

Публичное акционерное общество  
«Научно-исследовательский проектно-конструкторский  
и технологический институт электромашиностроения»

«УТВЕРЖДАЮ»  
Управляющий директор  
ПАО «НИИТИЭМ»

О.В. Кругликов  
2015 г.



## СИСТЕМА ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

ВАКИ.520055.090 ТТ

«СОГЛАСОВАНО»

«РАЗРАБОТАНО»

Заместитель начальника Департамента  
технической политики ОАО «РЖД»

Д.Л. Киржнер  
2015 г.

Директор ПАО «НИИТИЭМ»

С.В. Пискунов  
2015 г.

Главный инженер проекта тяги - филиала  
ОАО «РЖД»

О.В. Чикиркин  
2015 г.

Директор ООО «НИИТИЭМ»

А. Козыркина  
2015 г.

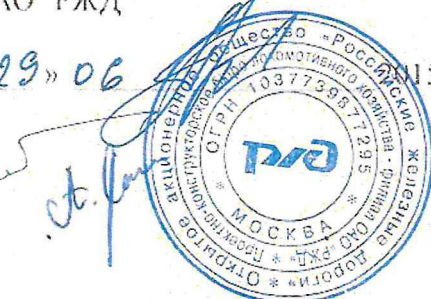
Начальник технического  
аудита ОАО «РЖД»

С.Н. Гансеев  
2015 г.

Директор проектно-конструкторского бюро  
локомотивного хозяйства - филиала  
ОАО «РЖД»

Ю.И. Попов  
2015 г.

«29» 06



## СОДЕРЖАНИЕ

1	Общие положения.....	3
2	Технические требования к ЭИМ и системам изоляции на их основе.....	4
3	Требования к показателям надежности системы изоляции.....	11
4	Требования к утилизации.....	12
	Лист регистрации изменений.....	13

Перв. примен.

Справ.№

Подпись и дата



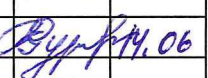
Инв.№ дубл.

Взамен инв.№

Подпись и дата

Инв.№ подл.

**ВАКИ.520055.090 ТТ**

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Дмитриев		14.06.	СИСТЕМА ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ			
Пров.		Мазуров		13.06.			2	13
Н.контр		Суровцева		14.06.				

Настоящие технические требования устанавливают общие требования к системам изоляции электрических машин (тяговых двигателей, генераторов, вспомогательных машин) локомотивов.

Под системой изоляции (СИ) электродвигателей в настоящих технических требованиях понимается сочетание изоляционных материалов и обмоточных проводов, обеспечивающих изоляцию токоведущих частей обмоток от заземленных элементов корпуса электрической машины и между обмотками.

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Система изоляции должна быть монолитной, теплопроводной, влагостойкой, химически стойкой, с минимальными диэлектрическими потерями и выдерживать механические воздействия, в т.ч. связанные с температурными колебаниями (термоудары) и вибрациями.

Учитывая, что воздействие знакопеременного электрического поля на электроизоляционные материалы вызывает дополнительный стресс, а также то, что наличие частотно-регулируемого привода в асинхронных электрических машинах определяет возможность наложения градиентов напряжения в проводниках катушек, приводящую к увеличению межвиткового напряжения относительно выходного напряжения с инвертора в несколько раз, то необходимо, при определении вариантов систем изоляции, учитывать конкретный тип электрической машины.

При этом, для всех типов электрических машин при выборе ЭИМ, участвующих в создании СИ необходимо задавать качественные параметры, определяющие оптимальные свойства создаваемой СИ (таблица 1).

Ив.№ подл.	Подпись и дата
Ив.№ дубл.	Ив.№ дубл.
Взамен ив.№	Взамен ив.№
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ВАКИ.520055.090ТТ</b>	Лист
						3



