

УДК 681.5

# ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

**Л.М. МАРКАРЯНЦ,**

доктор технических наук,  
профессор, академик МАНЭБ,  
**В.А. БЕЗИК,**

кандидат технических наук  
доцент  
ФГБОУ ВО «Брянский  
государственный аграрный  
университет»  
Т. 8-920-604-49-34  
E-mail: bezikwa@mail.ru

*Рассмотрены основные причины возникновения аварийных режимов работы электродвигателей, классификация аварийных режимов и влияние качества электроэнергии на работу электродвигателя.*

**Ключевые слова:** электродвигатель; аварийный режим; качество электроэнергии; перегрузка; короткие замыкания.

**Н**аибольшее число из потребителей электрической энергии в сельском хозяйстве составляют различного рода электроприводы. Благодаря простоте конструкции, высокой надежности и невысокой стоимости асинхронный электродвигатель (АД) с короткозамкнутым ротором – наиболее распространенный. Свыше 85 % всех электрических машин – это трехфазные асинхронные электродвигатели. По статистике сейчас в общественном производстве России находится не менее 50 млн трехфазных АД напряжением 0,4 кВ.

Именно поэтому аварии в асинхронном электроприводе наиболее сильно влияют на надежность и качество работы всей системы электрооборудования.

Аварии АД подразделяются на два основных типа: механические и электрические. Механические аварии: деформация или поломка вала ротора, ослабление крепления сердечника статора к станине, ослабление опрессовки сердечника ротора, выплавление баб-

бита в подшипниках скольжения, разрушение сепаратора, кольца или шарика в подшипниках качения, поломка крыльчатки, отложение пыли и грязи в подвижных элементах и прочее.

Причина большинства механических аварий – радиальные вибрации из-за асимметрии питающей сети (например, перекося фаз), механические перегрузки на валу электродвигателя, брак комплектующих элементов или допущенный при сборке. До 10 % всех аварий АД имеют механическое происхождение. При этом 8 % приходится на долю аварий, связанных с асимметрией фаз, и только 2 % на аварии, связанные с механическим перегрузом. Доля аварий, связанных с браком, мала и поэтому ее можно не принимать во внимание. Оценка вероятностей возникновения механических аварий отсутствует. Большая их часть носит скрытый характер и выявляется только после соответствующих испытаний или разборки двигателя. Однако постоянный контроль сетевого напряжения и нагрузки на валу АД позволяет в большинстве случаев свести эту вероятность к минимуму.

Электрические аварии АД, в свою очередь, делятся на три типа:

- сетевые (по напряжению), связанные с авариями в питающей электросети;
- токовые, связанные с обрывом проводников в обмотках статора, ротора или кабеля, межвитковым и междофазным замыканием обмоток, нарушением контактов и разрушением соединений, выполненных пайкой или сваркой; аварии, приводящие к пробое изоляции в результате нагрева, вызванного протеканием токов перегруза или короткого замыкания;
- токовые, связанные со снижением сопротивления изоляции вследствие ее старения, разрушения или увлажнения.

По статистическим данным, до 80% аварий электродвигателя напрямую или косвенно связаны именно с авариями сетевого напряжения.

Качество электроэнергии на территории РФ определяет ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». ГОСТ определяет соответствие стандартам целого ряда показателей в первую очередь, таких, как отклонения напряжения и частоты, коэффициент гармонической составляющей четного и нечетного порядка, коэффициенты обратной и нулевой последовательности напряжения и др. Из-за аварий на подающих подстанциях, короткого замыкания в распределительных сетях, коммутационных и грозовых возмущений, неравномерности распределения нагрузки по фазам фактические значения ряда показателей больше допустимых, что ведет к аварийным режимам работы АД.

