

## ОЦЕНИВАНИЕ ЭМС ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ РАБОТЕ ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ

Паркис О.С., студент; Дмитриева Е.Н., доц.

(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

Системы перемещения электродов в дуговой сталеплавильной печи работают независимо друг от друга. Поэтому токи фаз не равны между собой, что создаёт несимметрию напряжений в сети электроснабжения. Несимметрия больше всего сказывается на трёхфазных асинхронных и синхронных электродвигателях (АД и СД). В стандарте [1] нормируются трёхсекундные коэффициенты несимметрии в точках общего присоединения, которые используются в коммерческих расчётах за потребляемую электроэнергию и выявления источников нарушения ЭМС. Однако по ним нельзя оценить негативное влияние несимметрии на АД и СД.

Целью работы является построение графиков напряжения  $U_2$  обратной последовательности по экспериментальным записям мгновенных значений фазных напряжений, выполненным к.т.н. Лютым А.П., а также оценка дополнительных потерь активной мощности, увеличения температуры перегрева двигателей и сокращения срока их службы.

Фазные напряжения  $u_A$ ,  $u_B$  и  $u_C$  представлены решётчатыми функциями с шагом квантования  $\Delta = 0,0005$  с. Переход к линейным напряжениям осуществляется по формулам:

$$u_{AB} = u_A - u_B, \quad u_{BC} = u_B - u_C, \quad u_{CA} = u_C - u_A. \quad (1)$$

Действующие значения  $U$  определялись среднеквадратичным осреднением (СКО) процессов (1) на интервале 0,02 с в начале, середине и конце плавки. Была выполнена проверка формулы (Б.18) из [1] для напряжений  $U_2$ . Оказалось, что эта формула иногда даёт комплексные величины или деление на нуль. Причина последнего очевидна: в формуле в знаменателях слагаемых есть величина  $U_{AB}$ . При обрыве дуги в фазе  $A$  или  $B$  она обращается в нуль. Причина первой ошибки заключается в том, что нарушается условие замкнутости треугольника линейных напряжений, принятое при выводе этой формулы. Для устранения отмеченных недостатков предложено либо применять общий метод симметричных составляющих либо производить корректировку.

Отработка программ вычислений выполнялась на примере графиков тока ДСП из [2]. По полученному графику  $I_2(t)$  тока обратной последовательности при мощности КЗ 600 МВА и номинальном напряжении 35 кВ осуществлён переход к графику  $K_{2U}(t)$  коэффициентов несимметрии, показанный на рисунке 1. Проверка по критерию Пирсона подтвердила возможность принятия гипотезы о нормальном распределении процесса  $K_{2U}(t)$ . Корреляционная функция является экспоненциальной, что свидетельствует об отсутствии колебаний перемещения электродов.

Путём СКО коэффициентов несимметрии на интервале 3 с с интегральной вероятностью 0,95 было получено максимальное значение 1,2% трёхсекундного коэффициента несимметрии, которое меньше нормы 2% из [1].

Для мощных электродвигателей оценка ЭМС производится по схеме замещения АД по обратной последовательности, что позволяет определить токи статора и рото-

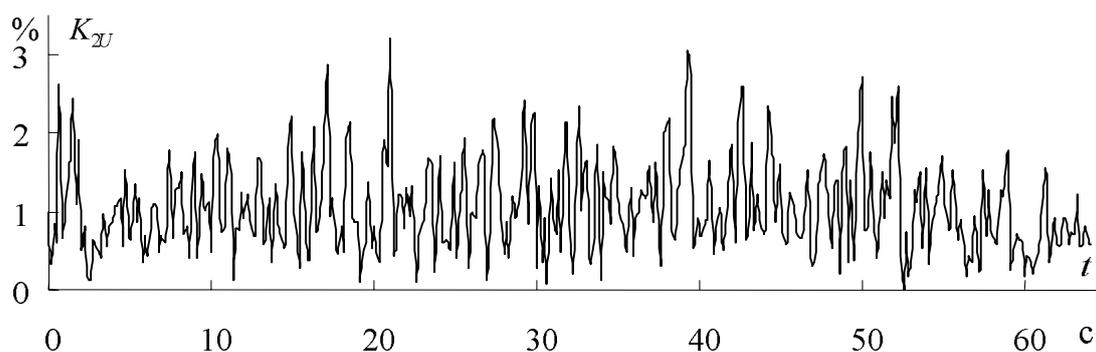


Рисунок 1 – Изменение коэффициента несимметрии во времени

ра, а следовательно, и дополнительные потери активной мощности в сети и двигателе. Процесс изменения температуры превышения рассчитывается в предположении, что двигатель является идеальным тепловым телом с известной постоянной времени. В этом случае температура и квадрат тока обратной последовательности связаны дифференциальным уравнением первого порядка, легко решаемым. Максимальное расчётное значение температуры берётся с интегральной вероятностью 0,95. Сокращение срока службы АД рассчитывается по эффективному току обратной последовательности.

Для укрупнённых расчётов большой группы электродвигателей ЭМС оценивается по эмпирическим зависимостям потерь мощности и сокращения срока службы от квадрата эффективного значения коэффициента несимметрии [3, 4]. Рассчитаны предложенные в [4] показатели ЭМС – дозы несимметрии, которые оценивают тепловой износ и превышение температуры «стандартного» АД. В отличие от трёхсекундных коэффициентов несимметрии дозы имеют физический смысл.

**Выводы.** 1. Формула (Б.18) из ГОСТ 13109-97 не является универсальной – вместо неё целесообразно использовать метод симметричных составляющих.

2. Статистическая обработка графиков токов ДСП и напряжений сети для действующих предприятий позволяет оценить допустимость несимметрии, а также ущерб от негативного влияния несимметрии напряжений на двигатели. Полученные статистические характеристики тока обратной последовательности могут быть использованы в проектировании сетей электроснабжения с аналогичными ДСП.

#### Перечень ссылок

1. ГОСТ 13109-97. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. в Украине с 01.01.2000.
2. Ермилов А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 208 с.
3. Кузнецов В.Г., Куренный Э.Г., Лютый А.П. Электромагнитная совместимость. Несимметрия и несинусоидальность напряжения. – Донецк: «Норд-Пресс», 2005. – 250 с.
4. Куренный Э.Г., Дмитриева Е.Н., Лютый А.П., Сидоренко О.А. Оценка и нормирование несимметрии напряжений в системах электроснабжения общего назначения // Электричество, 2008, №4. – С. 18-26.