

УДК 621.316.1.019.3:631.37

Г.И. Разгильдеев, Р.А. Храмцов

ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Одним из важных показателей любой системы электроснабжения является бесперебойность подачи электроэнергии, т.е. ее надежность. С этой точки зрения, среди сельскохозяйственных предприятий особого внимания заслуживают животноводческие комплексы и птицефабрики, где любое отключение – плановое (для ревизии и ремонта) или неожиданное, аварийное – наносит ущерб, как потребителю, так и самой энергетической системе. По этой причине необходимо применять эффективные и экономически целесообразные меры по обеспечению оптимальной надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей.

Прекращение подачи электроэнергии приводит к срыву основных технологических процессов: доения, кормления, поения, перерыву в работе вентиляции и отопления и, следовательно, к изменению микроклимата в животноводческих помещениях, нарушению режима инкубации яиц и т.п.

При пропуске доек, увеличении интервала между ними, переход на ручное доение снижают удои молока, а удой в полном объеме восстанавливается только через 7-8 дней [1]. При длительных перерывах возможна выбраковка коров. К снижению удоев приводят также стрессы животных, возникающие в результате отключения электроэнергии в процессе дойки.

Перерыв в подаче воды приводит к снижению продуктивности животных. Так, сокращение количества воды на 40% снижает удой на 16%. При прекращении первичной обработки (охлаждении) молоко скисает: при температуре +25°C скисание молока начинается

через 6 ч [1].

Задержка в кормлении телят свыше 12 ч приводит к потере живой массы на 3-5%; суточное прекращение кормления – на 10%, а с прекращением поения – на 12-13%. Прекращение кормления кур приводит к снижению способности откладывать яйца [1].

Ухудшение микроклимата: повышения или понижение температуры, изменение влажности, повышение концентрации газов (углекислого, аммиака, сероводорода) на свиноводческих и птицеводческих предприятиях является причиной снижения продуктивности, а в некоторых случаях причиной массовой гибели животных и птицы. Особенно большой ущерб вызывает изменение температуры в инкубаторе.

Надежность электроснабжения сельскохозяйственных потребителей непосредственно связана с аварийными отключениями распределительных сетей, наибольшее число которых приходится на воздушные линии (ВЛ) напряжением 10 кВ [2].

Главной особенностью сельских электрических сетей является большая протяженность и разветвленность ВЛ напряжением 10 кВ и слабая оснащенность сельских сетей коммутационными аппаратами [3].

Известно, что для совершенствования технического обслуживания и собственно систем электроснабжения необходимо знать значения основных показателей эксплуатационной надежности.

В выполненных ранее исследованиях, в частности, в работах [1-4] в качестве показателей надежности ВЛ используется частота отказов $\omega = n/N$ и

среднее время их устранения

$$T_e = \sum_{i=1}^n \frac{T_{ei}}{n}.$$

Уровень надежности электроснабжения потребителей, присоединенных к сельским сетям, зависит от многих факторов и колеблется в значительных пределах. Поэтому среднее значение показателя надежности для усредненных параметров систем электроснабжения не являются достаточно информативными и могут рассматриваться лишь для сопоставления систем электроснабжения различного назначения [5].

Следовательно, приведенные показатели надежности ВЛ в вышеуказанных источниках не могут в полном объеме отразить характеристики свойств, определяющих надежность системы электроснабжения. Следует также заметить, что время восстановления отказов в сети электроснабжения не полностью отражает физические затраты времени на простой технологического оборудования потребителя. Это объясняется тем, что существенную часть времени простоя занимают подготовительно - заключительные операции при аварийном ремонте, т. е. затраты времени на организацию работы.

Наиболее удобным показателем является параметр потока отказов, который определяется отношением числа отказавших элементов n в интервале $(t, t+\Delta t)$ к числу элементов, находящихся под наблюдением, $N(t)$, при условии, что все элементы, вышедшие из строя, заменяются работоспособными или восстанавливаются [5]

