

ставляет 0,36 МПа, что удовлетворяет требованиям, предъявляемым к упаковке ИМН, подлежащим финишной стерилизации, установленным производителем материалов и оборудования.

В ходе *аттестации в эксплуатации* показано, что при условиях, определённых в ходе аттестации функционирования, процесс упаковки будет приводить к стабильному выпуску соответствующей техническим требованиям блистерной упаковки ИМН, оценены статистические показатели стабильности процесса упаковки ИМН в блистеры.

В ходе валидации процесса упаковки было доказано, что разработанный процесс упаковки ИМН в блистеры является сходимым и воспроизводимым ( $C_p > 1,33$ ;  $C_{стаб} > 0,9$ ).

По окончании выполнения работ составлен заключительный отчёт по валидации процесса упаковки ИМН в блистеры.

Заключительный отчет предназначен для ведущих менеджеров фирмы, инспекций и аудиторов как сводный информационный материал.

Отчет включает в себя следующие разделы:

- описание системы и главные спецификации;
- обзор всей документации по валидации процесса упаковки;

УДК 681.2

## ОБЗОРНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИК ИСПЫТАНИЙ ТРАНСФОРМАТОРОВ

**Новиков А.А., Воробей И.А.**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

Трансформаторы относятся к числу наиболее распространенных электротехнических элементов приборов. К ним предъявляются различные требования, изложенные в технических условиях на каждый из типоразмеров. По назначению трансформаторы делятся на силовые, предназначенные для питания различных электрических устройств; промежуточные, предназначенные для согласования электрических цепей; выходные, предназначенные для преобразования уровня выходного напряжения усилителей мощности.

Основными требованиями к трансформаторам являются следующие: коэффициент трансформации (обычно задается значением выходного напряжения при номинальном входном), ток холостого хода (измеряется в первичной обмотке при отсутствии нагрузки на вторичных), рабочие токи в обмотках под нагрузкой, сопротивление изоляции.

Методики испытаний трансформаторов предусматривают измерение перечисленных

- краткое описание процедуры валидации процесса упаковки;
- основные заключения по проведенной валидации процесса упаковки;
- совокупность рекомендаций.

Таким образом, в рамках проведенной научной работы были проанализированы требования НД и ТНПА, а также других документов к процессу упаковки ИМН; составлена классификация видов упаковки ИМН по различным классификационным признакам; спланирован порядок действий по валидации процесса упаковки ИМН, подлежащих финишной стерилизации; проведена валидация процесса упаковки ИМН в блистеры; проведены испытания прочности сварного шва блистерной упаковки на разрыв, осуществлён расчёт расширенной неопределённости при испытаниях прочности на разрыв сварочного шва блистерной упаковки, доказана сходимость и воспроизводимость процесса упаковки ИМН в блистеры, составлен заключительный отчёт.

1. Попов А.Ю. Использование блистерной упаковки в медицинском производстве // Чистые помещения и технологические среды. –2004. –№ 7. –С.7–8.
2. Guideline on General Principles of Process Validation (Указания по общим принципам валидации процесса) // FDA. –1998.

параметров при различных режимах работы и после воздействия различных внешних факторов. В связи с этим различают испытания в нормальных условиях, испытания на теплостойкость, климатические испытания и др.

Область применения приборов, в которой на них действуют вибрации, и ударные нагрузки неизбежно растёт. В связи с этим является актуальным вопрос контроля сохранности параметров трансформаторов после воздействия данных видов нагрузок т.к. это будет влиять на точность, срок службы и надежность прибора. В данной работе будет рассматриваться методика для испытаний трансформаторов на виброустойчивость.

Комплекс предназначен для проведения испытания трансформаторов на два рода воздействий: вибрации и удары.

Испытание на виброустойчивость.

Испытание проводят с целью проверки способности изделий выполнять свои функции и сохранять свои параметры в пределах значений,

указанных в стандартах и ТУ на изделия и ПИ, в условиях воздействия вибрации в заданных режимах.

В процессе воздействия вибрации и после ее прекращения должны соблюдаться следующие условия:

-ток холостого хода не должен увеличиться более чем на 5 % от значения, измеренного до испытания.

-напряжение вторичной обмотки при холостом ходе должно остаться неизменным

-не должно произойти механических повреждений трансформатора.

Для испытаний предлагается использовать вибростенд ВЭДС-100Б. Вибростенды серии ВЭДС предназначены для проведения испытаний изделий на воздействие однокомпонентной гармонической вибрации, широкополосной случайной вибрации, на ударную вибропрочность и т.п. и могут эксплуатироваться в лабораторных и производственных условиях в различных отраслях промышленности. Управление работой стенда ручное и автоматическое.

Технические параметры:

- Диапазон частот, Гц: от 5 до 5000;
- Амплитуда вибросмещения, мм: ±7,5;
- Максимальное ускорение без нагрузки, g:40;
- Вес испытуемого изделия, кг: до 50.



Рисунок 1 – Внешний вид вибростенда ВЭДС-100Б

Примечание: Рабочим направлением вибратора ВЭД-100А считается его вертикальное положение. При работе вибратора в горизонтальном и олове них его технические характеристики не нормируются. Как рекомендация при горизонтальной работе испытуемое изделие и устанавливаемое виброускорение по массе и величине должны быть в два раза меньше допустимого. Время непрерывной работы не более 4 часов.

Испытание на ударную прочность

Испытание на ударную прочность проводят методом 104-1, ГОСТ 20.57.406 .

