

# ИМПУЛЬСНЫЙ ТЕСТЕР ОБМОТОК АКТАКОМ АМ-3083

## АКТАКОМ АМ-3083 PULSE COIL TESTER

В современной промышленной и технологической сфере применяется большое количество электрических машин, в конструкции которых присутствуют намоточные элементы — электродвигатели, электромагниты, трансформаторы и прочие компоненты, содержащие обмотки в том или ином виде.

Долговечность и надёжность эксплуатации таких электрических машин в немалой степени зависит от качества изготовления и выбора конструкции и материалов, в том числе изоляции на-



нию качества изоляции проводников и межслойной изоляции. Определение работоспособности катушек и обмоток производится проверкой на обрыв проводников, измерением сопротивления изоляции, межвитковых замыканий и некоторых других параметров.

Для контроля качества и диагностики катушек применяются различные приборы, конструктив и функциональное наполнение которых зависит

параметров изоляции проводников эксплуатируемого оборудования успешно применяются компактные носимые приборы с батарейным питанием типа тестеров сопротивления изоляции АКТАКОМ АМ-2125 или АМ-2002 и АМ-2004, а для тестирования оборудования в лабораторных условиях или на производстве применяются различные стационарные приборы, например высоковольтные тестеры изоляции АМ-2092 или АММ-2093 (рис. 1).



Рис. 1. Некоторые измерители сопротивления изоляции АКТАКОМ

моточных проводников, разделительных изоляционных слоев и узлов. Контроль обмоток необходим как в процессе производства новых изделий, так и при диагностике действующего оборудования, т.к. старение изоляционных материалов, физические нагрузки от вибрации, вращения и действия полей приводят к деформации катушек и возможному повреждению и ухудше-

от сферы их применения. В частности, все множество приборов можно условно разделить на два типа — для диагностики состояния обмоток электрических машин в процессе эксплуатации (при ремонте или плановом обслуживании) и контроле качества намоточных узлов при изготовлении изделий на производстве.

В ряде случаев для диагностики па-



Рис. 2. Импульсный тестер обмоток АМ-3083

Отдельно стоит вопрос контроля качества катушек в процессе производства продукта, т.к. изготовление намоточного узла находится в самом начале технологической цепочки изготовления электрической машины, и выявление бракованного узла на ранней стадии сборки приводит к снижению брака и сокращению затрат на восстановление работоспособности готового продукта.

Оптимально, контролировать качество намоточного изделия необходимо на каждом этапе изготовления. Повреждение целостности изоляции возможно при намотке катушки, при укладке ее в пазы магнитопровода, при монтаже контактных элементов. Также, при сборке, возможно смещение изолирующих слоев и обмоток, что тоже приводит к нарушению изоляции и появлению межвитковых замыканий. Поэтому, как правило, при изготовлении электрических машин технологическим процессом предусматривается три основных стадии контроля — после намотки катушки, после монтажа ее в пазы магнитопровода и после окончательной сборки. В некоторых случаях возникают дополнительные технологические операции, после которых также необходима проверка качества изоляции (например, пропитка обмотки или парафинирование).

### ИЗМЕРЕНИЯ

Для использования в условиях та-кого производства разработан импульсный тестер обмоток АКТАКОМ

### ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИМПУЛЬСНОГО ТЕСТЕРА АКТАКОМ АМ-3083

Параметр	Значение
Выходное импульсное напряжение	300 В...3000 В
Разрешение	50 В
Тестовый импульс энергии	90 мДж
Индуктивность	от 10 мкГн
Входное сопротивление	10 МОм
Скорость измерения	3,3 измер/с...5,5 измер/с
Измерение формы сигнала	напряжение, время, частота
Запуск	внутренний, ручной, внешний, шина
Интерфейсы	RS-232, Handler, GPIB (опционально)
Дисплей	LCD, 320×240 точек
Область отображения формы сигнала	200×200 точек
Потребляемая мощность	40 ВА
Размеры	350×135×400 мм
Масса	7,2 кг

AM-3083 (рис. 2) функциональные возможности которого шире, чем просто у измерителя параметров изоляции.

