

Увеличение влажности грунта приводит к уменьшению стационарного сопротивления заземлителя, однако в данном случае процессы искрообразования начинаются при больших значениях амплитуды приложенного импульса напряжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костенко М.В. Техника высоких напряжений / под ред. М.В.Костенко. – М.: Высш. шк., 1973. – 528 с.
2. Рябкова Е.Я. Заземления в установках высокого напряжения. – М.: Энергия, 1978. – 224 с.
3. Данилин А.Н. Разработка высоковольтных систем генерирования и регистрации импульсов, моделирующих атмосферные перенапряжения в подземных проводниках. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Ленинград, 1990. – 231 с.
4. Данилин А.Н., Ивонин В.В. Оценка корректности оптических наблюдений процессов искрообразования вокруг электродов, размещенных в увлажненном грунте // Труды Кольского научного центра РАН. Энергетика. – 2013. – №4(17). – С. 32-38.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО ИЗНОСА ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПРИ ПОВТОРНО- КРАТКОВРЕМЕННОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ

Дрозд А.С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Современные тенденции развития электротехнической промышленности направлены на повышения уровня безопасности и качества эксплуатируемых изделий. Одним из показателей качества является срок службы изоляции обмоток. Снижение температуры нагрева обмоток позволяет уменьшить тепловой износ. Таким образом, можно сделать вывод, что снижение температуры обмоток электродвигателя постоянного тока для масляного насоса тепловоза и нахождение относительного теплового износа изоляции является актуальным в настоящее время.

Целью работы является изучение теплового состояния базового электродвигателя постоянного тока и нахождение способов уменьшения температуры электродвигателя при эксплуатации с целью увеличения надежности обмоток.

Электродвигатель эксплуатируется в повторно-кратковременном режиме работы, поэтому расчет температуры нагрева обмоток производится по особой методике, учитывающий продолжительность включения и остывания электродвигателя [1]. Такой метод теплового режима называется нестационарным, позволяющим найти диапазон колебания температур электродвигателя в данном режиме. То есть, температура электродвигателя варьируется между минимальным и максимальным значениями, при этом температура не достигает установившейся и не опускается до температуры окружающей среды.

Существует много разных конструктивных решений для улучшения охлаждения электродвигателя. Для охлаждения якоря или ротора применяются вентиляционные каналы [2].

Охлаждение станины и обмоток статора (индуктора) может быть наружным и внутренним. Наружный обдув осуществляется вентилятором, который устанавливается

на валу электродвигателя и с помощью кожуха, поток воздуха направляется вдоль машины, на которой располагаются ребра для лучшего отвода тепла [3]. Внутренняя поверхность станины и обмоток статора (индуктора) может охлаждать циркулирующим воздухом внутри закрытой электрической машиной [4].

Охлаждение электрической машины связано с потерями, которые приводят к выделению тепла. Поэтому, для уменьшения температуры необходимо прибегнуть к действиям, способствующим уменьшению сопротивления обмоток.

Таким образом, было принято решение рассмотреть вариант конструкции электродвигателя с аксиальной системой вентиляции с добавлением вентиляционных каналов в якорь. А так же с помощью конструктивных изменений электродвигателя уменьшить число витков обмоток.

Подводя итоги, с точки зрения технологичности и экономичности было принято решение рассмотреть четыре варианта конструкции электродвигателя ДП335:

1. Базовый электродвигатель постоянного тока;
2. Изменению подвергается ярмо якоря, добавляются аксиальные вентиляционные каналы;
3. Изменению подвергается станина, которая выполняется из листов электротехнической стали и покрывается слоем алюминия с целью соединения листов;
4. Станина выполняется из электротехнической стали 2412 и добавляются вентиляционные каналы в ярме якоря.

Для моделирования переходных процессов воспользуемся методикой нестационарных тепловых состояний. Расчет по методике позволяет найти максимальную и минимальную температуру повторно-кратковременного режима работы. Для этого воспользуемся формулами 1 и 2:

Максимальное значение температуры:

$$q_{\max} = q_{\Gamma} [1 - \exp(-t_p / T)] + q_{\min} \exp(-t_p / T) \quad (1)$$

Минимальное значение температуры:

$$q_{\min} = q_{\max} \exp(-t_o / T_{\text{охл}}) \quad (2)$$

Расшифруем значения в формулах: q_{Γ} - установившееся температура; t_p – время нагрева; t_o – время охлаждения; T – постоянная кривых нагрева; $T_{\text{охл}}$ – постоянная кривых охлаждения.

Полученные значения представим в табл. 1.

Таблица 1. Результаты моделирования повторно-кратковременного режима

	Конструкция №1	Конструкция №2	Конструкция №3	Конструкция №4
Максимальная температура	Обмотка возбуждения			
	70,70	70,70	64,24	63,96
	Обмотка стабилизирующая			
	54,65	53,87	50,27	50,23
	Обмотка добавочных полюсов			
	67,37	67,24	67,14	67,06
	Обмотка якоря			
	99,85	84,27	97,84	84,20

Таблица 1. Продолжение таблицы

Минимальная температура	Обмотка возбуждения			
	66,25	66,17	59,84	58,20
	Обмотка стабилизирующая			
	50,63	49,67	46,74	46,27
	Обмотка добавочных полюсов			
	62,41	62,00	62,43	61,77
	Обмотка якоря			
	93,56	78,53	91,14	76,63

Резюмируя предшествующие рассуждения, мы приходим к выводу, что при повторно-кратковременном режиме, исходя из минимума температуры нагрева обмоток, наилучшей конструкцией является конструкция №4. Температура обмотки возбуждения достигает 63,96°C, температура стабилизирующей обмотки равна 50,23°C, температура добавочных полюсов и якоря равны 67,08 и 84,20°C соответственно.

