

УДК 621.31

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОСТОЯННОЙ ВРЕМЕНИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГИ

З.В.Митянин, студент гр. ЭТ-3, II курс,
Е.С.Борисова, студентка гр. ЭТ-3, II курс
Научный руководитель: В.М. Мякишев, к.т.н., доцент
Самарский государственный технический университет
г. Самара

Динамика поведения электрической дуги определяется постоянной времени, которая характеризует теплосодержание Q_0 и мощность теплоотвода P_{0m} на единицу длины дуги:

$$\Theta = Q_0 / P_{0m} \quad (1)$$

Знание постоянной времени дуги позволяет наилучшим образом проанализировать процесс повторного зажигания электрической дуги.

Для анализа этих процессов и дальнейшего поведения дуги требуется математическая модель, которая учитывает электрические и тепловые процессы, влияющие на поведение электрической дуги. В мощных установках (сталеплавильные и рудотермические печи) применяется модель дуги, сформулированная С.И.Тельным. Идея этой модели заключается в том, что сопротивление ствола дуги считается чисто активным и постоянным.

При малых значениях тока процесс повторного зажигания дуги анализируется с помощью модели О.Майра, например, в g-форме:

$$\frac{dg}{dt} + \frac{g}{\Theta} = \frac{i^2}{Q_0} \quad (2),$$

где g – проводимость дуги, i – ток дуги, Q_0 – теплосодержание на единицу длины дуги, Θ – постоянная времени.

Определение постоянной времени дуги позволяет найти оптимальное соотношение устойчивости и экономичности дуговых устройств и установок. Существует несколько методов определения постоянной времени электрической дуги [1,2].

1. По экспериментальным осциллограммам дугового процесса строится график зависимости тока и напряжения дуги:

$$R_d \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{R_d} \right) = f(u_d, i_d) \quad (3).$$

Касательная к этому графику отсекает на соответствующих осях координат отрезки, по которым находится характерная мощность и постоянная времени. Экспериментальным путем доказано, что зависимость тока от напряжения дуги не бывает прямолинейной, что делает практическое применение данного метода ограниченным.

2. При переменном токе, постоянная времени низковольтной дуги может быть определена по осциллограмме напряжения на дуге $u_d=i_d$ и вычисляется по формуле:

$$\Theta = \frac{t_0}{\sqrt{2}} \quad (4),$$

где t_0 – время от момента перехода напряжения через нуль и до момента времени, когда напряжение гашения достигает пика. Однако данный способ применим лишь при синусоидальной форме тока и соответствии дуги модели Майра.

3. Метод определения постоянной времени по реакции дуги на импульсы тока различной формы. Недостатком метода является сложность его практического применения и громоздкий процесс анализа результатов.

4. Шунтирование части активного сопротивления цепи вызовет мгновенное изменение тока, которое, в свою очередь, приведет к изменению напряжения дуги. В таком случае постоянная времени может быть вычислена по следующей формуле:

$$\Theta = \frac{t_1}{\ln \frac{(U_0/U_s) - (I_0/I_s)}{(U_0/U_s) - 1}} \quad (5).$$

5. Расчетным путем по току дуги и степени ионизации газового столба [3]:

$$\theta \leq 1,75 I_6^{2/3} / U_i^{67/12} \cdot 10^{-2} \quad (6).$$

Но данный способ требует тщательного и громоздкого эксперимента, что существенно сказывается на результате.

Однако, в работе А.М.Залесского [2] описана зависимость градиента напряжения от постоянной времени цепи. На этом теоретическом положении основан метод определения постоянной времени, разработанный в СамГТУ на кафедре «ТОЭ», базирующийся на гармоническом анализе кривой напряжения на дуге. Предположим, что ток в цепи, питающей дугу, изменяется по закону, близкому к синусоидальному и к рассматриваемой дуге применима модель Майра (1).

После определенных математических преобразований [4] получим конечную формулу для вычисления постоянной времени:

$$\theta = \frac{1}{4\omega} \left(\frac{1}{\chi} - \chi \right) \quad (7),$$

где ω – угловая частота колебаний источника питания, χ – отношение амплитуды двух ближайших нечетных гармоник.

Измерить постоянную времени можно с помощью устройства, содержащего фильтры первой и третьей гармоник, функциональный преобразователь (логометр) и измерительный элемент. С логометра подается сигнал на измерительный элемент, с которого снимается значение постоянной времени. Также ее значение можно вычислить по формуле (7) или пользуясь графиком (рис. 1).

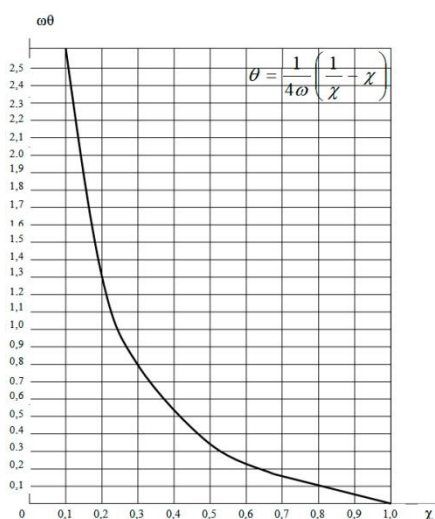


Рис. 1. Кривая изменения постоянной времени дуги θ .

В системах автоматического управления сварочным процессом, в качестве контрольного сигнала может использоваться сигнал, снимаемый с логометра. Применимость данного метода ограничена необходимостью определения математической модели дуги.

Выводы. В данной работе проведено сравнение методов вычисления постоянной времени электрической дуги и рассмотрен метод её определения посредством гармонического анализа напряжения на дуге. Этот способ позволяет быстро и с достаточной практической точностью определить постоянную времени и оперативно воздействовать на дуговые процессы.

Список литературы:

1. Таев И.С. Электрическая дуга в аппаратах низкого напряжения. – М.Л.: Энергия, 1965.
2. Залесский А.М. Электрическая дуга отключения. – М.Л., Госэнергоиздат, 1963.
3. Лесков Г.И. Электрическая сварочная дуга. – М.: Машиностроение, 1970.
4. Мякишев В.М. Сварочный трансформатор с насыщающимся участком магнитопровода. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2010.