

ЛИТЕРАТУРА

1. Гизатуллин, Ф.А. Емкостные системы зажигания / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа, 2002. – 249с.
2. Султангалеев Р. Н., Полихач Е. А., Ямалов И. И., Фаррахов Д. Р. Исследование влияния частоты коммутации напряжения генератора на малых оборотах работы системы зажигания // Вестник УГАТУ. – 2012. – Том 16, № 8(53).
3. Ямалов И.И. и др. Исследование искрообразования в микропроцессорной системе зажигания // Электротехнические комплексы и системы: межвузовский научный сборник; Уфимск. гос. авиац. ун - т. – Уфа: УГАТУ. – 2012.
4. Исмагилов Ф.Р., Султангалеев Р. Н., Полихач Е. А., Ямалов И. И., Фаррахов Д. Р. Математическая модель переходных процессов заряда и разряда конденсатора в емкостной системе зажигания для мототехники // Вестник УГАТУ. – 2014. – Том 18, № 1(62).

ФИЗИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ПОСЛЕДСТВИЯ ВИТКОВЫХ ЗАМЫКАНИЙ В ОБМОТКАХ РОТОРА СИНХРОННОЙ МАШИНЫ

Ершов И.С.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Основным источником выработки электрической энергии переменной частоты являются синхронные генераторы (СГ). В настоящее время около 80% установленных СГ на электростанциях находятся в эксплуатации более 20 лет. В связи с таким сроком службы число повреждения в обмотках ротора СГ резко возрастает. Основным таким источником повреждениям является витковые замыкания.

Возникновение виткового замыкания в обмотках ротора вызывают неравномерное распределения механической нагрузки на вал ротора, что в свою очередь становится причиной вибрации всего агрегата и с последующими авариями.

Относительное смещение витков может ухудшить изоляционный слой, которое может привести в свою очередь к витковому замыканию. Металлическая грязь также может привести к витковым замыканиям, образуя проводящие мостики между витками.

Изменение формы обмотки относится к явлению, где длина медного витка увеличивается в пазу ротора вследствие нестабильности работы генератора. Медь в пазах ротора расширяется в результате нагрева во время работы генератора.

В результате постоянных температурных изменений внутри обмотки происходит трение между витками за счет изменение длины витка. Если прочность на сжатие обмотки ротора превышена, то медь в пазе может деформироваться. Удлинение стяжки является результатом чрезмерного трения между витками и бандажным кольцом изоляции. Когда ротор разгоняется до нормальной рабочей скорости и температуры, диаметр крепежных колец увеличится [1].

Проблема с системой охлаждения роторов СГ является засорение вентиляционных каналов. В роторах СГ, медь находится в непосредственном контакте с воздухом или охлаждающим водородом. Обычно пазы ротора имеют вентиляционные каналы для свободного прохождения охлаждающего водорода или воздуха. Смещение витков в обмотке ротора приводит к предотвращению нормального течения охлаждающего газа, что нарушает тепловой баланс СГ, как показано на рис. 1.

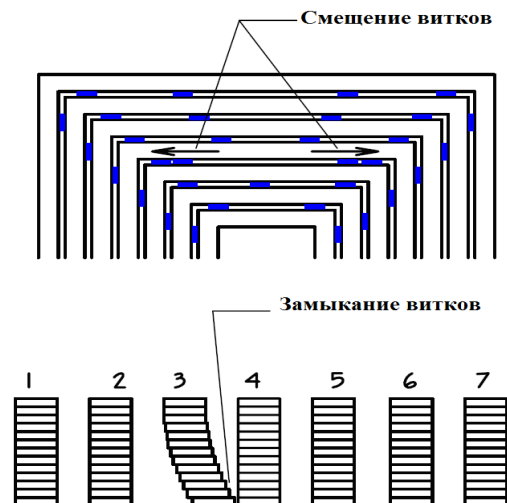


Рис. 1. Замыкание витков из-за смещения

Еще одной причиной возникновения виткового замыкания является появление влаги внутри обмотки ротора СГ. На рис. 2 показана упрощенная схема вентиляции СГ. При такой схеме охлаждении между витками возможно скопление грязи и влаги.

