

## **Лекция 2 Дестабилизирующие и компенсирующие воздействия на электрооборудование**

1. Классификация воздействий.
2. Влияние окружающей среды.
3. Влияние технологических объектов.
4. Влияние качества электрической энергии.
5. Особенности технической эксплуатации.

## ***1. Классификация воздействий.***

---

В процессе эксплуатации на электрооборудование воздействуют многие факторы. Те из них, которые ухудшают его свойства и снижают надежность, называют **дестабилизирующими воздействиями**. Их число велико особенно в условиях сельского хозяйства. Наибольшее дестабилизирующее воздействие оказывают: окружающая среда, характер нагрузки, качество электрической энергии, нестабильная занятость в течение года и суток.

**Условия эксплуатации** — это совокупность всех внешних факторов, от которых зависит эффективность эксплуатации электрооборудования. К ним относят условия использования, окружающей среды, электроснабжения и обслуживания.

*Условия использования* зависят от особенностей технологического объекта. Их оценивают режимом работы, характером и уровнем нагрузки, занятости в течение суток, месяца и года, а также ответственности объекта, которую характеризуют размером технологического ущерба, возникающего при отказе электрооборудования.

*Условия окружающей среды* определяют дестабилизирующие воздействия на электрооборудование в период работы и простоя. В этой группе выделяют климатические условия, место размещения, запыленность, загазованность, влажность, уровень вибрации и другие воздействия, вызывающие ухудшение свойств электрооборудования.

*Условия электроснабжения* влияют на надежность работы электрооборудования. Их характеризуют качеством напряжения в установленном и пусковом режимах.

*Условия обслуживания* определяют качество технического обслуживания, текущего и капитального ремонтов, оперативность устранения отказов и затраты ресурсов на все эксплуатационные работы.

Электротехническая служба должна компенсировать дестабилизирующие воздействия и поддерживать работоспособность электрооборудования на требуемом уровне. К воздействиям относят: правильное комплектование электроустановок, качественное и своевременное проведение технического обслуживания и ремонта, соблюдение нормативов хранения, правильный выбор режимов использования, своевременную замену и модернизацию оборудования.

Можно считать, что главной проблемой технической эксплуатации электрооборудования служит выбор и реализация мер по устранению или ослаблению дестабилизирующих воздействий.

## 2. *Влияние окружающей среды.*

---

Факторы внешней среды подразделяют на климатические, биологические и механические. Климатические факторы могут быть естественными — при размещении электрооборудования на открытом воздухе (наружные установки) — или искусственными — при размещении электрооборудования внутри сельскохозяйственных помещений (внутренние установки). Основные климатические параметры — температура, влажность и загрязненность атмосферы. По этим признакам Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) и Правилами технической эксплуатации (ПТЭ) предусмотрена классификация производственных помещений и наружных установок.

К производственным помещениям относят:

**Сухие** — помещения с относительной влажностью не выше 60 % (конторы, красные уголки, клубы, школы, больницы, жилые комнаты, подсобные помещения в ремонтных мастерских, отапливаемые склады, инкубатории и т. д.).

**Влажные** — помещения с относительной влажностью от 60 до 70 %, пары и конденсирующая влага выделяются лишь временно и притом в небольших количествах (залы столовых, лестничные клетки, сени и кухни жилых домов, неотапливаемые склады, чердаки и т. д.).

**Сырые** — помещения с относительной влажностью, длительно превышающей 75 % (овощехранилища, доильные залы, молочные, кухни столовых, животноводческие помещения, оборудованные установками микроклимата, и т. д.).

**Особо сырые** — помещения с относительной влажностью, близкой к 100 %, поверхности помещений покрыты влагой (моечные в мастерских, кормоцехи влажных кормов, теплицы, душевые), а также установки под навесом и в неотапливаемых помещениях со средой, практически не отличающейся от наружной.

**Пыльные** — помещения, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль, оседающая на электрооборудовании и проникающая внутрь его (помещения для дробления концентрированных кормов, комбикормовые цехи и заводы и т. д.)