По принципу действия тестер можно отнести к классу графических анализаторов, прибор сравнивает эталонную форму отклика на импульсный сигнал исправной обмотки, сохраненной в энергонезависимой памяти с текущей формой, полученной от тестируемого устройства. Совпадение откликов, выраженное в процентах показывает качество катушки. Помимо оценки качества изоляции прибор также позволяет оценивать уровень потерь, возникающих в катушке.

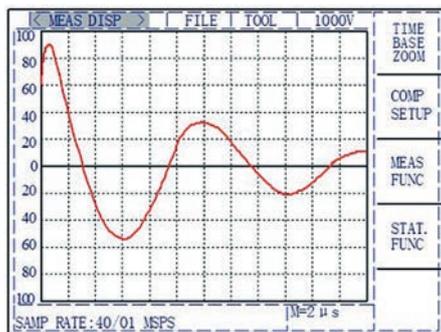


Рис. 3. Вид графика затухающего колебания на экране прибора AM-3083

Физически, при подключении тестируемой катушки к выводам прибора образуется LC-колебательный контур, где С — накопительный конденсатор в приборе. При нажатии кнопки START, цепь замыкается, конденсатор разряжается и в контуре возникают затухающие колебания, зная параметры конденсатора и параметры импульса напряжения можно определить параметры катушки (рис. 3).

Результат тестирования катушки отображается на экране в виде кривых, характеризующих временное развитие процесса и числовых значений результатов, на передней панели включается соответствующий индикатор, и, при соответствующей настройке, на контакты разъема HANDLER на задней панели прибора выводится сигнал «Годеи — Не годеи».

Такой метод тестирования изделий влечет за собой два важных фактора — высокая удельная скорость измерения и возможность привлечения неквалифицированного персонала, в задачу которого входит только действия по подсоединению образца к прибору и перемещению его после испытания в соответствующие контейнеры по факту «Годеи — Не годеи».

Немного подробнее об импульсном тестере обмоток АКТАКОМ AM-3083.

Прибор выполнен в характерном для лабораторных приборов настольном форм-факторе с дисплеем и органами управления на передней панели прибора. Дисплей монохромный, с

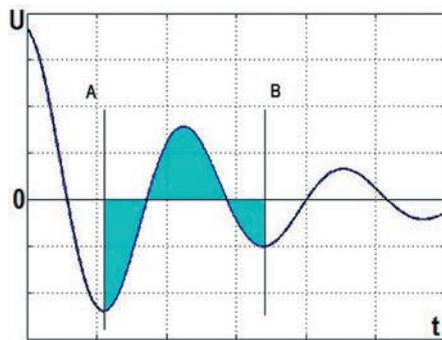


Рис. 4. График к методу вычисления площади под кривой

широкой регулировкой контрастности, позволяет подобрать оптимальное отображение при любом угле обзора.

Разъем для подключения щупа и подачи высокого напряжения на образец с целью безопасного использования расположен на задней панели прибора.

Тестирование намоточных изделий прибором AM-3082 производится несколькими методами: вычисляется площадь под кривой (AREA SIZE), разница площадей (DIFFERENTIAL AREA), коронный разряд (CORONA

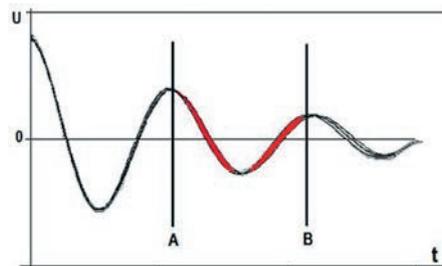


Рис. 5. График к методу различия площадей. Видно смещение тестовой кривой относительно эталонной в интервале АВ

DISCHARGE) и разница периодов (DIFFERENTIAL PHASE).

