

## СТЕНД ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРИЕМО-СДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН МЕТОДОМ ВЗАИМНОЙ НАГРУЗКИ

Повышение надежности и увеличение эксплуатационного ресурса электро-технического оборудования электроподвижного состава является одним из восьми направлений научно-технического развития ОАО «Российские железные дороги», описанных в целевой программе «Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года», утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации.

Решение проблемы повышения эксплуатационной надежности связано с комплексными мероприятиями, включающими в себя широкий круг вопросов, направленных на обеспечение устойчивой работы подвижного состава и его систем.

Надежная работа электрических машин, которая зависит от качества ремонта, оказывает существенное влияние на эксплуатационную надежность электроподвижного состава.

**Ключевые слова:** асинхронные электрические машины, метод взаимной нагрузки, частотный преобразователь, синус-фильтр, приемо-сдаточные испытания, испытательные стенды.

Технологический процесс проведения испытаний асинхронных электрических машин (далее по тексту АЭМ), реализуемый каждым испытательным стендом, должен соответствовать ГОСТ 2582-2013, ГОСТ 11828-86, ГОСТ Р МЭК 60034-14-2008, программа и методика (ПМ) приёмо-сдаточных испытаний (ПСИ) и эксплуатационных документов на асинхронные электрические машины.

Объём проверок приемо-сдаточных испытаний (далее по тексту ПСИ) должен соответствовать программе приемо-сдаточных испытаний, приведенной в таблице Б.2 ГОСТ 2582-2013.

Проверки должны выполняться в указанной ниже последовательности и следующих технологических операциях:

1. Установка электродвигателя на участок подготовки тяговых двигателей.
2. Внешний осмотр.
3. Посадка на валы полумуфт для соединения машин и проведения испытаний методом взаимной нагрузки.
4. Установка механической части на плиту стенда ПСИ в соответствии с типом проверяемой электрической машины.
5. Установка электрических машин на механическую часть стенда ПСИ, подключение патрубков

охлаждающего воздуха при независимой системе вентиляции и сочленение валов электродвигателей.

6. Подключение силовых и измерительных проводов стенда ПСИ к электродвигателям.

7. Измерение сопротивления изоляции обмоток статора машин относительно корпуса в холодном состоянии согласно ГОСТ 11828-86.

Измерение сопротивления изоляции обмоток выполняется на практически холодных двигателях (температура любой части двигателя не должна отличаться от температуры окружающей среды более чем на  $\pm 3^\circ\text{C}$ ). Контроль температуры обмоток осуществляется при помощи преобразователя термоэлектрического. По окончании измерения происходит автоматический разряд сопротивления изоляции обмотки статора путём её электрического соединения с заземлённым корпусом двигателя.

8. Измерение сопротивления обмоток постоянному току в практически холодном состоянии методом амперметра-вольтметра по ГОСТ 11828-86.

При измерении сопротивления обмоток постоянному току контролируется температура обмоток при помощи преобразователя термоэлектрического, измеренное значение которой не должно отличаться от температуры окружающей среды более чем на  $\pm 3^\circ\text{C}$ .

Сопротивление между каждой парой выводов двигателя должно определяться при трёх значениях тока согласно ГОСТ 11828-86. Длительность протекания тока не более 1 мин.

В ходе проведения измерения производится замер сопротивления между каждой парой обмоток и приводится к температуре 20 °С.

9. Проверка на нагревание в течение часа по ГОСТ 2582-2013, ГОСТ 11828-86 и ГОСТ 7217-87 методом взаимной нагрузки.

Двигатели испытывают по методу взаимной нагрузки. Один из испытуемых двигателей работает в двигательном режиме, а другой — в генераторном.

Испытания на нагревание начинают только с практически холодного состояния двигателей (при нормальных климатических условиях —  $25 \pm 10$  °С).

Температуру охлаждающего воздуха контролировать в течение всего часового режима через каждые 15 мин. с помощью преобразователя термоэлектрического, устанавливаемого во входном патрубке охлаждающего воздуха. Сопротивление обмотки статора определяют одновременно для двух электродвигателей с помощью преобразователей, используемых при проверке, по окончании испытания на нагревание после их остановки и отключения вентиляции.

За значение сопротивления обмотки статора принимают значение, полученное экстраполяцией сопротивления на момент отключения двигателей.

Температуры подшипников определяются после окончания проверки температуры обмотки статора, преобразователя термоэлектрического на крышках подшипников.

10. Проверка при повышенной частоте вращения в соответствии с ГОСТ 2582-2013, нагретых до рабочей температуры при работе их в режиме холостого хода. Оборудование должно позволять выполнять проведение проверки как поочередно, так и вместе на двух двигателях. Частота вращения должна плавно повышаться до требуемого значения, выдерживаться в течение времени 120 с., после чего плавно снижаться до полной остановки.