**Особо сырые с химически активной средой** — помещения с относительной влажностью, близкой к 100 %, с постоянным или длительным содержанием паров аммиака, сероводорода или других газов не взрывоопасной концентрации или образующих отложения, действующие разъедающе на изоляцию и токоведущие части электрооборудования (животноводческие помещения без микроклимата, склады минеральных удобрений и т. п.)

**Пожароопасные (класс П)** — помещения, в которых изготавливают, хранят, перерабатывают или применяют горючие вещества. При этом помещения, в которых сжигают твердое или газообразное топливо, например газовые котельные, не относят к пожароопасным.

С точки зрения требований к электрооборудованию различают следующие категории помещений этого класса:

**класс П-1** — помещения, в которых применяют или хранят горючие жидкости с температурой вспышки паров выше 45 °С (склады минеральных масел, установки по регенерации этих масел и др.);

**класс П-2** — помещения, в которых выделяется горючая пыль или волокна, переходящие во взвешенное состояние, степень измельчения и влажности которых не превышает нижнего предела взрыва — 65 г/м<sup>3</sup> (деревообрабатывающие цехи, мало запыленные помещения мельниц и элеваторов, зернохранилища);

**класс П-2а** — помещения, в которых содержат твердые или волокнистые горючие вещества (дерево, ткани и др.), а также складские помещения, в которых на чердаках хранят сено и солому.

**Взрывоопасные (класс В)** — помещения, в которых по условиям технологического процесса могут образовываться взрывоопасные смеси газов или паров с воздухом или горючей пылью или волокон с воздухом (сильно запыленные помещения мельниц и т. п.). С точки зрения требований к электрооборудованию различают следующие категории помещений этого класса:

**класс В—1** — помещения, в которых взрывоопасные смеси могут образовываться при нормальных, недлительных режимах работы (хранение и переливание легковоспламеняющихся и горючих жидкостях, содержащихся в открытых сосудах, и т. п.);

**класс В—1а** — помещения, в которых взрывоопасные смеси могут образовываться только в аварийных ситуациях или при неисправном электрооборудовании (аккумуляторные, нефтебазы и т. п.);

**класс В—2** — помещения, в которых образуются взрывоопасные смеси горючей пыли или волокон во взвешенном состоянии с воздухом при нормальных недлительных режимах работы (загрузка или разгрузка технологических аппаратов и т. п.).

К наружным установкам относят:

**Пожароопасные (класс 2—3)** — установки, в которых хранят или хранят горючие жидкости с температурой вспышки жидкостей выше 45 °С (открытые или под навесом склады минеральных масел, угля, торфа, дерева и т. д.).

**Взрывоопасные (класс В—1г)** — установки, где взрывоопасные смеси образуются только в результате аварии или неисправности (нефтебазы и т. п.).

Почти 50 % всех видов электрооборудования размещены во влажных, сырых и очень сырых сельскохозяйственных помещениях. Под воздействием влаги ухудшаются свойства изоляции, создаются условия для образования на деталях электрооборудования плесени. При относительной влажности выше 60 % активно проявляется атмосферная коррозия металлов.

В животноводческих помещениях с естественной вентиляцией условия для работы электрооборудования наиболее тяжелые, так как относительная влажность в них приближается к 100 %, а содержание наиболее агрессивного компонента (аммиака) превосходит зоогигиеническую норму в несколько раз (до 10), всегда имеют место сероводород и углекислый газ.

Аммиак, всегда содержащийся в атмосфере животноводческих помещений, и резкопеременные температуры оказывают отрицательное воздействие на электрооборудование, особенно на его изоляцию, вызывают повышенную коррозию металлических частей, в том числе подшипниковых узлов электродвигателей. В результате такого воздействия сокращается срок службы электрооборудования.

Около 10 % электрооборудования работает в атмосфере с повышенной запыленностью (на зернотоках, мельницах, в кормоцехах и т.п.). Наличие в пыли абразивных частиц приводит к повышенному износу вращающихся элементов оборудования. Пыль многих материалов хорошо поглощает из атмосферы агрессивные газы и влагу, что приводит к образованию коррозии, снижению сопротивления изоляции и пробоем по поверхности. Осаждающаяся пыль ухудшает теплоотдачу электрооборудования, вызывает повышенный нагрев изоляции и сокращает срок службы электрооборудования.