Когда установлен метод сравнения AREA SIZE, площадь области под графиком, как эталонной формы сигнала, так и тестируемой формы сигнала рассчитывается для интервала (между А и В) и пропорциональна потерям энергии в катушке, вызванных короткими замыканиями. Если тестируемая обмотка имеет короткое замыкание между слоями, потери энергии возрастают. На экране прибора также отображается процентное отклонение — разница раз-

меров площади между А и В под кривой тестируемой обмотки и площади эталонной характеристики, в процентах от эталонной (рис. 4).

Когда выбран метод различия площадью DIFFERENTIAL AREA, рассчитывается размер области дифференциальной части между эталонной и тестовой кривыми на промежутке от А до В. Размер части отличия площадей отражает значение индуктивности и потерь полной энергии. Такой метод особенно актуален, когда индуктивность между эталонной обмоткой и тестируемой различна и является основной причиной проблем (рис. 5).

В режиме тестирования CORONA DISCHARGE прибор обнаруживает высокочастотную энергию коронного разряда. Коронный разряд появляется при межрядовом пробое обмоток трансформатора и ведет к снижению индуктивного сопротивления катушек, повышению плотности тока в обмотке и росту угла диэлектрических потерь и, как следствие, к дополнительному разогреву диэлектрика (например, трансформаторного масла). Схематично, примерный вид графической характеристики при коронном разряде представлен на рис. 6.

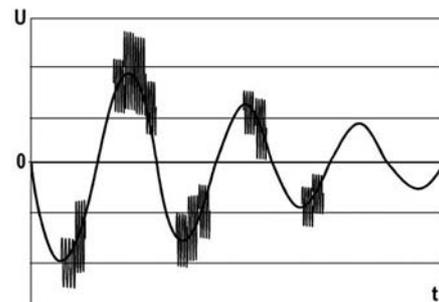


Рис. 6. График колебаний при коронном разряде. Видны высокочастотные колебания в момент коронного разряда

Перед проведением тестирования устанавливается предельное значение, результат сравнения выражается сообщением на экране «PASS» и «FAIL». Оценочное и предельное значения энергии коронного разряда выражаются в абсолютных единицах.

Метод сравнения фаз DIFFERENTIAL PHASE интересен при оценке потерь энергии на нагрев из-за активного со-

Для контроля состояния обмоток применяются различные методы испытаний. Так, например, испытания на сопротивление изоляции, испытание высоким напряжением и испытание на определение индекса поляризации проводятся в целях выявления пробоя корпусной изоляции на «землю», а для выявления проблем с нарушением изоляции между витками или слоями более подходит испытание высоковольтным импульсом. Высоковольтный импульс малой длительности с высоким временем нарастания пропускается через обмотку, в результате чего происходит распределение падения напряжения по всей обмотке. В местах, где изоляция не соответствует норме, а напряжение достаточно высокое, происходит пробой и искрение, которое вызывает изменение кривой формы импульса разряда по сравнению с эталонной.

противления проводов катушки, индуктивных (электромагнитное излучение) и потери в диэлектриках. При этом измеряются и оцениваются периоды эталонного и тестируемого колебаний (рис. 7) на пересечениях с линией «0» (обычно от 2 до 10). Принимая обозначенные на рисунке точки, формула для вычисления будет выглядеть как:

$$\Delta\% = T_{AB}/T_{CD} \times 100\%,$$

где  $T_{AB}$  — разность фаз эталонной и тестовой характеристик,  $T_{CD}$  — период эталонного сигнала.

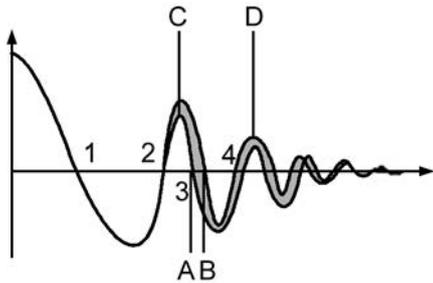


Рис. 7. График колебаний к методу сравнения фаз

Если полученный результат  $\Delta\%$  меньше предельного установленного значения, то на экране появится сообщение PASS (Годен), если результат больше установленного значения, то сообщение будет FAIL (Не годен). При этом, если тестовая характеристика на пересекается с «0» линией или у эталонной характеристики не будет определен период, то появятся отдельные сообщения, позволяющие идентифицировать отказ (FAIL1 или FAIL2).