2. Нагревостойкость ЭИМ и полимера образующих СИ	1). ТГИ — термогравиметрический индекс, определяющий температуру начала термодеструкции полимера пропиточного состава 2). Диэлектрические потери в ЭИМ и полимере при T °C заданного класса нагревостойкости 3). Электрическое сопротивление ЭИМ и полимера при T °C заданного класса нагревостойкости 4). Цементация пропиточного состава	T °C дестр. > T °C заданного класса нагревостойкости ГОСТ 29127-91 $\text{tg}\delta \leq 30\%$ ГОСТ 6433.4-71 $R_{\text{изол}} > 10 \text{ МОм}$ ГОСТ 6433.2-71 При: T=20°C - $\leq 650 \text{ Н}$ T °C зад. кл. нагрев. - $\geq 50 \text{ Н}$
3. Теплопроводность	1). Коэффициент теплопроводности ЭИМ (стеклослодолент, гибких слюдинитов и т.п.)	$\lambda \geq 0,45 \text{ Вт/м} \cdot \text{°K}$ ГОСТ 7076-99
4. Стойкость СИ к механическим воздействиям и окружающей среды	1). Стойкость к термоударам СИ 2). Виброустойчивость и ударопрочность СИ 3). Влагоустойчивость СИ 4). Химическая стойкость СИ	$R_{\text{изол}}$ при : T=-60C - $\geq 100 \text{ МОм}$ T °C зад. кл. Нагрев. - $\geq 10 \text{ МОм}$ $R_{\text{изол}}$ в конце испытаний - $> 100 \text{ МОм}$ ГОСТ 16962-71 $R_{\text{изол}}$ в конце испытаний - $> 10 \text{ МОм}$ ГОСТ 16962-71 $R_{\text{изол}}$ в конце испытаний - $> 10 \text{ МОм}$ В соответствии с ТУ на конкретный тип двигателя
5. Стойкость изоляции обмоточных проводов к воздействию частичных разрядов	1). Интенсивность ЧР при расчётной напряженности электрического поля $E \leq 5 \text{ кВ/мм}$ и температуре °C заданного класса нагревостойкости	$\leq 2000 \text{ пКл}$ МЭК 60270 ГОСТ 20074-83

Выполнение указанных в Таблице 1 требований, гарантировано обеспечивает рабочий ресурс системы изоляции не менее 50000 часов по методике определения заложенной в ГОСТ 10518-88.

2.2. Срок службы системы изоляции при рабочей температуре не ниже +200 - 50000 ч. при вероятности безотказной работы 0,9.

*Определение срока службы производится по ГОСТ 10518 88.*

2.3. Система изоляции в исходном состоянии при температуре плюс  $25 \pm 2 \text{ C}$  и относительной влажности окружающей среды в диапазоне  $45 \div 80\%$  должна иметь электрическое сопротивление между фазами и относительно корпуса не менее 100 МОм.

*Определение производится по ГОСТ 11828-66.*

2.4. Система изоляции после изготовления и выдержки в течение 6 ч при температуре соответствующего класса нагревостойкости для машин постоянного тока с  $U_{\text{раб}} \leq 1 \text{ кВ}$  должна:

Инь.№ подл.	Подпись и дата
Взамен инв.№	Подпись и дата
Инь.№ дубл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

- иметь электрическое сопротивление между фазами и относительно корпуса – не менее 10МОм;
- течение 1 мин выдерживать пробивное напряжение между фазами и относительно корпуса – не менее 3 кВ,
- в течение 5 мин выдерживать пробивное напряжение между витками – не менее 900 В.

*Определение производится по ГОСТ 11828-66 и ГОСТ Р 52776-2007.*

2.5. Система изоляции должна выдерживать нагревание до температуры плюс 240 С° со скоростью нарастания 15 С°/с.

*Определение производится при испытании электродвигателя.*

2.6. Система изоляции должна выдерживать кратковременное (в пределах времени срабатывания встроенной температурной защиты электродвигателя) воздействие предельной температуры плюс 240 С°.

*Определение производится при испытании электродвигателя.*

2.7. Система изоляции должна быть универсальной, то есть обеспечивать возможность применения в электродвигателях различных климатических исполнений и категорий размещения, в том числе, в электродвигателях, предназначенных для условий холодного климата и установки на морских судах Гражданского флота.

2.7.1. Система изоляции должна в течение 6 ч выдерживать испытание на холодоустойчивость при температуре минус 60 -3 С°.

Сопротивление системы изоляции обмоток между фазами и относительно корпуса в конце испытаний и по достижении температуры окружающей среды должно быть не менее 10 МОм.

