

УДК 621.31

## **ВЛИЯНИЕ ВЫСШИХ ГАРМОНИК НА РАБОЧИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРИ УПРАВЛЕНИИ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ**

Кусков А. С., студент гр. Элб-171, III курс  
Научный руководитель: Негадаев В.А., к.т.н., доцент  
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

В настоящее время не теряет актуальности проблема качества электрической энергии, решение которой позволит повысить экономическую эффективность производства за счет снижения потерь электроэнергии, увеличения срока службы электрооборудования и повышения его надежности.

Одной из важных задач повышения качества электроэнергии является снижение влияния высших гармонических составляющих тока и напряжения, возникающих при использовании электрооборудования (например, газоразрядных ламп), несущего нелинейные нагрузки. Эта нагрузка имеет нелинейные вольт-амперные или вебер-амперные характеристики.

Традиционный подход к снижению уровня высших гармоник электрического комплекса:

1. Применение фильтрокомпенсирующих устройств;
2. Применение антигармонических реакторов и активных фильтров;
3. Рациональное построение схемы электроснабжения;
4. Применение линейных дросселей;
5. Применение пассивных фильтров;
6. Применение активного конденсатора гармоник;
7. Применение LC-фильтров.

В процессе работы электрической машины возникают гармоники, которые негативно влияют на её работу. А именно, повышают значение дополнительных потерь. Эти потери можно распределить по частям машины в следующем соотношении:

1. обмотка статора – 14 %;
2. обмотка ротора – 41 %;
3. торцевые зоны – 19 %;
4. пульсации – 26 % [1].

Сделаем вывод, что наиболее уязвимой частью является цепь ротора.

Одними из самых опасных явлений, вызванных гармониками во время вращения машины - дополнительные потери. Они приводят к повышению рабочей температуры машины и вызывают локальные перегревы ротора.

После запуска АД и начала его вращения, благодаря находящейся в двигателе трехфазной обмотке, образуется магнитодвижущая сила. Она состоит из гармоник, вращающихся в прямом и обратном направлении, относи-

тельно вращения двигателя. Каждая из которых вращается с частотой в  $V$  раз меньше частоты вращения основной гармоники. При этом, если она принадлежит порядку  $V=6x+1$ , то она вращается в прямом направлении, если у неё порядок  $V = 6X-1$ , то в обратном. [2]

Множество таких гармоник образуют магнитное поле, которое в свою очередь, стремится создать свои электромагнитные моменты в двигателе. Эти моменты усугубляют характеристики двигателя, поэтому их называют паразитическими. Если учесть паразитный момент при построении свойств электромагнитного момента, то можно увидеть, что он искажен (рис. 1) [1].