11. Проверка электрической прочности межвитковой изоляции обмотки статора нагретых до рабочего состояния двигателей в соответствии с ГОСТ 2582-2013 и ГОСТ Р 52776-2007 (МЭК 60034-1-2004). Оборудование должно позволять выполнять проведение проверки поочередно, без переключения силовых и измерительных цепей. Испытания проводятся в автоматическом режиме с плавным повышением линейного напряжения и частоты выдержкой в течение 5 минут.

Результаты испытаний считаются удовлетворительными, если во время испытания не происходит пробоя изоляции.

12. Определение тока и потерь холостого хода при номинальной частоте тока статора и номинальном напряжении в соответствии с ГОСТ 7217-87. Проверка проводится на холостом ходу при нагретом состоянии подшипниковых узлов. При испытании осуществляется измерение линейных напряжений и токов по каждой фазе обмотки статора, потребляемая мощность.

13. Измерение сопротивления изоляции обмоток статора относительно корпуса в нагретом состоянии согласно ГОСТ 11828-86 для каждого электродвигателя.

14. Отключение машин от схемы стенда ПСИ.

15. Испытание электрической прочности изоляции обмоток статора относительно корпуса со-

гласно ГОСТ 11828-86 при неподвижном состоянии нагретых двигателей практически синусоидальным напряжением.

Известные схемы стендов [1–6] для испытаний асинхронных двигателей, реализующие возврат электрической энергии, вырабатываемой нагрузочным генератором в сеть, используют помимо испытуемых дополнительные электрические машины, либо только один частотный преобразователь.

Недостатком таких схем испытательных стендов является отсутствие возможности проведения полного цикла приемо-сдаточных испытаний, включающих в себя следующие проверки:

— испытание на нагревание в часовом режиме, при номинальной нагрузке;

— испытание при повышенной частоте вращения. Каждый двигатель испытывается отдельно. Двигатель должен быть отсоединен от промежуточной опоры. Для некоторых двигателей возможно испытания 2-х двигателей одновременно;

— испытание электрической прочности междувитковой изоляции. Каждый двигатель испытывается индивидуально;

— измерение уровня вибрации. Каждый двигатель испытывается индивидуально.

Еще одним из недостатков таких схем является отсутствие компенсации колебаний напряжения питающей сети.

Целью данной работы является повышение эффективности применения испытательных стендов при проведении испытаний асинхронных электрических машин за счет применения схемного решения, описанного далее (в настоящее время подана заявка на полезную модель).

Предлагаемое схемное решение испытательного стенда позволит обеспечить проведение полного цикла испытаний, включая испытания электрической прочности междувитковой изоляции обмоток (далее по тексту ИМВЗ) согласно пунктам 5.6 и 8.17 ГОСТ 2582-2013, испытание на нагревание при номинальных параметрах и компенсация колебаний напряжения питающей сети [7].

Изоляция между смежными витками обмоток должна выдерживать в течение 300 секунд приложенное повышенное напряжение к выводам электрической машины при ее работе на холостом ходу. Для асинхронных электрических машин предусмотрено увеличение напряжения на 50 % сверх номинального (наибольшего, если несколько номинальных значений).

Допускается повышение частоты вращения испытуемой асинхронной электрической машины, одновременно с увеличением напряжения, но не более чем на 75 % для испытания АЭМ при повышенной частоте вращения.

Данная цель может быть достигнута за счет применения в схеме двух частотных преобразователей, отличающихся по мощности с возможностью передачи электрической энергии не только от промышленной сети к асинхронному двигателю, но и от одного частотного преобразователя к другому по звену постоянного тока либо через питающую сеть. Двух согласующих трансформаторов, имеющих секционированные вторичные обмотки (мощности согласующих трансформаторов соответствуют мощностям частотных преобразователей) в отличие от прототипа, испытуемая машина подключена к преобразователю частоты через согласующий трансформатор. Нагрузкой является асинхронная электрическая машина, работающая в режиме