*Определение холодоустойчивости производится по методу 202-1 ГОСТ 16962-71.*

2.7.2. Система изоляции должна быть стойкой к воздействию смены температур от минус 60 +3 С° до плюс 55 +3 С°. Сопротивление изоляции обмоток между фазами и относительно корпуса в процессе испытаний, в конце испытаний и по достижении температуры окружающей среды должно быть не менее 10 МОм.

Подпись и дата	
Инв.№ дубл.	
Взамен инв.№	
Подпись и дата	
Инв.№ подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Определение стойкости к воздействию смены температур по пп. а, б, в метода 205-4 ГОСТ 16962-71, время выдержки при  $-60\text{ C}^\circ$  и  $+55\text{ C}^\circ$  должно быть не менее 6ч.

2.7.3. Система изоляции должна быть влагоустойчивой.

2.7.3.1. При относительной влажности  $95 + 3\%$  без конденсации влаги.

В конце испытаний между фазами и относительно корпуса:

- сопротивление системы изоляции должно быть не менее 10 МОм,
- система изоляция должна выдержать испытательное напряжение 1 кВ в течение 5 мин.

Определение влагоустойчивости производится по методу 207-2 ГОСТ 16962-71 в камере влажности при температуре плюс  $40 + 2\text{ C}^\circ$  в течение 56 суток (длительный режим) или при температуре  $+55 + 2\text{ C}^\circ$  в течение 21 суток (ускоренный режим).

2.7.3.2. При относительной влажности  $95 + 3\%$  и кратковременно 100 % с конденсацией влаги.

В конце испытаний между фазами и относительно корпуса:

- сопротивление системы изоляции должно быть не менее 10 МОм,
- система изоляция должна выдержать испытательное напряжение 1 кВ в течение 5 мин.

Определение влагоустойчивости производится по методу 207-1 ГОСТ 16962-71 в камере влажности при температуре плюс  $40 + 2\text{ C}^\circ$  в течение 21 суток (длительный режим) или при температуре  $+55 + 2\text{ C}^\circ$  в течение 9 суток (ускоренный режим).

2.7.4. Система изоляции должна быть стойкой к воздействию химически активных реагентов следующих в концентрациях (таблица 3):

Таблица 3

Наименование реагента	Концентрация, г/м <sup>3</sup>
Аммиак	0,51 – 0,85
Сероводород	0,50 – 0,64
Углекислый газ	124 – 206
Сернистый ангидрид	0,30 – 0,50
Сернистый ангидрид и серная кислота (золь )	0,03 – 0,05
Хлористый водород и соляная кислота	0,15 – 0,25
Хлор	0,015 – 0,025
Окислы азота, и перерасчете на ( )	0,075 – 0,125
Смеси:	(0,3 – 0,5) + (0,15 – 0,25) (0,03 – 0,05) + (0,15 – 0,25)

Ив.№ подл.	Подпись и дата
Взамен инв.№	Ив.№ дубл.
Подпись и дата	

Сопrotивление изоляции обмоток между фазами и относительно корпуса в конце испытаний должно быть не менее 10МОм.

*Определение устойчивости к воздействию химически активных реагентов производится по ГОСТ13584-68 в камере при температуре +25 +5 С и относительной влажности 95 +3% в течение 15 суток.*

2.7.5. Система изоляции должна быть устойчивой к развитию грибковой плесени из смеси следующих видов:

1. *aspergillus niger (v.Tiegh)*
2. *aspergillus amstelodami (Mong)*
3. *penicillium cyclopium (Westl)*
4. *penicillium brevicompastium (Dierokx)*
5. *paecilomyces varioti (Bain)*
6. *stachybotrys atra (Codre)*
7. *chactomium globosum (Kunce)*
8. *aspergillus vtricolor (Tierab)*
9. *aspergillus flavus (Zink)*
10. *trichderma lignorum (Harz)*

В конце испытания не должно быть роста плесени, видимой невооруженным глазом (при 56-кратном увеличении может наблюдаться слабый рост мицеллия и единичное спороношение).