Анализ показателей качества электрической энергии относительно условий работы АД показывает, что, например, при уменьшении напряжения в сети возрастает ток статора, приводящий к интенсивному нагреву изоляции АД и сокращению срока службы вследствие ускоренного старения изоляции и ее пробоя, а повышение напряжения приводит к увеличению магнитного потока статора, тока намагничивания, нагреву сердечника (вплоть до «пожара» в стали), потребляемой из сети реактивной мощности, снижающей коэффициент мощности. Следует отметить, что существует еще несколько типов сетевых аварий, которые происходят наиболее часто, но напрямую ГОСТ не регламентируются, так как являются крайними случаями проявления несимметричных режимов работы АД. Это обрыв одной из фаз, нарушение их последовательности и «слипание».

Обрыв фаз, как правило, связан с обрывом жилы питающего кабеля, сгоревшим предохранителем или отключением автомата в одной из линий или обрывом самой линии. При соеди-

нении обмоток двигателя звездой напряжение в двух фазах делится поворну и составляет половину линейного  $U_{\phi} = U_n/2$ , в третьей отсутствует. Такие режимы приводят к повышенному энергопотреблению из сети, перегреву обмоток статора. Поле из вращающегося превращается в пульсирующее, ток в оборванной фазе будет отсутствовать, в двух других увеличится на 50 %. Двигатель не разворачивается даже на холостом ходу. В некоторых типах двигателей в случае, если обрыв произошел во время работы двигателя, на оборванной фазе генерируется так называемое напряжение «рекуперации», близкое по фазе и амплитуде сетевому, двигатель переходит в тормозной режим работы и, если его не отключить, сгорает в течение нескольких минут.

Аварийный режим «слипания» фаз происходит в случае обрыва одной из питающих фаз и замыкания ее со стороны двигателя на другую фазу. При этом одно и то же фазное напряжение подается на две фазы двигателя, на третьей остается в норме. При незначительной амплитудной несимметрии наблюдается значительная фазная несимметрия, приводящая к появлению значительных напряжений обратной последовательности, вызывающих перегрев двигателя и выход его из строя.

Нарушение закрепленной ГОСТ последовательности фаз А-В-С (В-С-А, С-А-В) на любую другую обуславливает реверсивный режим работы – вращение двигателя в другую сторону, что часто недопустимо по условиям технологического процесса, так как вызывает вращение приводного механизма в другую сторону и может привести, помимо аварии самого двигателя, к тяжелым, порой катастрофическим последствиям.

Постоянный контроль наличия и качества сетевого напряжения, включая гармонический анализ, вычисление действующих или средних значений напряжения до включения двигателя, контроль за его состоянием во время работы АД, в том числе за изменениями параметров фазных напряжений, вызванных режимами работы самого двигателя, позволит зачастую избежать причин возникновения аварийных режимов, предотвратить появление режимов короткого замыкания и токового перегруза.

#### Литература

1. Маркарянц, Л.М. Эффективность применения устройств защиты электрооборудования / Л.М. Маркарянц, В.А. Безик, П.А. Самородский // Сб. VIII Межд. науч.-техн. конф. – Брянская ГСХА. – 2014. – С. 136–140.
2. Пат. РФ 121105. Устройство защиты от поражения электрическим током в линии, питающей электродвигатель / Л.М. Маркарянц [и др.] – 10.05.2012.
3. Безик, В.А. Структура средств защиты электроустановок / В.А. Безик, Л.М. Макарянц // Сб. VI Межд. науч.-техн. конф. – Брянская ГСХА. – 2012. – С. 22–28.
4. Безик, В.А. Повышение надежности защит от поражения электрическим током / В.А. Безик, Л.М. Маркарянц, И.Э. Алексанян // Сб. науч.-техн. конф. Брянская ГСХА. – 2010. – № 1 (9). – С. 67–71.
6. Белоус, Н.М. Концепция развития животноводства Брянской области / Н.М. Белоус, В.Е. Ториков // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – С. 59–61.
7. Белоус, Н.М. Стратегии инновационного развития научных исследований Брянской государственной сельскохозяйственной академии / Н.М. Белоус, В.Е. Ториков // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2010. – № 2. – С. 4–16.
8. Безик, В.А. Экспериментальные исследования комбинированного устройства защиты / В.А. Безик, Л.М. Маркарянц, И.Э. Алексанян // Сб. VII Межд. науч.-техн. конф. – Брянская ГСХА. – 2013. – С. 3–8.
9. Безик, В.А. Повышение надежности электрооборудования путем использования устройства контроля сопротивления изоляции и сушки обмоток электродвигателя / В.А. Безик, Л.М. Маркарянц, П.А. Самородский // Бюл. науч. работ Брянского филиала МИИТ. – 2012. – № 2 (2). – С. 30–33.
10. Гурьянов, Г.В. Антифрикционные и износостойкие электрохимические покрытия / Г.В. Гурьянов, Ю.Е. Кисель. – Брянск: Изд-во БГИТА, 2006. – 121 с.
11. Гурьянов, Г.В. Электрохимические сплавы и композиты на основе железа / Г.В. Гурьянов, Ю.Е. Кисель. – Брянск: Изд-во БГИТА, 2015. – 98 с.