### 3. *Влияние технологических объектов.*

---

Технологические объекты, использующие электрооборудование, влияют на него не только через окружающую среду. Каждому объекту свойствен ряд специфических воздействий.

Использование электрооборудования характеризуют его занятостью в течение суток и в течение года, нагрузочными и пусковыми режимами, а также требованиями электрифицированных объектов к его надежности.

Сельскохозяйственное производство имеет ярко выраженный сезонный характер и суточную цикличность работ технологического оборудования. Эти особенности ограничивают годовое число часов использования электрооборудования. Например, около 30% двигателей используют менее 500 ч/год, 50% — до 1000 и лишь остальные — более 1000 ч/год. Часть двигателей (12%) работают всего 1,5...2,0 ч/сут. Средняя продолжительность использования в сельском хозяйстве не превышает 800 ч/год, хотя двигатели проектируют на занятость в течение 1500 ч/год.

*По режимам работы* электроприводы технологических объектов могут иметь восемь вариантов: продолжительный *S1*, кратковременный *S2*, повторно-кратковременный *S3* и т. д. Эти режимы обычно учитывают при расчете мощности электродвигателя. В действительности они существенно влияют на эксплуатационные свойства асинхронного двигателя. Например, режим крайне неблагоприятен при работе во влажной среде, так как из-за малого периода работы температура не достигает установившегося значения и изоляция не успевает высохнуть. Режимы *S4...S8* вызывают тепловые, коммутационные и механические воздействия на обмотку и подшипники из-за частых пусков и реверсов.

*Условия пуска* оценивают не только кратностью пускового момента, но и частотой пусков: от 0,2 до 10 пусков в час.

*Коэффициент загрузки* асинхронного двигателя в сельском хозяйстве может быть менее или более 1. Около 30 % электроприводов имеют случайный характер нагрузки, при котором нарушается стабильность всех процессов в асинхронном двигателе.

*Уровень вибраций* рабочих машин может превышать 10 мм/с. Для обобщенной оценки перечисленных факторов условия эксплуатации разделяют на легкие, нормальные, жесткие и особо жесткие. Легкие условия: один или несколько факторов ниже номинального значения. Жесткие условия: один из факторов (например, запыленность) выше

номинального значения. Особо жесткие условия: два и более факторов выше номинального значения.

Перечисленные условия учитывают в первую очередь при разработке электроустановок, предусматривая для особо жестких условий дополнительные способы повышения надежности электрооборудования. Однако даже при таком подходе интенсивность отказов и долговечность асинхронного двигателя с зависят от условий эксплуатации.

Технологические объекты существенно отличаются друг от друга по последствиям отказов электрооборудования. Например, на птицеводческих фабриках внезапный выход из строя электрооборудования наносит большой материальный ущерб, в небольших ремонтных мастерских — ущерб незначителен.

В животноводческих и птицеводческих помещениях, а также на зернотоках и зерноскладах микроорганизмы, насекомые и грызуны повреждают узлы аппаратуры, электрические провода, выполненные из органических материалов, и выводят из строя всю электроустановку.

Сказанное выше поясняет влияние технологических объектов на работу электрооборудования.

#### ***4. Влияние качества электрической энергии.***

---

Электроснабжение сельских потребителей имеет свои особенности. В отличие от промышленных потребителей с трехфазной нагрузкой, питающихся от кабельных сетей, сельские потребители питаются от воздушных разветвленных электрических сетей. Сельские потребители имеют относительно небольшие, но равные по мощности нагрузки, которые удалены одна от другой на большие расстояния даже в пределах одного хозяйства.

Неравномерный график потребления электроэнергии в течение суток усложняет проблему получения высокого качества электроэнергии, увеличивает потери энергии в сельских электроустановках. Использование однофазной осветительной нагрузки и однофазных силовых потребителей (сварочных трансформаторов, электродрелей, бытовых электронасосов, электродвигателей, электроплит и т. п.) всегда приводит к неравномерности токов по фазам и, как следствие, к несимметрии напряжения по фазам.

В сельскохозяйственном производстве применяют полупроводниковую технику с нелинейными характеристиками. Это приводит к

появлению гармонических составляющих и искажений синусоидальной формы кривой напряжения в сетях и вызывает дополнительные потери мощности и электроэнергии в сельских установках.