Загрязняющие вещества натапливаются на внутреннюю поверхность изоляции за счет центробежных сил. Влага, содержащаяся в охлаждающем газе, будет поглощать загрязняющие вещества, которые в свою очередь могут создать проводящий мостик между витками.

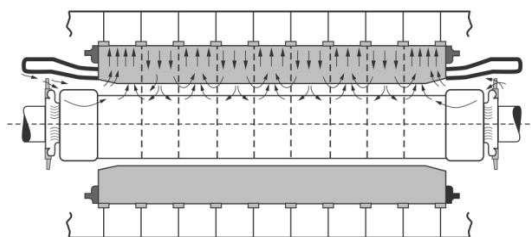


Рис. 2. Схема вентиляции

На рис. 3 показан эффект загрязнения обмотки. Данная обмотка имела витковое замыкание и является внутренним слоем изоляции от генератора с воздушным охлаждением. Аналогичные условия наблюдается в генераторах с водородным охлаждением. Светлоокрашенные районы – контуры торцевых обмоток и блоков, а темные области – загрязнения, центрифуга действовала на поверхность стопорного кольцо изоляции [2].

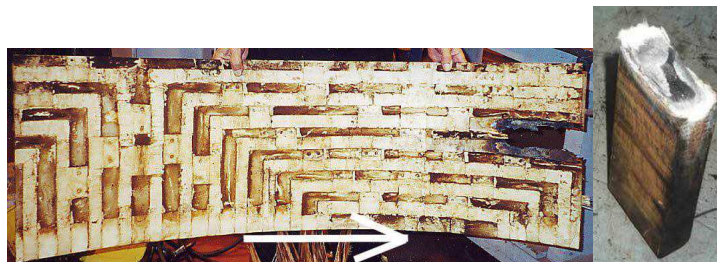


Рис. 3. Загрязненная часть обмотки

Последствия витковых замыканий могут быть различными:

Вибрация. В двухполюсных роторах вибрация происходит из-за неравномерного нагрева поковки ротора. Витковые замыкания могут вызвать неравномерное распределение всех витков между полюсами, количество тепла между полюсами становится также неравномерным. Такое неравномерное нагревание искривляет ось ротора и тем самым становится причиной вибрации. Если ротор испытывает вибрацию, то причиной ее возникновения и становится неравномерное распределение работающих витков в обмотках. Вибрация в четырехполюсном роторе обусловлена в первую очередь магнитным дисбалансом. В отличие от двухполюсных роторов, где весь магнитный поток в поковке ротора остается симметричным, четыре полюса не будут поддерживать симметрию при наличии короткозамкнутых витков. Небольшое содержание короткозамкнутых витков приведет к индуцированной вибрации [3].

Ограниченная работа генератора. Системы возбуждения генератора имеют определенную избыточную мощность. Тем не менее, обмотки роторов с многочисленными короткозамкнутыми витками, требуют снижения нагрузки порядка одного МВт (или МВар) в год. В случаях, когда требуется снижение нагрузки, при наличии короткозамкнутых витков порядка 5-10% и более, то такие СГ нуждаются к перемотке ротора при первой же возможности.

Увеличение тока возбуждения. Выработка электроэнергии генератора находится в прямой зависимости от количества витков в обмотках ротора. Любое сокращение количества витков в обмотке потребует соответствующего увеличения тока возбуждения в целях поддержания уровня напряжения на статоре. От этого увеличения тока возбуждения зависит и стоимость для производителя электроэнергии. Кроме того, увеличение тока возбуждения увеличит и температуру изоляции в обмотках ротора. Увеличение температуры в роторе ускорит процесс разрушения системы изоляции и увеличивает эффект деформации обмоток [4].