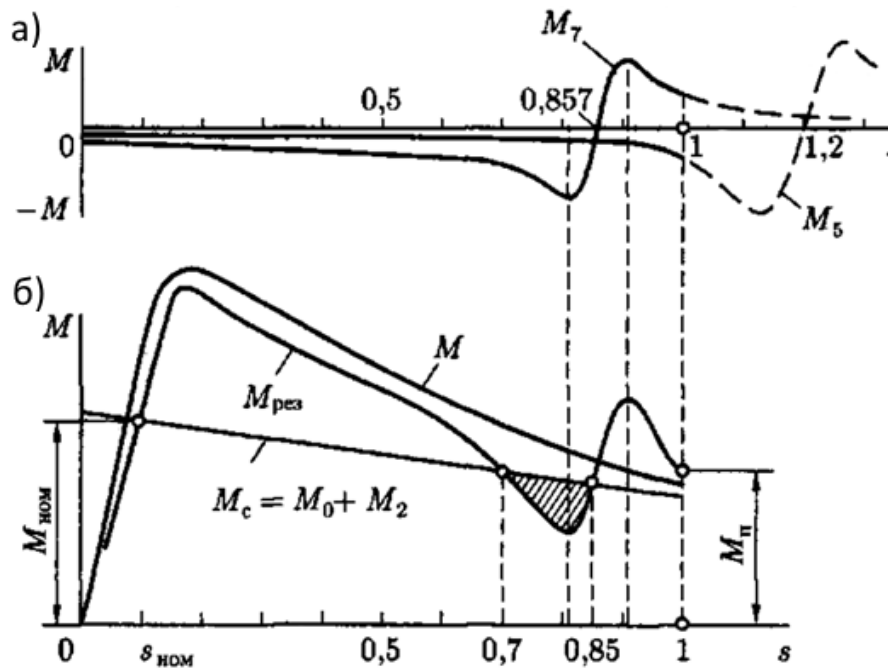


Рис. 1. Асинхронные моменты от основной и высших (5-й и 7-й) гармоник вращающегося магнитного поля

Также паразитные моменты, образованные наличием зубцов на статоре и роторе двигателя, оказывают значительное влияние на момент основной гармоники [1].

Если в качестве примера сложить моменты  $M_5$  и  $M_7$  гармоник с моментом  $M$  основной гармоники, то получим результирующий асинхронный момент  $M_{рез}$  (рис.1, б), который не только вращается в противоположном направлении, но и замедляет двигатель. Помимо этого, паразитные моменты, образованные наличием зубцов на статоре и роторе двигателя, также, как и  $M_{рез}$  оказывают негативное влияние на вращение машины.

Одним из самых распространенных способов регулирования АД является изменение параметров питающей сети. Это становится возможным благодаря подключению преобразователя частоты (ПЧ) к АД. Данный способ основан на регулировании скорости вращения и момента асинхронного двигателя вследствие изменения частоты напряжения переменного тока. Способ

назван частотно-импульсной модуляцией (ЧИМ). Под ЧИМ понимают процесс изменения частоты вращения двигателя, вследствие изменения частоты напряжения и тока сети [2].

Использование частотного преобразователя позволяет:

1. снизить потребление энергии;
2. изменять частоту вращения;
3. увеличить количество часов работы машины;
4. уменьшить износ электрооборудования;
5. повысить точность регулирования;
6. снизить затраты на техническое обслуживание оборудования.

Однако использование частотного преобразователя также создаёт сильные помехи. Проведем исследовательскую работу и установим, как на параметры асинхронного двигателя влияют высшие гармоники из питающей сети и от работы преобразовательной техники.

Для исследования был выбран двигатель серии 4А со следующими параметрами:  $P_n=11\text{кВт}$ ;  $n_{\text{ном}}=750$  об/мин;  $U_{\text{ном}}=220$  В;  $f_1=50$  Гц;  $\eta=85\%$ ;  $\cos\varphi=0,72$ .

Проведем оценку, путем наблюдения за увеличением потерь двигателя, из-за вмешательства в работу высших гармоник. [3] Проведем расчет по методике:

$$\Delta P_{\sum v} = \sum_{v=2}^n \Delta P_{\partial v} \left( \frac{U_v}{U_1} \right) \quad (1)$$

$$\Delta P_{\partial v} = 3 \cdot I_v^2 \cdot (R_{cmv} + R_{potv}) \quad (2)$$

$$R_{cmv} = R_{cm} \sqrt{v} \quad (3)$$

$$R_{potv} = R_{pot} \sqrt{v} \quad (4)$$

В ходе расчета получены данные, представленные в табл. 1 при  $U_1 = 220$  В,  $\Delta P_{\text{ном}} = 2271$  Вт, где  $U_1$  – питающее напряжение сети,  $\Delta P_{\text{ном}}$  – номинальное значение потерь АД.

На рис. 2 изображена кривая относительных потерь по данным табл. 1, где по горизонтальной оси расположены номера гармоник, а по вертикальной отношение  $\frac{\Delta P_v}{P_{\text{ном}}}$  потерь  $v$ -ой гармоники от полной суммы потерь двигателя. Из рис. 2 следует, что отношение имеет наибольшее значение на частотах высших гармоник низкого порядка, а на 13-й потери весьма малы, поэтому ими можно пренебречь [4].