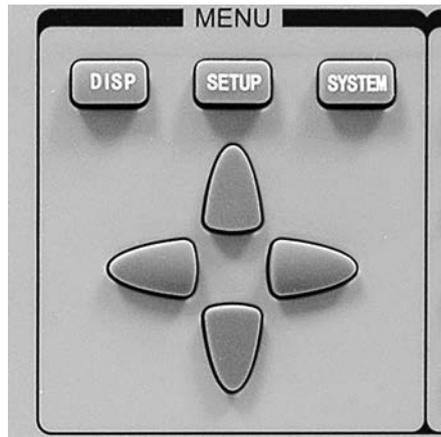


Рис. 8. Функциональные кнопки на передней панели прибора

В режиме работы с отключенным компаратором (COMPARATOR: ON на рис. 9 перевести в положение OFF) прибор работает как обычный импульсный тестер, при этом на экран выводится форма кривой колебаний.

### ИНТЕРФЕЙС

Клавишами DISP, SETUP или SYSTEM (рис. 8) выбираем нужное действие, при этом на экране появляется соответствующая страница меню.

Режим измерений включается нажатием клавиши DISP. При этом на экране отображается координатная плоскость (рис. 11 и 12), на которую выводится график колебаний эталонной и тестовой обмоток, и меню измерений. В боковом меню указаны экранные кнопки — TIME BASE ZOOM — изменение

временного интервала для лучшего (детального) отображения графика, COMP SETUP — установки компаратора, MEAS FUNC — выбор функции измерений и STAT. FUNC — настройка сервиса статистики.

В нижней части экрана отображается установленная частота выборки. Различная частота используется для различных типов обмоток с целью достижения лучшего отображения. Можно установить 8 значений частот выборки от 40/01 до 40/128 Мвыб/с.

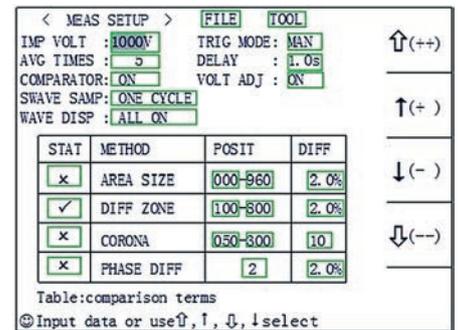


Рис. 9. Меню установок параметров испытания MEAS SETUP. Зелеными рамками обозначены поля для ввода параметров



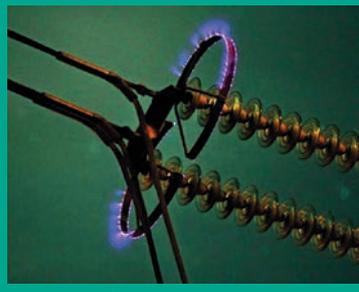
Рис. 10. Вид служебного сообщения (функция VOLT ADJ, тестовое напряжение слишком велико, необходимо уменьшить)

Для предварительной установки параметров нажатием клавиши SETUP на экране открывается страница MEAS SETUP с меню установки параметров измерений (рис. 9). Здесь можно установить амплитуду импульса, количество импульсов в тесте (от 1 до 30), тип запуска, задержку или вид вывода графического результата. Интересна функция автоматического регулирования тестового напряжения VOLT ADJ — реальное тестовое напряжение в зависимости от своей нагрузки может отличаться от установленного, а при активной функции VOLT ADJ прибор будет автоматически поддерживать установленное тестовое напряжение импульса, а если это станет невозможным, на экране отобразится предупреждающее сообщение (рис. 10).

