

УДК 620.9.004.18

**ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА РАБОТУ ХАРАКТЕРНЫХ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ**

Сивцов Н.А., Ратомский Е.И.

Научный руководитель – старший преподаватель Колосова И.В.

В настоящее время существует очень много отраслей промышленности, которые используют высокие технологии для производства. Для этого требуется высококачественный и надежный источник питания. Такие отрасли, как производство полупроводников, компьютеров и бизнес-оборудования, очень чувствительны к незначительным изменениям напряжения.

Стоимость неправильной эксплуатации оборудования становится все более высокой с каждым годом. Недавнее исследование показало, что, например, основные промышленные потребители в Южной Африке несут ежегодные убытки в размере более 150 миллионов долларов из-за проблемы провалов напряжения.

Колебания напряжений часто возникают в системах питания ЭП. Они происходят под действием изменения значений тока, который в элементах питающей сети создает быстро изменяющиеся потери напряжения.

Основная причина колебаний - однофазные нагрузки, которые неравномерно распределены по всем трем фазам. Когда трехфазный выпрямитель подключен к несимметричной сети, возникают некоторые нежелательные эффекты. Прежде всего, выпрямитель начинает потреблять

(генерировать) токи третьей гармоники от источника питания. В звене постоянного тока дисбаланс приводит к пульсации напряжения (в два раза превышающей частоту источника питания) из-за разницы пиковых напряжений трех фаз. Это влияет на интервалы проводимости диодов и форма входного тока дополнительно искажается.

Диодный выпрямитель совершенно нечувствителен к дисбалансу напряжений, а также имеет сглаживающий эффект дисбаланса напряжений. Фаза с наименьшим напряжением также должна обеспечивать наименьший ток, так как интервал проводимости этой фазы меньше, чем для других фаз. Таким образом, нагрузка уменьшается на фазе с самым низким напряжением.

Важно понимать, что максимальный дисбаланс тока не определен в стандартах для электродвигателей в их рабочей среде из-за возможных изменений конструкции двигателя и несимметрии цепи. Изменения напряжения вычислить относительно легко. Требуется измерение междуфазного напряжения питания электродвигателя [2].

При исследовании ошибочно используют дисбаланс тока для определения состояния электрической машины, такие значения могут использоваться только для начала исследования. Еще одним показателем может быть электрическое "жужжание" или электрический "рычащий шум", указывающий на возможное однофазное состояние.

Однофазное состояние подразумевает полную потерю одной фазы. Мало нагруженный двигатель может работать в течение длительного периода времени,

так как фазы не потребляют достаточный ток для отключения стандартной перегрузки. Электронные перегрузки сейчас более распространены и могут использоваться для обнаружения несимметрии напряжения и однофазных состояний.

Помимо проблем с электроснабжением, таких как потеря одной фазы, есть и другие условия: поврежденные проводники и ослабленные (открытые) соединения; износ контактов стартера или отсутствуют перегрузки; неправильные отводы трансформатора; слишком много однофазных нагрузок на одной фазе трансформатора; проблемы конденсатора коррекции коэффициента мощности и с сопротивлением цепи.

Вопрос качества электроэнергии в настоящее время обостряется из-за увеличения мощности нелинейных, несимметричных и скачкообразных нагрузок.

Колебания напряжения - это быстрые изменения величины напряжения, в основном из-за нагрузок дуговых печей, сварочных установок, частых или циклических работ двигателя, включающих изменения скорости и т. д. Несимметрия напряжения - это неравенство величин напряжения и углов напряжения между тремя фазами в любой заданной точке времени, в основном из-за неравномерного распределения однофазных нагрузок, асимметрии обмоток трансформатора и линии и, изменяющейся во времени работы однофазных, тяговых нагрузок, перегоревших предохранителей на батареях трехфазных конденсаторов, работы приводов с регулируемой скоростью и т. д. Самая важная причина несимметрии напряжения: не соответствие спроса на реактивную мощность промышленных предприятий и генерирующих станций. Из-за различного времени работы однофазных и трехфазных нагрузок существует определенная возможность колебаний напряжения выше и ниже номинального значения, как в сбалансированной, так и в несбалансированной форме.

Когда колебания напряжения питания, пусковой и рабочий ток очень поразному реагируют на эти изменения. Падение сетевого напряжения приведет к более низкому пусковому току и более высокому рабочему току. Повышение линейного напряжения до 5% увеличит пусковой ток и немного снизит рабочий ток. Если сетевое напряжение увеличивается более чем на 5%, пусковой и рабочий ток будут выше. Как правило, 1% дисбаланс напряжения может создать 7% дисбаланс по току, а двигатель с 5% дисбалансом напряжения будет иметь пониженную мощность на 25%, в результате чего его запуск может быть невозможен.

Двигатели переменного тока должны успешно работать в рабочих условиях при номинальной нагрузке и при изменении напряжения или частоты до следующих пределов: плюс или минус 10% номинального напряжения, с номинальной частотой для асинхронных двигателей. Плюс или минус 5% номинальной частоты при номинальном напряжении [2].