Повреждение бандажного кольца. Самое серьезное состояние, вызванное витковым замыканием это повреждения бандажного кольца. В этом случае верхний виток одной обмотки входит в контакт с верхним витком смежной обмотки. При этом дуга будет гореть через бандажное кольцо и вызывать дефект в самом бандажном кольце. Конструктивный дефект бандажного кольца является очень серьезным повреждением, требующего немедленного отключения в связи с опасностью для персонала станции. Рис. 4 представляет собой фотографию виткового замыкания между витками 6 и 7 [5].

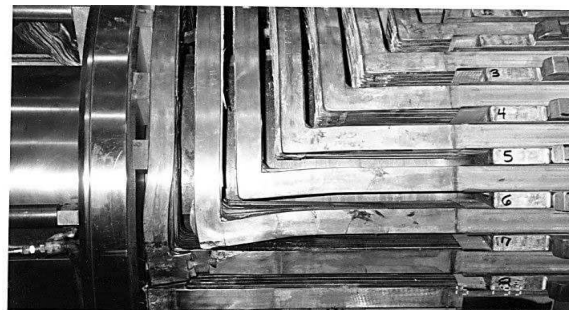


Рис. 4. Деформация витков в обмотке

Выводы:

При длительной работе синхронного генератора возникает такое явление, как витковое замыкание, обусловленное рядом причин, таких как постоянные температурные изменения, загрязнение обмотки, появление влаги.

Вследствие потенциальной опасности возникновения виткового замыкания как для самой электрической машины, так и для обслуживающего персонала, разработка системы диагностики для такого рода повреждения крайне необходима.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 27905.1-88. Системы электрической изоляции электрооборудования. Оценка и классификация.
2. Самородов Ю.Н. Турбогенераторы: Аварии и инциденты. Техническое пособие. – М.: ЭЛЕКС-КМ, 2008. – 488с.
3. Полищук В.И. Развитие теории построения защит ротора синхронного генератора от витковых замыканий: дис. ... канд. техн. наук. – Омск, 2007. – 149 с.
4. Хазан С.И. Турбогенераторы: Повреждения и ремонт / под ред. Устинова П.И. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1983, – 520 с.
5. Глебов И.А., Данилевич Я.Б. Диагностика турбогенераторов. – Л.: Наука, 1989. – 119 с.

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ РЕМОНТЕ И ПОСЛЕ

Черватюк А. В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

На сегодняшний день примерно около 70% эксплуатируемого парка электродвигателей составляют машины, которые были капитально отремонтированы, хотя б, один раз. К капитальному ремонту асинхронных электродвигателей предъявляются серьезные технические требования, направленные к тому, чтобы по надежности в эксплуатации и техническим характеристикам отремонтированные машины не уступали бы новым машинам, выпускаемым промышленностью.

Для обеспечения необходимого качества все ремонтируемые двигатели проходят ряд испытаний, которые могут быть разделены на три группы:

- предремонтные испытания – позволяет определить какие узлы электрической машины являются дефектными и подлежат ремонту или замене, также предремонтные испытания позволяют определить исправные двигатели, попавшие в ремонт по ошибке.
- промежуточные (операционные) испытания – необходимы, чтобы в процессе ремонта на различных его стадиях выявить допущенные при ремонте неисправности, примененные дефектные материалы, узлы, детали или запасные части и своевременно выполнить их устранить.
- сдаточные испытания – сдаточным испытаниям подвергаются все машины, отремонтированные без изменения параметров установленных заводом-изготовителем и машины, подвергшиеся каким-либо изменениям.

В объем промежуточных испытаний при ремонте входит испытание электрической прочности изоляции запасных и вновь изготовленных обмоток до укладки (проверяется как витковая, так и общая изоляция), и после укладки «пазы (до соединения и пайки) и после пайки и изолировки соединений; испытывается также электрическая прочность изоляции кронштейнов, бандажных колец, лобовых частей обмотки, стяжных и крепежных болтов (у крупных машин), контактных колец (у электродвигателей с фазовым ротором). После пайки схемы производится обычно