*The article describes the main causes of emergency operation modes of electric motors, classification of emergency conditions and impact of power quality on motor operation.*

**Keywords:** motor; emergency operation; quality of electricity; overload; short circuit protection.

Из формулы (1), зная диаметр обрезаемых валцов для сои и диаметр семян люпина на входе в межвалцовое пространство (6,29 мм по толщине из размерно-массовой характеристики семян, рис. 2), найдем требуемый рабочий зазор:

$$b = a - D_{\min} (1 - \cos \varphi) = 6,29 - 60 (1 - \cos 17^\circ) = 3,67 \text{ мм.}$$

При фиксированном диаметре валцов 60 мм регулируемые зазоры 3 мм для сои и 3,67 мм для люпина будут обеспечивать равное давление валцов на семена.

Дальнейшая задача исследований – определение скоростных характеристик валцов шелушителя для обеспечения требуемого качества шелушения и заданной производительности.

#### Литература

1. Белоус, Н.М. Влияние систем удобрений и пестицидов на качественные показатели зеленой массы кормового люпина / Н.М. Белоус [и др.] // Агротехнический вестник. – 2011. – № 3. – С. 3–5.
2. Шпилев, Н.С. Технология возделывания сои на зерно в Центральном регионе: рекомендации / Н.С. Шпилев, С.А. Бельченко. – Брянск, 2014. – 35 с.
3. Яговенко, Г.Л. Экономическая оценка выращивания люпина в различных севооборотах / Г.Л. Яговенко, И.Н. Белоус // Достижение науки и техники АПК. – 2011. – № 8. – С. 78–80.
4. Белоус, И.Н. Биоэнергетическая оценка выращивания люпина в севооборотах / И.Н. Белоус, Е.В. Смольский, Г.Л. Яговенко // Зерновое хозяйство России. – 2011. – № 5 (17). – С. 63–68.
5. Купреенко, А.И. К вопросу отделения оболочки семян сои и люпина / А.И. Купреенко, О.Н. Кондрашова // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сб. науч. работ. – Брянск: Изд-во БГСХА, 2015. – С. 139–144.
6. Купреенко, А.И. Совершенствование технологии отделения оболочки семян сои и люпина / А.И. Купреенко, О.Н. Кондрашова // Вестник ВНИИМЖ. – 2015. – № 4 (20). – С. 80–83.
7. Глебов, Л.А. Технологическое оборудование и поточные линии предприятий по переработке зерна / Глебов Л.А. [и др.]. – М.: Дели Принт, 2010. – С. 417–453.
8. Купреенко, А.И. Технология мокрого шелушения семян сои и люпина / А.И. Купреенко, О.Н. Кондрашова, И.Г. Свиридов // Вестник ВНИИМЖ. – 2016. – № 3 (23). – С. 118–121.

*There have been shown research results for weight and dimension characteristics of dry seeds as well as of swollen soybeans and lupine seeds which have been soaked the last stage. Based on obtained data there have been substantiated a diameter of a peeler with rubber rollers designed for wet peeling.*

**Keywords:** soybeans and lupine seeds; wet peeling technology; cut loose seed coat; weight and dimension seed characteristics; peeler with rubber rollers.