На этой же странице устанавливается метод исследования, устанавливаются интервал (POSIT) для измерения эталонного и тестового графиков, а также значение максимально возможного отклонения.

Коронный разряд — один из видов электрического разряда в газе, возникающий в резко неоднородном электрическом поле у электрода с малым радиусом закругления (острия, тонкие провода). В воздухе обычно сопровождается свечением и потрескиванием.

Коронный разряд, или просто корона, возникает в результате процессов ионизации атомов и молекул газа в области высокой напряженности электрического поля у малого электрода и ограничен этой областью. Ионизация приводит к появлению заряженных частиц газа: свободных электронов и положительных ионов, а в электроотрицательных газах, к которым относится и воздух, — к появлению отрицательных ионов. При движении электронов в электрическом поле они приобретают энергию, достаточную для последующей ионизации атомов и молекул, идет резкое нарастание числа заряженных частиц, что приводит к появлению т.н. «лавин электронов» — экспоненциально нарастающего процесса размножения электронов в результате ионизации атомов и молекул газа, и возникновению коронного разряда. В зависимости от полярности электрода и величины воздействующего напряжения корона может иметь лавинную или стримерную (тонкие светящиеся, часто разветвленные плазменные каналы, образующиеся в газе, находящемся в сильном электрическом поле при давлениях, близких к атмосферному) форму. При отрицательной полярности электрода и не слишком больших напряжениях обычно возникает лавинный коронный разряд, характеризующийся равномерным свечением газа (например, воздуха) у кончика электрода. При положительной полярности малого электрода за пределами узкой зоны ионизации ток переносится к другому электроду или к земле потоком положительных ионов. Стримерный коронный разряд возникает чаще всего у положительного электрода при повышенной напряженности электрического поля и состоит из ионизованных ветвящихся каналов, отходящих от электрода (стримеров). Внешне он напоминает светящуюся корону, что и дало название этой форме электрического разряда.



После выставления параметров на странице отображения графиков колебаний DISP все готово для проведения испытаний. Для этого сначала снимаются и сохраняются в памяти прибора колебания эталонного образца (рис. 3) после чего подключается и исследуется тестируемое изделие. На экране отображаются графики колебаний эталонного и тестируемого изделия, выводится сообщение о результате теста — годен или не годен тестируемый образец в виде сообщений PASS или FAIL (рис. 11 и 12).

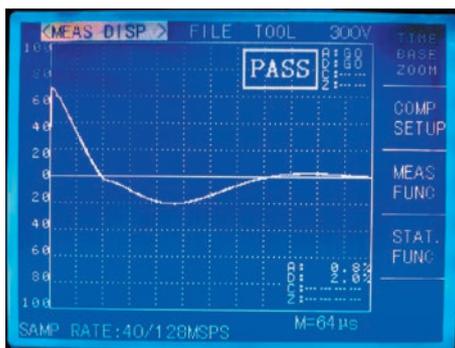


Рис. 11. Графики эталонного и тестового колебаний практически слились, отклонение 0,8 и 2,0 процентов, образец «годен» (PASS)

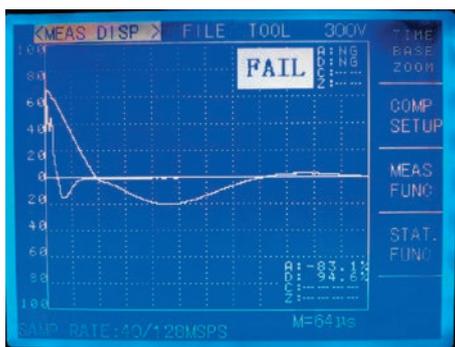


Рис. 12. Графики сильно отличаются, отклонение -83,1 и 94,6 процента, естественно, образец не годен (FAIL)

