

ВЛИЯНИЕ НЕСИНУСОИДАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА СРОК СЛУЖБЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ И ВОЗНИКНОВЕНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ ЯВЛЕНИЙ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЧАСТОТЫ

Васильев С. В.

Белорусский национальный технический университет,
Минск, Республика Беларусь

Потери мощности, вызванные воздействием высокочастотных гармоник напряжения и тока $\square P_{ГАР.ДВ}$, а также несимметрией напряжений, вносимых преобразователем частоты $\square P_{НЕС.ДВ}$, приводит к повышенному нагреву обмоток асинхронного двигателя (АД). Хорошо известно, что обмотка статора АД очень чувствительна к перегреву, который может вызвать ускоренное старение изоляции. Воздействие преобразователя частоты на приводной АД приводит к перегреву двигателя, величину которого можно выразить следующим образом [1]:

$$\square \tau = \tau_{НОМ} \frac{\square P_{ГАР.ДВ} + \square P_{НЕС.ДВ} + \square P_{ПУЛ}}{\square P_{НОМ}} = \tau_{НОМ} \frac{\square P_{ГАР.ДВ} + \square P_{НЕС.ДВ} + \square P_{ПУЛ}}{\square P_{ПОСТ} + \square P_{ПЕР}},$$

где $\tau_{НОМ}$ - номинальная рабочая температура электродвигателя;

$\square P_{ПУЛ}$ - потери мощности от пульсаций электромагнитного момента.

Коэффициент снижения срока службы АД под воздействием токов высших гармоник и несимметрии напряжения можно представить следующим образом

$$K_{СС} = 0,086 \square \tau + \frac{(0,086 \square \tau)^2}{2}.$$

Снижение срока службы АД можно выразить следующим образом

$$\square t = t_{НОМ} \cdot K_{СС},$$

где $t_{НОМ}$ - нормальный срок службы электродвигателя.

Из приведенных выражений видно, что наличие высокочастотных гармоник тока, протекающих в обмотках статора АД, под действием несинусоидального напряжения на выходе преобразователя частоты, несимметрия напряжения и пульсирующие электромагнитные моменты АД, приводят к сокращению срока службы приводного двигателя.

Механические колебания вращающихся частей двигателя, возникающие из-за наличия колебательных моментов, в силу их малости, в обычных условиях не приводят к проблемам. Исключение составляют случаи, когда необходимо использовать электродвигатель при частотах вращения, составляющих несколько оборотов в минуту и ниже, а также случаи, когда необходимо высокоточное регулирование. В этом случае, если частота вращающего момента становится равной фиксированной частоте крутильных колебаний системы «электродвигатель – рабочий

механизм», то наступает явление резонанса, сопровождающееся сильным шумом и вибрациями, а, иногда, и механическими повреждениями [2]. На резонансной частоте скорость вращательных перемещений в механической системе достигает максимальных значений. Также, угловая скорость и момент совпадают по фазам. Резонансную частоту можно определить следующим образом

$$f_{PEZ} = \frac{1}{4\pi\sqrt{J\lambda\theta}}, \quad (1)$$

где $\lambda\theta$ - податливость упругого элемента.

Возникновение колебательных моментов, обусловленных высшими гармоническими составляющими напряжения, может привести к крутильным колебаниям вращающихся частей электродвигателя с довольно большими скоростями, в том случае, если частоты колебательных моментов совпадут с резонансной частотой механической системы «электродвигатель – рабочий механизм», определяемой выражением (1). Это обстоятельство и объясняет появление негативных последствий для АД [2]. Системы автоматического управления современных преобразователей частоты позволяют осуществлять регулирование частоты вращения ротора АД с пропуском резонансных частот при разгоне и торможении. Как правило, есть возможность задания от 2 до 5 резонансных частот. Также, на некоторых преобразователях частоты, система автоматического управления позволяет задавать ширину резонансной зоны.

Известны частотные электроприводы с АД, имеющими две трёхфазные обмотки, смещенные в расточке статора друг относительно друга на некоторый угол θ . Каждая обмотка питается от своего ПЧ, причём две трёхфазные системы напряжений, подаваемые на обмотки АД, также сдвинуты во времени на некоторый угол γ . При равенстве модулей этих углов будет минимальное значение коэффициента нелинейного искажения намагничивающей силы статора и максимальное использование габаритной мощности АД.

В кривой МДС такой шестифазной обмотки АД полностью отсутствуют пятая и седьмая гармоники, что является одним из важных преимуществ перед обычной трехфазной обмоткой. Устранение наиболее вредных для электрических машин пятой и седьмой гармоник уменьшает дополнительные потери, шум и вибрацию, устраняет провалы в кривой электромагнитного момента и увеличивает срок службы АД.

1. Васильев Б.Ю. Электропривод. Энергетика электропривода. - М.: СОЛОН-Пресс, 2015. – 267с.

2. Вершинин В.И., Загривный Э.А., Козярук А.Е. Электромагнитная и электромеханическая совместимость в электротехнических системах с полупроводниковыми преобразователями. - СПб.: Санкт-Петербургский горный институт. 2000.– 67с.