

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА РАБОТУ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

В. В. Горицкий

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Т. В. Алферова

Отклонения показателей качества электроэнергии от нормируемых значений ухудшают условия эксплуатации электрооборудования энергоснабжающих организаций и потребителей электроэнергии, могут привести к значительным убыткам

как в промышленности, так и в бытовом секторе, обуславливают технологический и электромагнитный ущерб [1]. От электрических сетей систем электроснабжения общего назначения питаются электроприемники различного назначения.

Наиболее характерными типами электроприемников, широко применяющимися на предприятиях различных отраслей промышленности, являются электродвигатели. Значительное распространение находят электротермические установки, а также вентиляционные преобразователи. Электродвигатели применяют в приводах различных производственных механизмов. В установках, не требующих регулирования частоты вращения в процессе работы, применяют асинхронные и синхронные электродвигатели.

Влияние отклонений напряжения. Вращающий момент асинхронного двигателя пропорционален квадрату напряжения на его выводах. При снижении напряжения уменьшается вращающий момент и частота вращения ротора двигателя, так как увеличивается его скольжение.

Для двигателей, работающих с полной нагрузкой, понижение напряжения приводит к уменьшению частоты вращения. Если производительность механизмов зависит от частоты вращения двигателя, то на выводах таких двигателей рекомендуется поддерживать напряжение не ниже номинального. При значительном снижении напряжения на выводах двигателей, работающих с полной нагрузкой, момент сопротивления механизма может превысить вращающий момент, что приведет к «опрокидыванию» двигателя, т. е. к его остановке. Снижение напряжения ухудшает и условия пуска двигателя, так как при этом уменьшается его пусковой момент.

В случае снижения напряжения на зажимах двигателя реактивная мощность намагничивания уменьшается (на 2–3 % при снижении напряжения на 1 %), при той же потребляемой мощности увеличивается ток двигателя (можно считать, что при $U = -10\%$ ток двигателя возрастет на 10 % от ном), что вызывает перегрев изоляции.

Если двигатель длительно работает при пониженном напряжении, то из-за ускоренного износа изоляции срок службы двигателя уменьшается.

Снижение напряжения приводит также к заметному росту реактивной мощности, теряемой в реактивных сопротивлениях рассеяния линий, трансформаторов и АД.

Повышение напряжения на выводах двигателя приводит к увеличению потребляемой им реактивной мощности. При этом удельное потребление реактивной мощности растет с уменьшением коэффициента загрузки двигателя. В среднем на каждый процент повышения напряжения потребляемая реактивная мощность увеличивается на 3 % и более, что, в свою очередь, приводит к увеличению потерь активной мощности в элементах электрической сети.

Характеристики АД и допустимые значения отклонения напряжения приведены в таблице.

Характеристики АД и допустимые значения отклонения напряжения

Характеристики АД	Отклонения напряжения, %	
	-10 % ном	+10 % ном
1. Пусковой и максимальный вращающий момент	-19	+21
2. Скольжение	+23	-17
3. КПД:		
– при номинальной нагрузке	-2	+1
– 75 % от номинальной нагрузки	-2	+1
– 50 % от номинальной нагрузки	– (1–2)	(1–2)

Окончание

Характеристики АД	Отклонения напряжения, %	
	-10 % ном	+10 % ном
4. Ток ротора	+14	-11
5. Ток статора	+10	-7

Влияние несимметрии напряжений. Вследствие несимметричных токов нагрузки, протекающих по элементам системы электроснабжения, на выводах электроприемников (ЭП) появляется несимметричная система напряжений. Отклонения напряжения у ЭП перегруженной фазы могут превысить нормально допустимые значения, в то время как отклонения напряжения у ЭП других фаз будут находиться в нормируемых пределах. Кроме ухудшения режима напряжения у ЭП при несимметричном режиме, существенно ухудшаются условия работы как самих ЭП, так и всех элементов сети, снижается надежность работы электрооборудования и системы электроснабжения в целом.

