные свойства оборудования для дуговой сварки / В.С. Милютин, Р.Ф. Катаев. – Москва: Оформление, печать: ООО «НАКС Медиа», 2016. – 464 с.
3. Сараев Ю.Н. Исследование стабильности плавления и переноса электродного материала в процессе дуговой сварки плавящимся электродом от источников питания с различными динамическими характеристиками / Сараев Ю.Н., Чинахов Д.А., Ильященко Д.П., Киселев А.С., Гордынец А.С. // Сварочное производство. - 2016. - №12. – с. 3 – 10.
4. Гладков Э. А. Управление процессами и оборудованием при сварке: учеб. Пособие для студ. высш. учеб. заведений / Э. А. Гладков. – М. : Издательский центр «Академия», 2006. – 432 с.
5. Лесков Г.И. Электрическая сварочная дуга / Г.И. Лесков. — М.: Машиностроение, 1970. —335 с.
6. Заруба И.И. Статистические показатели стабильности при оценке сварочных свойств источников питания для дуговой сварки. / И.И. Заруба, В.П. Латанский, Н.В. Троицкая // Новые сварочные источники питания: сб. науч. тр. АН Украины, ИЭС им. Е.О.Патона. — Киев, 1992. с. 86–94.