*Определение устойчивости к грибообразованию производится по методу 214 – 1 ГОСТ 16962-71в камере грибообразования при температуре +29 +2 С° и относительной влажности 95 +3% в течение 30 суток.*

2.7.6. Система изоляции должна быть устойчивой к воздействию соляного тумана со следующим содержанием коррозионноактивных реагентов:

- |                |                                     |
|----------------|-------------------------------------|
| Сернистый газ  | 4 - 20 мг/м сут. (0,02 - 0,2мг/м³); |
| Хлористые соли | 2 - 2000 мг/м³сут.                  |

Сопrotивление изоляции обмоток между фазами и относительно корпуса в конце испытаний при нормальной температуре окружающей среды должно быть не менее 10 МОм.

*Определение устойчивости к воздействию соляного тумана производится по методу 215-1 ГОСТ 16962- 71 в камере при температуре +27 +2 С в течение 10 суток.*

2.7.7. Система изоляции должна быть устойчивой к воздействию инея с последующим его оттаиванием.

Интв.№ подл.	Подпись и дата
Взамен интв.№	Интв.№ дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ВАКИ.520055.090ТТ</b>	Лист
						8



Изоляция обмоток между фазами и относительно корпуса должна выдерживать в конце испытаний в нормальных климатических условиях напряжение 1 кВ в течение 5 минут.

*Определение устойчивости к воздействию инея производится по методу 206-1 ГОСТ 16962-71 в камере холода при температуре минус 20 С° в течение 2ч.*

2.7.8. Система изоляции должна быть виброустойчивой в трех взаимно перпендикулярных плоскостях в диапазоне частот от 5 до 31,5Гц. Поддиапазоны частот, амплитуды колебаний и время испытаний должны соответствовать указанным в таблице 4.

Таблица 4

Поддиапазоны частот, Гц	Амплитуда, мм	Время, час
5 - 8	1.0	необходимое для
8 - 16	0.5	получения
16 - 31.5	0.25	резонанса

Сопротивление изоляции обмоток между фазами и относительно корпуса должно быть не менее 100 МОм. Система изоляции не должна иметь механических повреждений.

*Определение виброустойчивости производится по методу 102 ГОСТ16962-71. Испытания проводятся при плавном изменении частоты в каждом поддиапазоне в одном направлении. Время прохождения каждого поддиапазона должно быть не менее 2 минут.*

2.7.9. Система изоляции должна быть вибропрочной при работе в реальных температурных режимах и в условиях механической вибрации 3000 ударов в минуту с амплитудой вибрации 0,2-0,5 мм в течение 30 минут.

Изготовление макета должно производиться по схеме:

Взять два отрезка обмоточного провода длиной по 150 мм каждый и сложив их по широкой стороне наложить на них в 1/2 нахлеста два слоя слюдо-ленты с прослойкой промазкой пропиточным составом. Термообработать изготовленный макет при температуре 160°С в течение 2-х часов.

В процессе испытания изоляция макета должна быть подключена к напряжению 1кВ.

Испытание считается положительным при отсутствии пробоя изоляции.

Подпись и дата	
Инв.№ дубл.	
Взамен инв.№	
Подпись и дата	
Инв.№ подл.	

					<b>ВАКИ.520055.090ТТ</b>	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Сопротивление изоляции обмоток между фазами и относительно корпуса после испытаний должно быть не менее 100 Мом, не должно быть механических повреждений.

2.7.10. Система изоляции должна быть ударостойкой после 20 ударов с ускорением 50 м/с и частотой 40 – 80 ударов в минуту.

Сопротивление изоляции между фазами и относительно корпуса должно быть не менее 100 Мом, не должно быть механических повреждений.

*Определение ударной устойчивости производится по методу 105 ГОСТ 16962-71.*

2.7.11. Система изоляции должна быть ударопрочной после воздействия 1000 ударов с ускорением 70 м/сек и частотой 40 ÷ 80 ударов в минуту.

Сопротивление изоляции обмоток между фазами и относительно корпуса после испытаний должно быть не менее 100 Мом, не должно быть механических повреждений.

*Определение ударной прочности производится по методу 104 ГОСТ 16962-71.*

2.8. Изоляционная система относительно корпуса должна выдерживать в течение 1 мин. испытательное синусоидальное напряжение частотой 50Гц, действующее значение которого равно 4500В.

Изоляционная система должна допускать пиковые превышения напряжения до 3000В длительностью 1,5мс с уровнем  $du/dt=2000В/мс$ .

