

УДК 537.525 (575.2) (04)

**ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ФАЗОВЫХ НАПРЯЖЕНИЙ МЕЖДУ ЭЛЕКТРОДАМИ
ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ДУГИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

Н.И. Дудникова – канд. физ.-мат. наук,

Н.Ф. Трапицын – канд. физ.-мат. наук

Results of oscilloscope researches of phase voltage of the high-voltage arc of alternating current are presented. Influence of value of ionization potential of used element on arc's electric characteristics is established.

Как известно, высоковольтная дуга переменного тока, применяемая в качестве источника света для спектрального анализа, обладает хорошими аналитическими свойствами¹.

Одной из положительных особенностей этого источника является независимость температуры дуговой плазмы от валового состава порошковой пробы, помещенной в канал угольного электрода. Однако, как и при использовании любых других источников для анализа порошковых проб, от валового состава анализируемого образца зависит температура электрода, в котором он находится, а значит и поступление пробы в зону разряда. В свою очередь, температура угольного электрода зависит от того, какая смесь элементов помещается в этот электрод, в частности, от температуры плавления и кипения смеси, от концентрации смеси и др. Все эти параметры оказывают влияние на фазовые величины напряжения между электродами дуги в течение полупериода тока. В ещё большей степени на фазовые значения напряжения оказывают влияние величины потенциалов ионизации элементов в пробе.

¹ Трапицын Н.Ф. Высоковольтная дуга переменного тока как источник света для эмиссионного спектрального анализа. – Фрунзе: Илим, 1988. – 150 с.

Интересно определить изменения этих величин в зависимости от потенциала элемента пробы, температуры кипения и температуры пробосодержащего электрода. Для этой цели были использованы смеси порошковых проб с разными свойствами и независимый от дуги подогрев пробосодержащего электрода.

Схема генератора высоковольтной дуги и подключение осциллографа к дуге приведены в [1].

Фазовые электрические характеристики: изменения напряжения и силы тока в течение полупериода тока регистрировались с помощью свето-лучевого осциллографа Н-102, шлейфы которого были отградуированы по напряжению и по току. Нагревание нижнего электрода вертикальной дуги, куда помещалась проба, производилось путём пропускания через него большой силы тока от понижающего трансформатора большой мощности. Величина мощности подогрева регулировалась реостатом, включенным в первичную цепь. Один конец выхода понижающего трансформатора подключался к держателю нижнего электрода, а второй с помощью специального зажима с вольфрамовыми контактами – к верхней части электрода.

Измерение температуры нижнего электрода производилось на расстоянии 1 мм от верхнего конца электрода оптическим пиро-

метром с исчезающей нитью ОППиР – 09. Подогрев электрода производился в течение 2 минут силой тока 80 А. После этого времени включалась высоковольтная дуга при силе тока 1,5 А и расстоянии между электродами 1,5 мм. Через одну минуту после зажигания дуги производилось измерение температуры, которая оказывалась примерно на 300° выше температуры электрода без дополнительного подогрева. Сразу же после измерения температуры производилось фотографирование осциллограмм напряжения и силы тока дуги. При градуировке шлейфов подводящие к ним провода были подключены так, что когда на верхнем электроде была положительная полярность, а на нижнем отрицательная, кривые напряжения и тока на осциллограмме отклонялись вверх от изоэлектрической линии, а когда полярность менялась – вниз от этой линии. Такое соединение позволяло по виду осциллограммы определять, какая полярность на элект-

тродах была в тот или иной полупериод тока. На рис. 1 представлена типичная осциллограмма изменения напряжения между электродами дуги в течение периода тока.

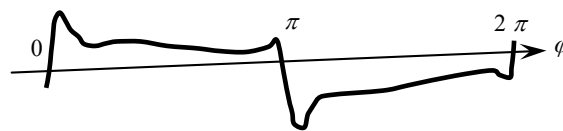


Рис. 1

Для выяснения влияния потенциала ионизации вводимых в дуговой промежуток веществ и разогрева электрода на электрические характеристики высоковольтной дуги в отверстие нижнего угольного электрода вводились десятипроцентные смеси веществ с примерно одинаковыми температурами плавления и кипения, но разными потенциалами ионизации металла вещества (табл. 1).

