

Стрижиченко Александр Васильевич,

кандидат технических наук

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»

Россия, г. Волжский

Пахомова Анна Андреевна

Магистрант

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском

Россия, г. Волжский

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА СОКРАЩЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

***Аннотация:** Представлен расчет сокращения срока службы электродвигателя собственных нужд, подключенного к РУСН 0,4 кВ тепловой электростанции, обусловленного дополнительными потерями мощности из-за наличия несимметрии и несинусоидальности токов и напряжений.*

***Ключевые слова:** качество электроэнергии, несимметрия напряжений, несинусоидальность напряжений, электродвигатели собственных нужд.*

***Annotation:** The calculation of the reduction of the service life of the auxiliary electric motor connected to the RUSN 0.4 kV thermal power plant due to additional power losses due to the asymmetry and non-sinusoidality of currents and voltages is presented.*

***Key words:** electric power quality, voltage unbalance, voltage non-sinusoidality, auxiliary motors.*

Несимметрия и несинусоидальность напряжений являются нормируемыми показателями качества электроэнергии. Основная причина несимметрии напряжений – несимметрия токов в сети, обусловленная неравенством нагрузок

по фазам из-за применения однофазных и двухфазных электроприемников. Несимметрия оценивается по отношению напряжений обратной или нулевой последовательности к напряжению прямой последовательности. Влияние несимметрии напряжения на оборудование наблюдается в сокращении срока службы. При эксплуатации электрических машин имеют место тепловые процессы в них. Повышенная температура в электрической машине влияет на долговечность изоляции обмоток, вызывает тепловое старение изоляции, приводящее к ухудшению её свойств.

Причиной возникновения несинусоидальности напряжений являются электроприёмники с нелинейной вольт-амперной характеристикой, например, сварочные установки, тиристорные и вентильные преобразователи, незагруженные трансформаторы и т.д. Генерируемые данными электроприёмниками высокочастотные токи являются причиной дополнительного нагрева электрооборудования и проводников, что приводит к сокращению срока их службы.

Рассчитаем дополнительные потери от токов высших гармоник и несимметрии напряжения в асинхронном двигателе насоса сырой воды (НСВ), подключенном к РУСН 0,4 кВ тепловой электростанции, а также снижение срока службы из-за перегрева токами высших гармоник и токами обратной последовательности.

Исходные данные:

$P_{\text{дв.ном.}} = 200$ кВт - номинальная мощность электродвигателя;

$\eta_{\text{двиг.ном}} = 93$ % КПД электродвигателя номинальный;

$\cos\varphi = 0,92$ - коэффициент мощности электродвигателя;

$t_{\text{норм}} = 20$ лет - нормальный срок службы электродвигателя принимаем;

$\tau_{\text{норм}} = 75$ °С - рабочая температура электродвигателя;

$k_{U(3)} = 0,82$ %; $k_{U(5)} = 0,5$ % - коэффициенты высших гармонических составляющих напряжения;

$K_1 = 5,1$ - кратность пускового тока при номинальном напряжении основной частоты;

$\varepsilon_u = 0,015$ – коэффициент несимметрии напряжений на шинах 0,4 кВ.

Номинальный ток двигателя:

$$I_{M,НОМ} = \frac{P_{ДВИГ.НОМ}}{\sqrt{3} U_{НОМ} \cos\varphi \cdot \eta} \quad (1)$$

$$I_{M,НОМ} = \frac{0,2}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,92 \cdot 0,93} = 356 \text{ А}$$

Активное сопротивление обмотки статора:

$$R_M = \frac{K_M U_{НОМ}^2}{K_I^2 P_{ДВИГ.НОМ}} \quad (2)$$

$$R_M = \frac{1,2 \cdot 0,38^2}{5,1^2 \cdot 0,2} = 0,033 \text{ Ом}$$

Потери в меди статора при номинальном токе основной частоты:

$$\Delta P_{M,НОМ} = 3 I_{НОМ}^2 R_M \quad (3)$$

$$\Delta P_{M,НОМ} = 3 \cdot 356^2 \cdot 0,033 \cdot 10^{-3} = 12,55 \text{ кВт}$$

Дополнительные потери от токов высших гармоник считаем по формуле [2], [3]:

$$\Delta P_{M,n} = 2 \Delta P_{M,НОМ} K_I^2 \sum (k_{U(n)}^2 \frac{1}{n\sqrt{n}}), \quad (4)$$

где $k_{U(n)}$ - коэффициенты n -ой гармонической составляющей напряжения, взятые в относительных единицах.

$$\Delta P_{M,n} = 2 \cdot 12,55 \cdot 5,1^2 \sum (0,0082^2 \frac{1}{3\sqrt{3}} + 0,005^2 \frac{1}{5\sqrt{5}}) = 0,01 \text{ кВт}$$

Дополнительные потери от токов обратной последовательности при несимметрии напряжения считаем [4]:

$$\Delta P_{M,НС} = 2,41 \cdot \Delta P_{M,НОМ} K_I^2 \varepsilon_U^2 \quad (5)$$

$$\Delta P_{M,НС} = 2,41 \cdot 12,55 \cdot 5,1^2 \cdot 0,015^2 = 0,18 \text{ кВт}$$

Прирост температуры от токов высших гармоник и токов обратной последовательности [4]:

$$\Delta \tau = \tau_{НОРМ} \frac{\Delta P_{M,n} + \Delta P_{M,НС}}{\Delta P_{M,НОМ}} \quad (6)$$

где $\tau_{НОРМ}$ – рабочая температура двигателя без воздействия токов высших гармоник и токов обратной последовательности, °С.

$$\Delta \tau = 75 \frac{0,01 + 0,18}{12,55} = 1,1 \text{ °С}$$

Коэффициент снижения срока службы двигателя под воздействием токов высших гармоник и токов обратной последовательности [4]:

$$\frac{\Delta t}{t} = 0,086 \cdot \Delta\tau + \frac{(0,086 \cdot \Delta\tau)^2}{2} \quad (7)$$

$$\frac{\Delta t}{t} = 0,086 \cdot 1,1 + \frac{(0,086 \cdot 1,1)^2}{2} = 0,099$$

Снижение срока службы двигателя под воздействием токов высших гармоник и токов обратной последовательности

$$\Delta t = t_{\text{норм}} \frac{\Delta t}{t} \quad (8)$$

$$\Delta t = 20 \cdot 0,099 = 1,98 \text{ года.}$$

Таким образом, при длительной работе электродвигателя в несимметричном режиме и наличии искажений формы напряжений и токов срок службы его сокращается из-за ускоренного старения изоляции материала обмоток.

Список литературы:

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
2. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий. – 2-е изд., перераб. И доп. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 160 с., ил.
3. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: руководство для практических расчетов / Ю.С. Железко. – М.: ЭНАС, 2009. – 456 с.: ил.
4. Электромагнитная совместимость потребителей: моногр. / И.В. Жежеленко, А.К. Шидловский, Г.Г. Пивняк и др. – М.: Машиностроение, 2012. – 351 с.