Температура обмоток напрямую связана со сроком службы обмоток. Правило Монтзингера говорит, что повышение температуры на 8÷10° уменьшает срок службы изоляции в 2 раза. Срок службы обмоток электродвигателя оценивается по формуле[5].

$$F = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T 2^{\frac{\Theta(t) - \Theta_{ном}}{\Delta \Theta_{ном}}} dt \quad (3)$$

где F – относительный тепловой износ изоляции; $\Theta_{ном}$ – номинальная рабочая температура изоляции; $\Delta \Theta_{ном}$ – характеризует скорость износа изоляции; $\Theta(t)$ – временная зависимость температуры изоляции; T – Длительность работы изоляции.

Параметр $\Delta \Theta_{ном}$ для электрически машин равен 8°C.

Представим в относительных единицах значения теплового износа обмоток электродвигателя в табл. 2. В качестве базового параметра срока службы выберем температуры для конструкции №1. Рассматривать будем только повторно-кратковременный режим работы, так как он является основным, исходные данные температур возьмем из табл. 1.

Таблица 2. Относительный тепловой износ изоляции электродвигателя

Конструкция №1	Конструкция №2	Конструкция №3	Конструкция №4
Обмотка возбуждения			
1,00	1,00	0,57	0,56
Обмотка стабилизирующая			
1,00	0,93	0,68	0,68
Обмотка добавочных полюсов			
1,00	0,99	0,98	0,97
Обмотка якоря			
1,00	0,26	0,84	0,26

Данные, представленные в табл. 1, 2, позволяют утверждать, что при изменении конструкции от №1 до №4 относительный тепловой износ уменьшается. Это связано с уменьшением температуры нагрева обмоток электродвигателя. Для общей наглядности построим гистограмму на рис. 1, в которой отобразим средние значения относительного теплового износа обмоток электродвигателя при разных конструкциях.

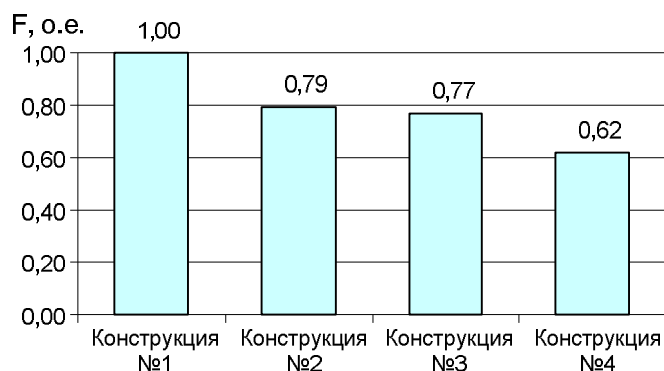


Рис. 1. Средний тепловой износ изоляции обмоток электродвигателя

На рис. 1 наглядно видно, что тепловой износ изоляции значительно снижается уже при конструкции №2 и равен 0,79 о.е. Однако, при конструкции №4 износ уменьшается еще на 0,17 о.е. и становится равным 0,62 о.е.

Резюмируя предшествующие рассуждения, можно сделать вывод, что наименьшая температура обмоток электродвигателя достигается при выполнении станины из электротехнической стали 2412 и добавлением вентиляционных каналов в ярме якоря. Самой нагретой обмоткой в данной конструкции является обмотка якоря, значение температуры которой равна 84,20°C. Средний тепловой износ изоляции обмоток равен 0,62 о.е., то есть срок службы изоляции обмотки увеличивается в 1,61 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тепловые, гидравлические и аэродинамические расчеты в электрических машинах: Учеб. для вузов по спец. «Электромеханика»/Г. А. Сипайлов, Д. И. Санников, В. А. Жадан. – М.: Высш. шк., 1989. -239 с.: ил.
2. Охлаждение промышленных электрических машин/ А. И. Бориссенко, О. Н. Костиков, А. И. Яковлев. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 296 с., ил.
3. Конструкция электрических машин : Учеб. пособие для вузов / А. Е. Алексеев. - М. ; Л. :Госэнергоиздат, 1958. - 426 с.
4. Видеман Е., Келленберг В. Конструкции электрических машин. Сокр. Пер. с нем. Под ред. Б. Н. Красовского. Л., «Энергия», 1972. – 520 с. с ил.
5. Ермолин, Н. П. Надежность электрических машин / Н. П. Ермолин, И. П. Жерихин. – Л. : Энергия, 1976. – 248 с.: ил.

РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОЧАСТОТНОГО КАБЕЛЯ С ЗАДАННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Потеряева Н.Л.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

В настоящее время номенклатура радиочастотных кабелей на российском рынке недостаточна для удовлетворения потребностей наиболее наукоемких отраслей промышленности РФ. Существующая номенклатура часто не удовлетворяет возросшим требованиям. Поэтому наиболее развитые отрасли промышленности такие, как военная и авиационная, вынуждены использовать радиочастотные кабели импортного производства. Таким образом, существует значительная потребность в выпуске новых и модернизации имеющихся отечественных конструкций радиочастотных кабелей.