Таблица 1

Вещество	Температура плавления, $^{\circ}\text{C}$	Температура кипения, $^{\circ}\text{C}$	Потенциал ионизации, eV
KL	723	1420	4,34
NaCl	800	1413	5,138
BaCl ₂	962	1560	5,209
MgCl ₂	712	1412	7,645

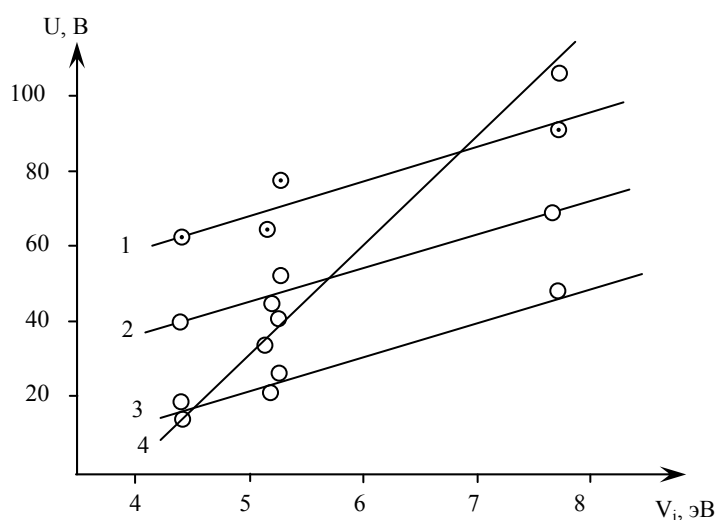


Рис. 2.

На всех осциллограммах, подвергаемых обработке, каждый полупериод делился по времени равномерно на 14 фаз. В точках, соответствующих этим фазам – измерялись ординаты кривых тока и напряжения, которые соответствовали фазовым величинам тока в дуге и напряжению между электродами. Для определения пробойного напряжения и напряжения гашения измерялись соответствующие ординаты на кривой напряжения. Каждое значение было получено в результате усреднения 5–8 измерений на осциллограммах различных полупроводников. Измерения производились для полупериодов различной полярности как с подогревом нижнего электрода, так и без подогрева.

По результатам измерений строились графики зависимости фазовых напряжений от потенциала ионизации вводимого элемента. В качестве примера на рис. 2 приведен фрагмент такого графика, полученного при положительной полярности верхнего электрода и при использовании подогрева (прямая 1 получена для фазы 77°, прямая 2 – для фазы 103°, прямая 3 – для фазы 130°, прямая 4 для напряжения гашения).

Выводы

1. Явной зависимости напряжения зажигания от потенциала ионизации вводимого элемента не обнаружено.

2. Падение напряжения между электродами дуги как при подогреве нижнего электрода, так и при различных полярностях электродов прямо пропорциональны потенциалу ионизации вводимого в электрод элемента. Причём, для разных фаз прямые зависимости почти параллельны.

3. Зависимость фазовых напряжений от потенциала ионизации вводимого элемента

при подогреве электрода более сильная, чем при отсутствии подогрева.

4. При положительной полярности верхнего электрода фазового напряжения как правило больше, чем при отрицательной. При использовании подогрева электрода эта разница уменьшается.

5. В отсутствие подогрева определённой зависимости напряжения гашения от потенциала ионизации вводимого элемента не наблюдается. При подогреве электрода эта зависимость линейная и более сильная по сравнению с зависимостями фазовых напряжений (см. прямая 4 на рис. 2).

Для изучения влияния температуры кипения веществ на электрические характеристики дуги были приготовлены десятипроцентные смеси веществ примерно с одинаковыми потенциалами ионизации, но с разными температурами кипения. Расчет концентраций велся на содержание чистого металла (табл. 2).

За температуру плавления и кипения соединений CuSO_4 и NiCO_3 были приняты температуры плавления и кипения чистых металлов, так как соединения разлагались при температурах меньших 500°C.

Измерения проводились для различных полярностей электродов как с подогревом нижнего пробосодержащего электрода, так и без подогрева. По результатам измерений строились графики зависимостей фазовых напряжений от температуры кипения. Анализ этих графиков позволяет сделать следующие выводы:

1. Ход зависимости падения напряжения от температуры кипения вводимого в электрод вещества в разные фазы горения дуги практически одинаков и имеет только некоторое смещение по величинам напряжения.

Таблица 2

Вещество	Температура плавления, °C	Температура кипения, °C	Потенциал ионизации, eV
MgCl	718	1412	7,645
CuSO_4	1083	2600	7,72
NiCO_3	1453	2140	7,63
MgO	2800	3600	7,645

2. Ни напряжение гашения, ни фазовые напряжения практически не зависят от температуры кипения вводимых в электрод веществ.

3. При отсутствии постороннего подогрева и при положительной полярности верхнего электрода напряжение гашения и фазовые напряжения больше, чем при отрицательной полярности. В случае подогрева нижнего электрода определённой зависимости не наблюдалось.

4. Напряжение гашения и фазовые напряжения при положительной полярности верхне-

го электрода и подогреве электрода меньше, чем при отсутствии подогрева. При отрицательной полярности верхнего электрода определённой зависимости не наблюдалось.

Таким образом, на электрические характеристики высоковольтной дуги переменного тока в большей степени влияет величина потенциала ионизации используемого элемента, а температуры плавления и кипения пробы практически влияния не оказывают.