Таблица 1

$\nu$ №	$I_{\delta}$ А	$U_{\delta}$ В	$\Delta P_{dv}$ Вт	$\Delta P_{\Sigma \nu}$ Вт	$\frac{\Delta P_{\nu}}{P_{НОМ}}$ %
3	9	11	462	23,14	0,203
5	5,4	6,6	215	6,45	0,094
7	3,85	5,5	129	3,24	0,057
9	3	3,85	89	1,55	0,039
11	2,45	3,3	65	0,98	0,029
13	2,07	2,2	51	0,51	0,0226

$\Delta P_{\Sigma \nu} = 35,87$  Вт, что составляет 1,6% от номинальных потерь.

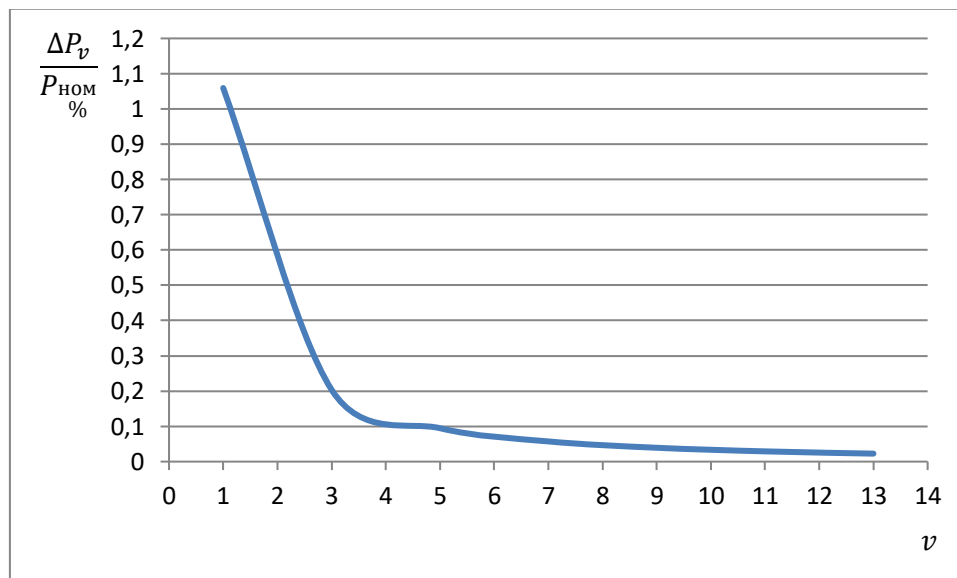


Рис. 2. Кривая относительных потерь от высших гармоник

На основании расчета и данных табл. 1, можно сделать вывод о том, что несинусоидальность напряжения приводит не только к дополнительным потерям двигателя, что в свою очередь увеличивает нагрев обмоток и стали статора и ротора, но и уменьшает значения КПД и  $\cos\phi$ .

При исследовании получены следующие данные:  $\Delta P_{\nu}$  машины выросли на 1,6%,  $\eta$  уменьшилось на 1%,  $\cos\phi$  уменьшился на 10%.

Анализ полученных энергетических показателей работы АД, представленных в табл. 1, подтверждает, что искажение питающего напряжения приводит к росту всех видов потерь и, соответственно, к снижению КПД и коэффициента мощности двигателя.

## Список литературы

1. Кацман, М.М. Электрические машины: Учебник для сред. спец. учеб. Заведений / М.М. Кацман. – М.: Высш. школа, 1983. – 432 с.
2. Донской, Н.В. Асинхронный двигатель в системах автоматического управления / Н.В. Донской. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2012. – 284 с.
3. Качан, Ю.Г., Николенко А.В., Кузнецов В.В. Реализация модели асинхронного двигателя для условий некачественного питания / Ю.Г. Качан, А.В. Николенко, В.В. Кузнецов // Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. Випуск 3/2009 (56). Частина 2. – 2009. – №56. – С. 150-153.
4. Жежеленко, И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий / И.В. Жежеленко. – М.: Энергоатомиздат, 2000. – 331 с.