Небольшая несимметрия напряжений ($K_{2u} \sim 1\%$) вызывает значительные токи обратной последовательности. Токи обратной последовательности накладываются на токи прямой последовательности и вызывают дополнительный нагрев статора и ротора асинхронного двигателя, что приводит к ускоренному старению изоляции, уменьшению располагаемой мощности и КПД двигателя. Так, срок службы полностью загруженного асинхронного двигателя, работающего при несимметрии напряжения 4 %, сокращается в два раза. При несимметрии напряжения – 5 % располагаемая мощность двигателя уменьшается на 5–10 %.

Влияние несинусоидальности напряжения. ЭП с нелинейными вольт-амперными характеристиками потребляют из сети несинусоидальные токи при подведении к их зажимам синусоидального напряжения. Токи высших гармоник, проходя по элементам сети, создают падения напряжения в сопротивлениях этих элементов и, накладываются на основную синусоиду напряжения, приводят к искажениям формы кривой напряжения в узлах электрической сети.

Наиболее серьезные нарушения качества электроэнергии (КЭЭ) в электрической сети имеют место при работе мощных управляемых вентильных преобразователей.

В зависимости от схемы выпрямления вентильные преобразователи генерируют в сеть следующие гармоники тока: при 6-фазной схеме – до 19-го порядка; при 12-фазной схеме – до 25-го порядка включительно.

Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения в сетях с электродуговыми сталеплавильными и рудно-термическими печами определяется в основном 2–5-й, 7-й гармониками.

Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения установок дуговой и контактной сварки определяется в основном 5-й, 7-й, 11-й, 13-й гармониками.

Токи 3-й и 5-й гармоник газоразрядных ламп составляют 10 и 3 % от тока 1-й гармоники. Эти токи совпадают по фазе в соответствующих линейных проводах сети и, складываясь в нулевом проводе сети 380/220 В, обуславливают ток в нем, почти равный току в фазном проводе. Остальными гармониками для газоразрядных ламп можно пренебречь.

Высшие гармоники тока и напряжения вызывают дополнительные потери активной мощности во всех элементах системы электроснабжения: в линиях электропередачи, трансформаторах, электрических машинах, статических конденсаторах, так как сопротивления этих элементов зависят от частоты.

Влияние отклонения частоты. Жесткие требования стандарта к отклонениям частоты питающего напряжения обусловлены значительным влиянием частоты на режимы работы электрооборудования и ход технологических процессов производства.

Анализ работы предприятий с непрерывным циклом производства показал, что большинство основных технологических линий оборудовано механизмами с постоянным и вентиляторным моментами сопротивлений, а их приводами служат асинхронные двигатели. Частота вращения роторов двигателей пропорциональна изменению частоты сети, а производительность технологических линий зависит от частоты вращения двигателя.

Наиболее чувствительны к понижению частоты двигатели собственных нужд электростанций. Снижение частоты приводит к уменьшению их производительности, что сопровождается снижением располагаемой мощности генераторов и дальнейшим дефицитом активной мощности и снижением частоты (имеет место лавина частоты).

Пониженная частота в электрической сети влияет на срок службы оборудования, содержащего элементы со сталью (электродвигатели, трансформаторы, реакторы со стальным магнитопроводом), за счет увеличения тока намагничивания в таких аппаратах и дополнительного нагрева стальных сердечников [2].

Л и т е р а т у р а

1. Жежеленко, И. В. Высшие гармоники в системах электроснабжения предприятий / И. В. Жежеленко. – М. : Энергоатомиздат. 2000. – 331 с.
2. Влияние качества электроэнергии на работу электроприемников. – Режим доступа: [http://forca.com.ua/instrukcii/energonaglyad /vliy_ anie-kachestva-elektroenergii_-na-rabotu-elektropriemnikov.html](http://forca.com.ua/instrukcii/energonaglyad/vliy_aniie-kachestva-elektroenergii_-na-rabotu-elektropriemnikov.html). – Дата доступа: 29.10.2017.