$$\omega(t) = \frac{n(t, t + \Delta t)}{N(t)}.$$

Рассмотрим функциониро-

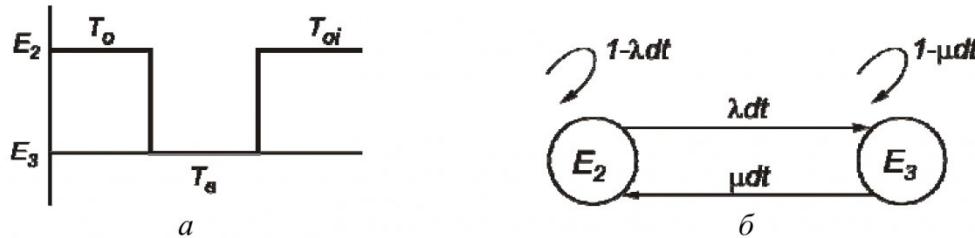


Рис. 1 Функционирование одиночного элемента по состояниям во времени (а) и размеченный граф состояний (б): E_2 - работоспособное; E_3 - неработоспособное

вание одиночного нерезервированного элемента, который может находиться в одном из двух состояний: E_2 - элемент работоспособен (работоспособное состояние) и E_3 - элемент неработоспособен (состояние отказа).

Под воздействием потока отказов с интенсивностью λ элемент переходит из состояния E_2 в состояние E_3 , а под воздействием потока восстановлений с интенсивностью μ возвращается из состояния отказа в работоспособное состояние.

Граф переходов из одного состояния в другое с обозначением вероятностей переходов за время dt показан на рис.1.

Система однородных дифференциальных уравнений Колмогорова для переходных вероятностей состояний, соответствующих графу на рис. 1, имеет вид:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dP_2(t)}{dt} &= -\lambda P_2(t) + \mu P_3(t); \\ \frac{dP_3(t)}{dt} &= \lambda P_2(t) - \mu P_3(t), \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где $P_2(t)$, $P_3(t)$ – вероятности пребывания элемента в состояниях E_2 , E_3 .

При достаточно большом времени t ($t \rightarrow \infty$) процесс переходов устанавливается и P_2 пе-

рестает зависеть от t . Выполнив преобразования, приведенные в [6], получим для P_2 и P_3 следующие соотношения:

$$\left. \begin{aligned} P_2(\infty) &= \frac{\mu}{\mu + \lambda} = \frac{T_0}{T_0 + T_B}; \\ P_3(\infty) &= \frac{\lambda}{\mu + \lambda} = \frac{T_B}{T_0 + T_B}. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Величина $P_2(\infty)$, по сути своей, – это вероятность работоспособного состояния $P(\mathcal{E})$ (другое ее название – коэффициент готовности); $P_3(\infty)$ – вероятность простого или коэффициент простого. Для этой величины используют символ $P(\Pi)$, имея в виду, что вероятности работоспособного состояния и простого образуют полную группу событий $P(\Pi) + P(\mathcal{E}) = 1$. Эти вероятности характеризует два состояния одновременно, т. е. в (1) для каждой из этих величин присутствуют два показателя – наработка T_0 и время восстановления T_B .

Таким образом, отражая два состояния одновременно, каждый из этих показателей является комплексным.

Однако при расчете показателей надежности системы электроснабжения предприятия необходимо учитывать технологические особенности потребителя. Для каждого технологического процесса, используемого как на сельскохозяйственных, так и на других предприятиях, существует допустимое (критическое) время аварийного простого. Это такое время, в течение которого отказ системы электроснабжения не приводит к значительному ущербу для предприятия.

Зная допустимое или критическое время простоя технологического процесса на предприятии T_D , время простоя при отказе i -го элемента системы электроснабжения можно определить как:

$$T_A = T_{Bi} - T_D, \quad (3)$$

где T_{Bi} – среднее время восстановления i -го элемента, ч; T_D – допустимое (критическое) время перерыва электроснабжения.

Процесс функционирования одиночного элемента по состояниям с учетом (3) показан на рис.2

С учетом (3) система (2) примет вид:

$$\left. \begin{aligned} P_2(\infty) &= \frac{T_0}{T_0 + T_B}, \\ P_{3(D)}(\infty) &= \frac{T_D}{T_0 + T_B}, \\ P_{3(A)}(\infty) &= \frac{T_A}{T_0 + T_B}. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где $P_{3(D)}(\infty)$ – вероятность допустимого простого, $P_{3(A)}(\infty)$ – вероятность аварийного простого.