Таким образом, схемы электроснабжения сельских потребителей, их структура и режим работы имеют особенности, которые снижают качество электроэнергии и увеличивают ее потери.

Показатели качества электрической энергии (ГОСТ 13109-87):

**отклонение частоты** — разность между фактическим и номинальным значениями, усредненная за 10 мин. Допустимо отклонение частоты  $\pm 0,1$  Гц в номинальном режиме;

**колебание частоты** — разность между наибольшим и наименьшим значениями частоты при достаточно быстром ее изменении (не менее 0,2 Гц/с). Допустимо колебание частоты не более 0,2 сверх отклонения частоты;

**отклонение напряжения** — разность между фактическим и номинальным значениями напряжения за длительный промежуток времени.

Норма отклонения напряжения: на зажимах электродвигателей в пределах от  $-5$  до  $+10$  %, остальных электроприемников  $\pm 5$  %. Исследованиями ВИЭСХ установлено, что указанные нормы следует принимать для крупных животноводческих ферм и комплексов. В других случаях электроснабжения сельского хозяйства отклонение напряжения на зажимах электродвигателей от  $-7,5$  до  $+10$ %, на зажимах остальных электроприемников  $\pm 7,5$ %. Эти нормы утверждены специальной инструкцией Минэнерго;

**колебания напряжения** — кратковременные и частые отклонения напряжения. Например, при шести колебаниях в час их значение не должно превышать 2 % сверх допустимого отклонения напряжения;

**несинусоидальность формы кривой напряжения** — отношение действующего значения напряжения всех высших гармоник к действующему значению напряжения основной гармоники. Это отношение должно быть не более 0,05;

**смещение нейтрали** — отношение напряжения нулевой последовательности к фазному напряжению прямой последовательности: должно быть не более 5 %);

**несимметрия напряжений** — отношение напряжения обратной последовательности к прямой:

Легкие условия: один или несколько факторов ниже номинального

$$k_n = 100U_{2\phi} / U_{1\phi} (k_n \text{ — не более } 5\%).$$



Из всех показателей первостепенное значение имеют отклонение и колебание напряжения, так как они в большей мере влияют на технико-экономические параметры всех видов электрооборудования.

## 5. Особенности технической эксплуатации.

Для обеспечения надежной работы разрабатывают и применяют на практике систему технической эксплуатации электрооборудования. Система эксплуатации — это совокупность взаимосвязанных средств, документации, технического обслуживания и ремонта и исполнителей, необходимых для поддержания и восстановления качества изделий, входящих в эту систему (ГОСТ 18322-78).

На основе существующих положений о технической эксплуатации изделий создают системы технического обслуживания и ремонта электрооборудования в тех отраслях народного хозяйства, где его используют. При этом важное значение имеет правильный выбор основных характеристик системы: принципа технической

структуры ремонтного цикла, периодичности работ, типового состава операций обслуживания и ремонта, трудоемкости и стоимости работ.

**Принцип технической эксплуатации** — правило выбора момента контроля и восстановления свойств оборудования. Известны три принципа: послеотказовый, профилактический и послесмотровый.

**Послеотказовый принцип** — это обслуживание по необходимости, когда восстановительные работы осуществляют лишь после выхода из строя электрооборудования; плановые профилактические мероприятия не проводят.

**Профилактический принцип** состоит в том, что независимо от технического состава электрооборудования проводят профилактические мероприятия в плановые сроки; при выходе из строя элементов или устройств в целом осуществляют их восстановление (замену).

Профилактические мероприятия могут быть или регламентными. В первом случае их выполняют через строго определенные календарные периоды независимо от режима использования электрооборудования. Во втором — после регламентированной наработки, учитывающей загрузку, суточную, сезонную и годовую занятость электрооборудования.

**Послесмотровый принцип** — это обслуживание по состоянию электрооборудования, при котором в плановом порядке проводят лишь диагностические проверки (осмотры), а необходимые профилактические (восстановительные) работы назначают с учетом фактического состояния оборудования.