Отметим, что помимо сообщений «годен — не годен» на странице DISP также отображается информация о включенных методах тестирования (в правом верхнем углу, в нашем случае на странице MEAS SETUP включены первых два теста AREA SIZE и DIFF ZONE, о чем говорит врезка в поле графика в верхнем углу, на рис. 11 оба теста прошли успешно «GO», а на рис. 12 оба теста превысили допусти-



Рис. 13. Индикаторы PASS и FAIL на передней панели прибора

мые значения отклонения, надпись «NG» (Negative)). В нижней врезке на экране отображаются полученные в результате теста величины отклонений, сразу видно, что в изделии, которое успешно прошло тест, реальное измеренное отклонение не превысило 2% (0,8 и 2), а в бракованном изделии проведенные тесты показали отклонение от номинального значения на -83,1 и 94,6 процентов! Одновременно с отображением графиков на передней панели прибора включается соответствующий индикатор PASS или FAIL (рис. 13).

Клавиша SYSTEM (рис. 8) открывает страницу системных настроек, обычный набор установок — контрастность дисплея, звук нажатия кнопок, паролирование изменения настроек, установка параметров интерфейса при подключении к компьютеру. Также в этом меню включается и выбирается вид и громкость звукового сигнала для событий «PASS» и «FAIL».

Отметим несколько интересных сервисных функций прибора, о которых говорили выше. На странице отображения графиков колебаний DISP в боковом меню есть несколько экранных кнопок — COMP SETUP, MEAS FUNC и STAT FUNC. Кнопка COMP SETUP открывает меню установки компаратора, можно также выбрать метод исследования (AREA SIZE, DIFFERENTIAL AREA, CORONA DISCHARGE и DIFFERENTIAL PHASE), установить границы тестируемого диапазона. Функция компаратора включается или выключается в меню SETUP, если функция компаратора выключена, то прибор позволяет измерять параметры изделия, не проводя сравнительного анализа.

ITEM	TOTAL	PASSED	RATIO
ALL	100	80	80.00%
AREA	100	99	99.00%
DIFF	100	85	85.00%
CORONA	100	83	83.00%
PHASE	0	0	**.**%

STAT. Func : OFF  
Current File's No. : 0  
O Use softkey to select

Рис. 14. Таблица статистических данных

Кнопка MEAS FUNC позволяет выбрать физическую величину, которую можно измерить дополнительно к построению графика колебаний — напряжение, время или частоту и установить границы диапазона измерения. Кнопкой STAT FUNC на экран выводится таблица с (рис. 14), в которой отображаются результаты проведенных тестов по всем образцам. Помимо сбора статистики, результаты каждого теста или группы тестов могут быть сохранены в виде отдельных

записей (рис. 15) в памяти прибора и, впоследствии, загружены из памяти. Встроенная память прибора использует 60 ячеек, или, опционально, можно сохранить до 500 записей на внешнем USB-носителе.



Рис. 15. Меню сохранения файла — ввод названия

Остается добавить, что импульсный тестер обмоток АКТАКОМ AM-3083 достаточно уникальный прибор, который имеет не так много аналогов на рынке. Использование метода сравнения тестового образца с характеристиками эталонного прибора значительно сокращает время на проведение испытания образца в серийном производстве, а интерфейс прибора, позволяющий определить годность изделия без каких-либо дополнительных операций или измерений, в отличие от использования осциллографов и других измерителей параметров, снижает требования к квалификации персонала. В тоже время, прибор может использоваться в лаборатории как обычный импульсный тестер, проводя измерения как в режиме компаратора, так и в режиме ручных измерений. ☑

*АКТАКОМ AM-3083 pulse coil tester has much wider functionality comparing to an ordinary insulation parameter meter. By the operation principle this universal tester can be attributed to the class of graphical analyzers, the device compares the reference form of the response to the pulse signal of the coil stored in non-volatile memory with the current form received from the device under test. Response conformity in percentage demonstrates the coil quality. In addition to the insulation quality assessment AM-3083 model also allows estimating the level of losses occurring in the coil.*