Для передвижных и перемещаемых изделий, предназначенных для эксплуатации при перевозках транспортом, не работающих в движении (например, групп исполнения М18, М20, М23—М27, М29, М32—М34, М37, М46, М47), при отсутствии стендов соответствующей грузоподъемности, допускается проводить испытания путем перевозки на автомашинах, причем расстояние, скорость, вид покрытия дороги выбирают в соответствии с методикой испытания изделий в упаковке на прочность при транспортировании по ГОСТ 23216 и согласовывают с заказчиком. Должны быть также указаны способ крепления изделий и степень загрузки автомашины.

Испытание проводят путем воздействия механических ударов многократного действия. Величина пикового ударного ускорения и общее число ударов должны соответствовать указанным в табл. 1.

Таблица 1

Степень жесткости	Пиковое ударное ускорение.	Общее число ударов в стандартах и ТУ	Для предусмотренной на изделия выборке более 3 шт.
1	30(3)	12000	10000
2	70(7)	1200	1000
3	100(10)	12000	10000
4	150(16)	12000	10000
4a	150(15)	1200	1000
5	200(20)	12000	1000
6	400(40)	12000	10000
7	750(75)	6000	4000
8	1000(100)	6000	4000
9	1500(150)	6000	4000

Примечание. Для степени жесткости 2а испытания не проводят, соответствие изделия предъявленным требованиям подтверждают испытаниями на соответствие требованиям по синусоидальной вибрации.

После воздействия 12000 ударов с ускорением 15g по ГОСТ 16962.2-90 метод 104-1:

- ток холостого хода не должен увеличиться более чем на 1.1.14 5 % от значения, измеренного до испытания.

- напряжение вторичной обмотки при холостом ходе должно остаться неизменным

- не должно произойти механических повреждений трансформатора.

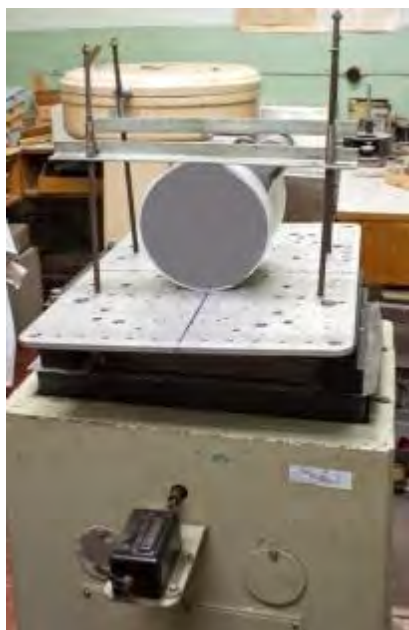


Рисунок 2 – Внешний вид ударного стенда СУ-1

Для испытаний предлагается использовать ударный стенд СУ-1. Он предназначен для испытания изделий и приборов на реагирования толчкам и сотрясениям. Принцип действия стенда

УДК 621.317.63

## МЕТОДИКА ОБНАРУЖЕНИЯ КОРОТКОЗАМКНУТЫХ ВИТКОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИНАХ

Размыслович Г.И., Брановицкий И.И.  
Институт прикладной физики НАН Беларуси  
Минск, Республика Беларусь

Надежность и долговечность электрических машин в значительной степени определяются состоянием обмоток. Среди дефектов, например, асинхронных двигателей со вспяными обмотками чаще встречаются витковые замыкания и замыкания на корпус (до 90% всех отказов). Известно, что стоимость ремонта асинхронной машины с перемоткой обмоток соизмерима со стоимостью новой машины и составляет от 20 до 300 американских долларов за 1 кВт мощности в зависимости от мощности, скорости исполнения и места ремонта.

Причинами витковых замыканий являются перенапряжения в процессе эксплуатации, тонкая изоляция эмальпровода и возможность ее повреждения при намотке катушек и укладке их в статор, подвижность обмоток, совпадение сквозных дефектов провода. Для выявления такого рода дефектов в свое время использовались методики, основанные на: измерении полного сопротивления обмотки (кратко Z-метод), где контролируемым параметром является комплексное сопротивление; импульсном методе получения испытательного напряжения, где дефектная катушка определяется наличием Э.Д.С.

основан на свободном падении стола с испытываемыми изделиями и внезапным замедлением его движения.

Технические параметры:

-Диапазон частот, ударов в минуту: от 10 до 120;

-Максимальное ускорение без нагрузки, g: от 10 до 150;

Вес испытываемого изделия, кг: до 58.

1. ГОСТ 20.57.406 Комплексная система контроля качества. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические. Методы испытаний
2. ГОСТ 23216-78 Изделия электротехнические. Хранение, транспортирование, временная противокоррозионная защита, упаковка. Общие требования и методы испытаний
3. ГОСТ 16962.2-90 Изделия электротехнические. Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам

самоиндукции; векторном методе, где контролируемым параметром является сдвиг фаз между сетевым напряжением и током в измерительной катушке; балансом методе и т.д. Разработанные на основе этих методов приборы не в полной мере отвечают необходимым требованиям по достоверности, производительности и чувствительности средств контроля. Выявление локального ухудшения изоляции между витками – сложнейшая задача дефектоскопии, поскольку сопротивление изоляции шунтируется очень малым сопротивлением витка провода. Поэтому, повышение чувствительности к витковым замыканиям в обмотках электродвигателей является актуальной прикладной задачей и решается по-разному: подбором частоты испытательного импульса, близкого к резонансной частоте испытываемой обмотки [1]; заданием определенного значения тока и частоты в частотно-задающей цепи, что приводит к чувствительности измерительного сигнала, в основном, к дефектам в фазных обмотках и отстройки от влияния технологического разброса их параметров [2]; компенсацией различия емкостных параметров сравниваемых фазных обмоток, используя фазовую подстройку