

УДК 621.312.004.67

ОЦЕНКА ПОТРЕБНОСТИ В РЕМОНТЕ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С УЧЕТОМ КОНТРОЛЯ ЕГО СОСТОЯНИЯ И КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ

Савельев В.А., д-р техн. наук, Назарычев А.Н., канд. техн. наук,
Скоробогатов А.А., инж, Шабров Р. А., инж.

Предлагается методический подход к определению объема и сроков ремонтных работ асинхронных двигателей с учетом их технического состояния.

В системе собственных нужд 6 кВ электростанций широко используются мощные асинхронные электродвигатели (АД) с короткозамкнутой обмоткой ротора (ОР). Обеспечение их надежности за счет проведения профилактического предупредительного ремонта является важной и актуальной проблемой. На пылеугольных электростанциях доля повреждений короткозамкнутой обмотки ротора может достигать 60 % от общего количества отказов АД. Разработанное устройство для обнаружения повреждений стержней короткозамкнутой обмотки ротора АД [1] позволяет своевременно выявлять оборванные стержни по результатам оперативного контроля ОР в процессе эксплуатации. Тем самым появляется возможность определения потребности и объема ремонта ОР по результатам оперативного контроля.

Конструкция ОР оказывает существенное влияние на принятие решения о ремонте. С позиций системного подхода подыдем к решению этой задачи.

Вид контроля (ремонтный или оперативный) и число состояний, в которых может находиться ОР, также зависят от ее конструкции.

По технологическим признакам изготовления ОР крупных АД подразделяются на три типа [2]:

1) состоящие из составных элементов – стержней и замыкающих колец, выполняемых из меди или, реже, алюминия (такие обмотки будем называть составными);

2) выполненные путем заливки алюминия или его сплавов (литые обмотки);

3) полученные путем переделки асинхронных роторов с фазной обмоткой в процессе капитального ремонта двигателей.

Первый тип широко распространен среди АД собственных нужд электростанций мощностью от 125 кВт (ДА302-16-44-8/10) до 8000 кВт (4АЗМ-8000/6000) [3]. Ко второму типу относится ряд электродвигателей типа ДА304-560 и некоторые двигатели меньшего габарита, имеющие диапазон мощностей от 200 кВт до 2000 кВт. Они устанавливаются на приводах молотковых дробилок, мельниц, дымососов, дутьевых вентиляторов и мельниц-вентиляторов. Третий тип ОР в дальнейшем не будет рассматриваться, т.к. редко используется в электроэнергетике. По форме поперечного сечения стержня ОР можно судить о вероятном характере повреждения обмотки статора. Все существующие обмотки ротора АД можно разбить на шесть типов:

№1 – литые алюминиевые;

№2 – одноклеточные составные со стержнями специальной формы;

№3 – рабочие обмотки двухклеточных «беличьих клеток»;

№4 – пусковые обмотки двухклеточных «беличьих клеток» со стержнями специальной формы;

№5 – одноклеточные составные с глубокими прямоугольными пазами (их еще называют глубокопазными);

№6 – пусковые обмотки двухклеточных «беличьих клеток» с глубокими прямоугольными пазами.

Контроль состояния литых ОР и рабочих обмоток двойных «беличьих клеток» (ОР типа №1 и №3) должен осуществляться с помощью ремонтного контроля, т.к. на них обрывы стержней происходят крайне редко. Остальные типы ОР требуют проведения как ремонтного, так и оперативного контроля (табл. 1).

Таблица 1. **Возможность использования ремонтного и оперативного контроля для различных конструктивных типов обмотки ротора**

Виды контроля	Типы ОР					
	№1	№2	№3	№4	№5	№6
Ремонтный контроль	+	+	+	+	+	+
Оперативный контроль	-	+	-	+	+	+

Число возможных состояний ОР предлагается определять следующим образом:

- ОР с глубокопазными роторами (типы №5 и №6) могут находиться в двух состояниях (с учетом терминологии, указанной в [4]):

- работоспособном, когда ОР исправна;
- неработоспособном, когда ОР имеет хотя бы один оборванный стержень.

- Другие типы ОР (типы №1, №2, №3 и №4) имеют три состояния:

- работоспособное исправное;
- работоспособное неисправное, когда число оборванных стержней ($Z_{об}$) не превышает 5 % от общего количества стержней (Z_p);
- неработоспособное, когда масштаб повреждения ОР превышает 5 %.

Необходимость в проведении ремонта или замены «беличьих клеток», находящихся в работе, возникает, когда ОР переходит в неработоспособное состояние.

За критерий перехода ОР из работоспособного неисправного в неработоспособное состояние взята оценка 5 % оборванных стержней, т.к., согласно проведенным исследованиям [5], ощутимое ухудшение работы АД наблюдается при числе поврежденных стержней более 5 % от общего количества стержней ОР.