2.9 Доминирующим фактором старения ЭИМ и систем изоляции является температура, поэтому для оценки стойкости электрической изоляции действию температуры соответствующей классу нагревостойкости электрической машины электрической машины по ГОСТ 8865-93, должны проводиться испытания по стойкости к воздействию верхнего значения температуры среды при эксплуатации (таблица 6).

Испытания должны проводиться одним из следующих методов:

- испытание без электрической нагрузки (*определение стойкости к воздействию верхнего значения температуры среды в исходном состоянии – путем определения потери массы (ТГИ), при эксплуатации - по методу 201-1 ГОСТ 30630.2.1-2013*)

- испытание греющихся изделий под электрической нагрузкой (*определение стойкости к воздействию верхнего значения температуры среды при эксплуатации производится по методу 201-1 ГОСТ 30630.2.1-2013*)

Инь.№ подл.	Подпись и дата
Взамен инв.№	Инь.№ дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Таблица 6 – Классы нагревостойкости и соответствующие им температуры

Обозначение класса нагревостойкости	Температура, °С
У	90
А	105
Е	120
В	130
Ф	155
Н	180
200	200
200	220
250	250

2.9. Окончательное решение о соответствии системы изоляции данным техническим требованиям принимается после проведения испытаний ее в конструкции электродвигателя по соответствующим стандартам.

2.10. Отдельные пункты настоящих технических требований в процессе разработки системы изоляции могут изменяться и дополняться по согласованию.

### **ТРЕБОВАНИЯ К ПОКАЗАТЕЛЯМ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ИЗОЛЯЦИИ**

3.1 Требования по надежности СИ определяются надежностью конкретного типа электрической машины. Требования по надежности должны быть установлены в технических заданиях, общих технических требованиях, стандартах технических условий и в технических условиях на конкретные группы или типы (серии, марки, модели) электрических машин. А также могут быть указаны в программах и методиках испытаний, картах технического уровня и качества, заявках на разработку изделий. В ремонтной и эксплуатационной документации.

3.2 Для обеспечения необходимого уровня надежности в зависимости от назначения и условий применения к электрическим машинам предъявляют количественные и качественные требования, соответствующие ГОСТ 27.003-90.

Показатели надежности должны быть установлены в соответствии с ГОСТ 20.39.312-85 для групп электрических машин, объединенных общностью

Инь.№ подл.	Подпись и дата
Взамен инв.№	Инь.№ дубл.
Подпись и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ВАКИ.520055.090ТТ</b>	Лист
						11

конструкции, функционального назначения и условий применения. Методы контроля показателей надежности определяются в соответствии с ГОСТ 27.410-87.

3.3 В зависимости от способа получения исходных данных методы контроля показателей надежности подразделяют на расчетные, экспериментальные и расчетно-экспериментальные. Расчетные методы основаны на вычислении показателей надежности изделия по справочным данным о надежности его составных частей с учетом функциональной структуры изделия, по данным о надежности аналогов, по результатам экспертной оценки надежности, механизме отказа и по другой информации, имеющейся к моменту расчета надежности. Экспериментальные методы основаны на использовании статистических данных получаемых при испытаниях изделий на надежность, или данных опытной или подконтрольной эксплуатации. Расчетно-экспериментальные методы основаны на вычислении показателей надежности по исходным данным, определяемым экспериментальными методами.

#### 4 ТРЕБОВАНИЯ К УТИЛИЗАЦИИ

Системы изоляции электродвигателей, выработавшие свой ресурс, не представляют опасности для окружающей среды и здоровья человека и подлежат утилизации. ЭИМ из органических соединений (лак, пластмассовые детали, резина и др.) утилизируются с соблюдением экологических норм.

При утилизации необходимо действовать в соответствии с законодательством Российской Федерации. Правильная утилизация отслужившей системы изоляции электрических машин поможет предотвратить возможное вредное воздействие на окружающую среду и здоровье человека. Система изоляции не содержит и в процессе хранения не выделяет в окружающую среду отравляющие вещества тяжелые металлы и их соединения.

Ив.№ подл.	Подпись и дата				Лист 12
	Ив.№ дубл.				
	Взамен ив.№				
	Подпись и дата				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист 12

БАКИ.520055.090ТТ