Комбинированное изменение напряжения и частоты на 10% (сумма абсолютных значений) номинальных значений при условии, что изменение частоты не превышает плюс или минус 5% от номинальной частоты.

Производительность в пределах этих колебаний напряжения и частоты не обязательно будет соответствовать нормам, установленным для работы при номинальном напряжении и частоте. Они могут значительно сократить срок службы двигателя.

Ухудшение качества электроэнергии может привести к ряду отрицательных последствий или ущербу для отдельных видов электроприемников или потребителей в целом. Электротехнический ущерб вызван увеличением потерь электроэнергии, сокращением срока службы электрооборудования и приборов, внезапными отказами тех или иных технических средств. Технологический ущерб вызван недоотпуском и браком продукции, сбоями и отказами в работе электрооборудования, которые приводят к нарушению технологии производства.

Положительное отклонение напряжения является причиной уменьшения срока службы оборудования, однако следует отметить, что производительность механизмов с асинхронным приводом увеличивается. Отрицательные отклонения напряжения сказываются на снижении производительности, увеличении потерь напряжения и снижении потерь мощности.

Асинхронные двигатели (АД) иногда работают на напряжении, которое отличается от того, на которое рассчитаны двигатели. В таких условиях производительность двигателя естественно будет меньше.

Потери в сердечнике зависят от приложенного напряжения. Потребляемая мощность на холостом ходу предназначена только для учета потерь холостого хода в виде потерь в меди статора, потерь в сердечнике, сопротивления воздуха и трения [2].

В двигателе с нормальной характеристикой при полной нагрузке увеличение напряжения на 10% по сравнению с указанным на паспортной табличке обычно приводит к значительному снижению коэффициента мощности. Снижение напряжения на 10% от номинального значения обычно приводит к увеличению коэффициента мощности.

При увеличении или уменьшении напряжения на 10% по сравнению с паспортными данными, приводит к увеличению нагрева, что может привести к разрушению системы изоляции.

Увеличение напряжения на 10% приведет к уменьшению коэффициента скольжения примерно на 17%, а уменьшение на 10% увеличит коэффициент скольжения примерно на 21% [1].

Повышение напряжения приводит к увеличению потребляемой реактивной мощности и соответствующим потерям в распределительной сети. В среднем при повышении напряжения на 1% потребляемая реактивная мощность возрастает на 3% для АД мощностью 20-100 кВт и на 5-7% для АД меньшей мощности.

Газоразрядные источники света менее чувствительны к изменению напряжения. При уменьшении напряжения до 7% освещенность рабочего места снижается на 10-15%. При уменьшении напряжения до 20% и ниже зажигание газоразрядных ламп становится невозможным. Всё это оказывает непосредственное влияние на утомляемость человека [1].

Снижение напряжения наносит ущерб и электротермическим установкам, так как увеличивается длительность технологического процесса. В результате себестоимость производства также увеличивается.

Удельный расход электроэнергии дуговых сталеплавильных печей, их производительность и время плавления также существенно зависят от отклонения

напряжения. При повышенном напряжении экономия электроэнергии при работе может составить до 30%. Что касается синхронной машины, то падение напряжения, вызванное пусковым током, одинаково в трех фазах, вызывая сбалансированное падение напряжения. Напряжение внезапно падает и постепенно восстанавливается, когда машина достигает своей номинальной скорости.

Количество нагрузок, подверженных провалам напряжения, зависит от полного сопротивления источника. Из-за мгновенного провала напряжения возникают высокие пики крутящего момента, которые могут вывести машину из строя или повредить вал машины или оборудование, подключенное к валу. Чтобы предотвратить эти условия, аппараты защиты отключают машину от источника питания.

Электрические печи чувствительны к отклонениям напряжения. Понижение напряжения электродуговых печей, например, на 9 % приводит к удлинению процесса плавки стали в 1,6 раза. Повышение напряжения выше 4% приводит к перерасходу электроэнергии [1].

Отклонения напряжения отрицательно влияют на работу электросварочных машин: например, для машин точечной сварки при изменении напряжения на 20% получается брак продукции. При уменьшении напряжения на 5% время сварки увеличивается на 10%. Напряжение дуги оказывает большое влияние на форму сварного шва и глубину проплавления [1].

Таким образом, изменение напряжения оказывает негативное влияние на работу электроприемников на предприятиях. Из-за его колебаний страдает качество продукции, появляется перерасход электроэнергии, снижается срок службы агрегатов и разрушается их изоляция. Это также негативно сказывается на освещенности рабочих мест, в результате чего снижается производительность труда.

#### Литература

1. Карташев И.И., Управление качеством электроэнергии: учебное пособие для вузов / И.И. Картышев, В.Н. Тульский, Р.Г. Шамонов ; под общ.ред. Ю.В. Шарова. – Москва: Издательский дом МЭИ, 2006. – 320 с.
2. Влияние качества электроэнергии на работу электроприемников и аппаратов [Электронный ресурс] : качество электрической энергии и его обеспечение. URL: <https://leg.co.ua/knigi/ucheba/elektricheskie-seti-i-sistemy-15.html> (дата доступа 27.10.2020)