Из сказанного следует, что все типы «беличьих клеток» высоковольтных АД по числу возможных состояний можно разделить на две группы. В табл. 2 приведены области возможных состояний каждой группы и соответствующее им критическое число оборванных стержней.

Определив с помощью [1] состояние, в котором находится исследуемая ОР, можно сделать вывод о том, требуется ли ее ремонт, замена или нет.

В табл. 3 показана связь текущего состояния ОР с необходимостью проведения ее ремонта или замены. Согласно табл. 3 литые алюминиевые обмотки предлагается заменять на новые, если в процессе ремонтного контроля было определено, что ОР находится в неработоспособном состоянии. Составные ОР в неисправном состоянии заменяются на новые, если масштабы повреждения значительны и затраты на ремонт становятся больше, чем затраты на замену.

Данные табл. 2 и 3 показывают, что типы ОР влияют также на ряд требований к способам и устройствам оперативного контроля, а именно: на чувствительность, под которой подразумевается способность устройства определять обрыв одного стержня, и на глубину поиска дефекта – способность устройства определять количество оборванных стержней, а также место их расположения. Так, устройства оперативного контроля, применяемые на ОР типов №2 и №4, относящиеся к первой группе (табл. 2), имеют более жесткие требования к глубине поиска дефекта, но менее жесткие к чувстви-

тельности, по сравнению с устройствами и способами, применяемыми на ОР типов №5 и №6, относящихся ко второй группе.

Заключение

Предложен подход к определению потребности в проведении ремонта АД по результатам оперативного и ремонтного контроля состояния короткозамкнутых стержней с учетом конструктивных особенностей ротора, что позволяет уточнять объемы и сроки проведения плановых ремонтов по результатам оперативного контроля состояния ОР.

Список литературы

1. А.с. 20021265505/09(027993). Устройство для обнаружения поврежденных стержней короткозамкнутого ротора асинхронного двигателя.
2. Клоков Б.К., Уманцев Р.Б. Ремонт обмоток электрических машин высокого напряжения: Учеб. пособие для проф. обучения рабочих на производстве. – М.: Высш. шк., 1991. – 192 с.
3. Собственные нужды тепловых электростанций / Э.М. Аббасова, Ю.М. Голоднов, В.А. Зильберман, А.Г. Мурзаков; Под ред. Ю.М. Голоднова. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 272 с.
4. Савельев В.А. Оценка технического состояния и диагностирования объектов энергетики. Термины и определения // Вестник ИГЭУ. – 2003. – Вып. 2. – С. 35–40.
5. Митрофанов С.В. Математическая модель трехфазной асинхронной машины с несимметричной короткозамкнутой клеткой ротора: Автореф. дис. ... канд. тех. наук. – Екатеринбург, 1999.

Таблица 2. Области возможных состояний ОР и соответствующее им число оборванных стержней

Типы ОР	Группы ОР по числу возможных состояний	Критическое число оборванных стержней	Возможные состояния ОР и области их существования		
			Работоспособное исправное	Работоспособное неисправное	Неработоспособное
№1-№4	I	5% от общего количества стержней ОР	$\frac{Z_{об}}{Z_p} = 0$	$0 < \frac{Z_{об}}{Z_p} \leq 0,05$	$\frac{Z_{об}}{Z_p} \geq 0,05$
№5, №6	II	Один стержень	Работоспособное $\frac{Z_{об}}{Z_p} = 0$		Неработоспособное $\frac{Z_{об}}{Z_p} \geq 1$

Таблица 3. Необходимость в проведении ремонта или замены ОР

Типы ОР	Текущее состояние ОР	Необходимость в проведении ремонта или замены ОР	
		после ремонтного контроля	после оперативного контроля
№1	работоспособное исправное	-	Оперативный контроль не применяется
	работоспособное неисправное	-	
	неработоспособное	+ (замена)	
№3	работоспособное исправное	-	
	работоспособное неисправное	+ (ремонт)	
	неработоспособное	+ (ремонт или замена)	
№2	работоспособное исправное	-	-
	работоспособное неисправное	+ (ремонт)	-
	неработоспособное	+ (ремонт или замена)	+ (ремонт или замена)
№4	работоспособное исправное	-	-
	работоспособное неисправное	+ (ремонт)	-
	неработоспособное	+ (ремонт или замена)	+ (ремонт или замена)
№5	работоспособное	-	-
	неработоспособное	+ (ремонт или замена)	+ (ремонт или замена)
№6	работоспособное	-	-
	неработоспособное	+ (ремонт или замена)	+ (ремонт или замена)

Примечание: - ремонт или замена не нужны; + ремонт или замена необходимы.