Вероятность простого (аварийный простой) является удобным показателем для оценки надежности любой технической, технологической или электроэнергетической системы. С его помощью можно просто получить экономическое выражение надежности в виде математического ожидания убытка от перерыва в работе из-за отказов таких систем. Так, если среднее значение параметра потока отказов (интенсивность отказов) λ , 1/ч, и среднее время простого на один отказ $t_{a,cr}$ известны, то вероятность простого для одного элемента определяется из соотношения

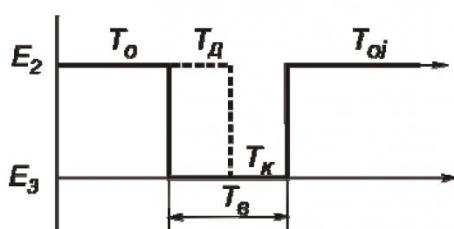


Рис. 2 Функционирование одиночного элемента во времени по состояниям: E_2 - работоспособное; E_3 – неработоспособное

$P(\Pi) = \lambda \cdot (t_{a,sp} - t_k)$,
а для группы из n элементов

$$P_0(\Pi) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot (t_{a,spi} - t_k).$$

Математическое ожидание убытка получают из соотношения:

$$M(Y_0) = \Pi \cdot Q_e T_{sp} k_f P_0(\Pi) k_c$$

где Π – цена продукции, руб;
 Q_e – часовая продуктивность,

ед/ч; T_{sp} – продолжительность работы в год, ч/год; k_f – коэффициент, учитывающий технологию производства продукции; k_c – коэффициент, учитывающий совпадение времени простоя с технологическим процессом.

Используя изложенный выше подход, можно определить показатели надежности системы электроснабжения для любого

сельскохозяйственного предприятия. Это позволяет оценить необходимость применения специальных мер по повышению надежности электроснабжения, например за счет автономных источников, а также определить уровень ущерба причиняемого предприятию отключениями электроэнергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прусс В.Л., Тисленко В.В. Повышение надежности сельских электрических сетей. - Л.: Энергоатомиздат. 1989. 208 с.
2. Фомичев В.Т., Юндин М.А. Показатели надежности сельских распределительных сетей // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2001. №8. С.19-20.
3. Куценко Г.Ф. Проблемы надежности электроснабжения потребителей агропромышленного комплекса в условиях развития рыночных отношений в электроэнергетике // Электрические станции. 2000. №9. С. 36-40.
4. Юндин М.А. Показатели надежности электрических сетей 10 кВ // Техника в сельском хозяйстве. 2001. №6. С. 10-13.
5. Зорин В.В., Тисленко В.В., Клеппель Ф., Адлер Г. Надежность систем электроснабжения. - К.: Выща школа. Головное изд-во, 1984. 192 с.
6. Разгильдеев Г.И. Надежность электромеханических систем и электрооборудования. - Кемерово: Кузбас. гос. техн. ун-т, 2001. 176 с.

□ Авторы статьи:

Разгильдеев

Храмцов

Геннадий Иннокентьевич

Роман Анатольевич

- докт. техн. наук, проф. каф. электроснабжения горных и промышленных предприятий

- аспирант каф. электроснабжения горных и промышленных предприятий

УДК 621.311.002.5

Г.И. Разгильдеев, Р.А. Храмцов

О КРИТЕРИЯХ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

В настоящее время электроэнергетика находится в такой ситуации, что параметры, определяющие условия экономичности передачи и потребления электроэнергии, близки к допустимым значениям, а в некоторых случаях много превышают их. Данная ситуация требует проведения энергосберегающих мероприятий, направленных на сокращение расходов и улучшение экономического состояния как потребителей электрической энергии, так и производителей.

Основная часть мероприятий по энергосбережению в

электроснабжение сельскохозяйственных комплексов связана с оптимизацией режимов работы систем электроснабжения и внедрением нового электрооборудования с экономичным электропотреблением. Для того, чтобы принять решение в необходимости проведения мероприятий по оптимизации систем электроснабжения, а также сравнить различные технические варианты, возникает потребность в качественно новом подходе к оценке их эффективности.

Для такой оценки в технике обычно используют техниче-

ские и экономические критерии. В качестве дополнительных оценок могут использоваться экологические и эстетические критерии. Технические, экологические и эстетические критерии пока не получили практического применения по ряду объективных причин.

В настоящее время практически все задачи оптимизации решаются с применением экономических критериев, в том числе [1] таких как:

- приведенные затраты (официально рекомендуемый критерий [2]);
- общая прибыль производ-