**Структура ремонтного цикла** — это совокупность и последовательность работ, выполняемых при технической эксплуатации оборуду-

дования. В соответствии с ГОСТ 18322-78 основными эксплуатационными работами служат: техническое обслуживание, текущий ремонт и капитальный ремонт.

**Техническое обслуживание (ТО)** — это комплекс операций для поддержания исправности или работоспособности оборудования при его использовании по назначению, хранении и транспортировании. Цель ТО — обеспечение исправности (работоспособности) за счет своевременного устранения мелких неисправностей, которые могут вызывать отказ. ТО проводят на месте установки оборудования без нарушения технологического производственного процесса.

**Текущий ремонт (ТР)** — это ремонт, выполняемый для обеспечения или восстановления работоспособности изделия и состоящий в замене или восстановлении отдельных его частей. Цель ТР — обеспечение работоспособности всего изделия за счет своевременной замены недолговечных элементов (частичное восстановление). ТР выполняют на месте установки электрооборудования или в ремонтной мастерской.

**Капитальный ремонт (КР)** — это ремонт, выполняемый для восстановления исправности изделия и полного или близкого к полному восстановлению ресурса любых его частей, включая базовые. Такие работы выполняют специализированные электроремонтные предприятия.

Кроме перечисленных работ электротехническая служба любого хозяйства выполняет оперативно-дежурное обслуживание, консервацию и расконсервацию электрооборудования при его хранении, контрольные измерения и профилактические испытания.

При оперативно-дежурном обслуживании обеспечивают быстрое (оперативное) устранение отказов электрооборудования, а также проведение любых отключений, переключений и изменений электрических схем, вызванных производственной необходимостью. В условиях сельского хозяйства разрешено оставлять оборудование на объектах (машинах), но перед длительным простоем оно должно быть законсервировано. После такого хранения электрооборудование расконсервируют и вновь включают в работу.

**Трудоемкость типовых работ.** Нормы трудоемкости обслуживания и ремонта зависят, во-первых, от типового содержания работ, во-вторых, от мощности, исполнения и других ремонтных особенностей, например сложности ремонта электрооборудования.

Первый фактор учитывают в ходе аналитически-экспериментального нормирования на основе изучения производительности обслуживающего персонала непосредственно на рабочем месте. Для этого проводят фотографию рабочего времени (непрерывное измерение затрат

времени исполнителем в течение рабочего дня) или хронометраж (измерение затрат рабочего времени на выполнение отдельных операций). На основе этих данных разрабатывают обоснованные нормативы трудозатрат на отдельные операции или на виды работ некоторого базового электрооборудования.

Сложность ремонта учитывают различными способами. Обычно ее оценивают в относительных величинах путем сопоставления трудоемкости ремонта (обслуживания) каждого оборудования с трудоемкостью таких же работ для базового оборудования, принятой за единицу измерения. При этом можно выделить и оценить трудозатраты на разовые и отдельные работы для каждого вида и типоразмера электрооборудования при помощи условных единиц ремонта (у.е.р.).

***За у.е.р. приняты трудозатраты на один вид работ для трехфазного асинхронного короткозамкнутого двигателя закрытого исполнения мощностью 5 кВт, напряжением 380/220 В и частотой вращения магнитного поля статора 1500 об/мин.***

Комплексное нормирование выполняют в условных единицах электрооборудования (у.е.э.). При этом учитывают не разовые, а годовые трудозатраты на все виды эксплуатационных работ для некоторого комплекса электрооборудования, используемого в условиях сельского хозяйства.

***За у.е.э. принято отношение усредненных годовых трудоемкостей различных видов технического обслуживания и ремонта к годовой трудоемкости технического обслуживания и ремонта базовой электроустановки.***

За базовую (эталонную) электроустановку принят комплект энергооборудования электропривода с двигателем мощностью до 10 кВт, используемого в открытых установках. Нормативная трудоемкость у.е.э. составляет **18,6 чел.-ч/год** и имеет следующую примерную структуру: оперативное обслуживание — 2...3, техническое обслуживание — 5...6, текущий ремонт — 7...9, капитальный ремонт — 1...3 чел. -ч/год. Другие комплекты электрооборудования переводят в у.е.э. при помощи коэффициентов пересчета.