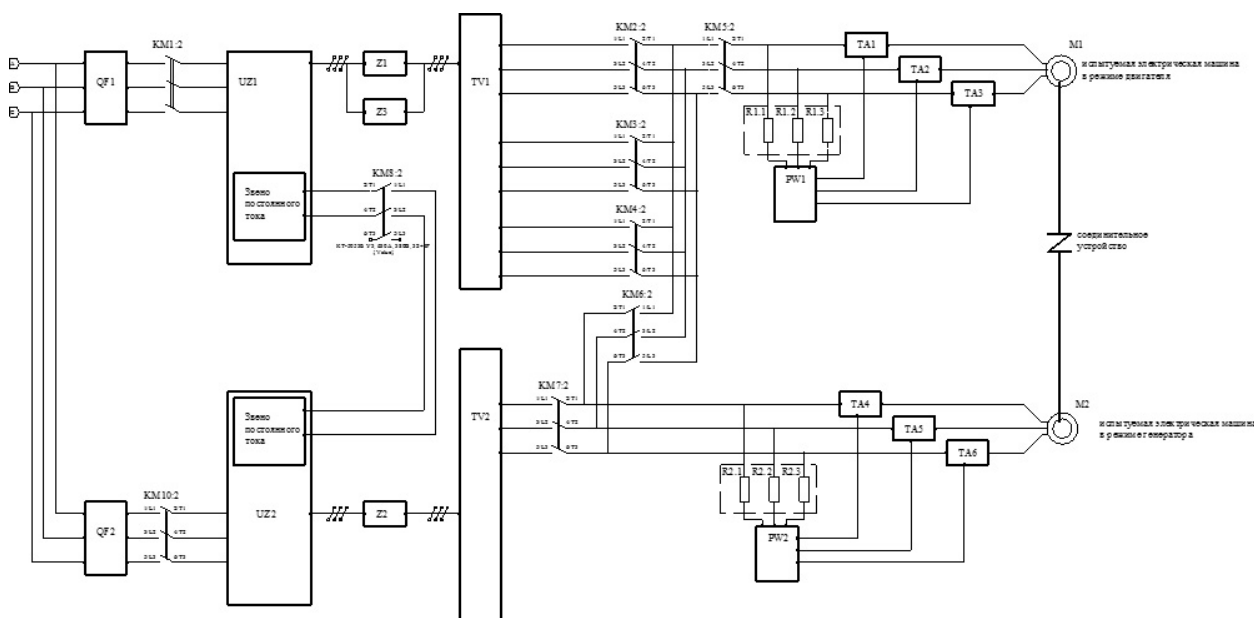


Рис. 1. Структурная схема стенда

генератора, также подключенная к частотному преобразователю через согласующий трансформатор, мощность которого превышает номинальную мощность асинхронной электрической машины на 10 %.

Принципиальная схема предлагаемого стенда показана на рис. 1.

Схема состоит из преобразователей частоты UZ1 и UZ2, согласующих трансформаторов TV1, TV2, синус-фильтров Z1 – Z3, контакторов KM1 – KM10, испытуемых электрических машин M1 и M2, валы которых соединяются специальным соединительным устройством с двумя подвижными полумуфтами. Применение согласующих трансформаторов и синус-фильтров в данном схемном решении является основным отличием от существующих стендов.

Соединительное устройство состоит из следующих основных узлов: из муфт упругих втулочно-пальцевых (МУВП), фиксаторов с храповым механизмом, шлицевого вала, ступицы (корпуса), основания, подшипниковых щитов, электромеханического тормоза, датчиков оборотов и системы управления.

Структурная схема соединительного устройства приведена на рис. 2.

Сочленение валов происходит с помощью двух МУВП 1 (рис. 2), состоящих из двух полумуфт, пальцев с резиновыми втулками, через которые пальцы взаимодействуют с другой полумуфтой.

Ведущие полумуфты одеты на шлицевой вал 6 (рис. 2) и имеют возможность продольного перемещения. Фиксация ведущих полумуфт, в рабочем положении осуществляется с помощью фиксаторов с храповым механизмом 4 (рис. 2). Ведомые полумуфты надеваются на валы испытуемых электрических машин с использованием шпоночного соединения и фиксируются торцевыми гайками [8 – 10].

Торможение и фиксация в неподвижном положении валов испытуемых АЭМ осуществляется с помощью электромеханического тормоза 7 (рис. 2).

Электромеханический тормоз позволяет быстро останавливать испытуемые АЭМ и удерживать их в неподвижном состоянии сколь угодно долго.

Электромеханический тормоз состоит из электромагнита, якоря и тормозного диска. Электромагнит представляет собой набор катушек, распо-

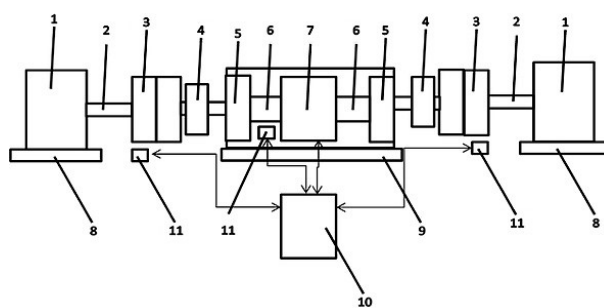


Рис. 2. Структурная схема соединительного устройства:

- 1 — испытуемая электрическая машина;
- 2 — вал испытуемой электрической машины; 3 — МУВП;
- 4 — фиксаторы; 5 — подшипниковый щит;
- 6 — шлицевой вал; 7 — электромеханический тормоз;
- 8 — подрамник; 9 — основание; 10 — система управления;
- 11 — датчик оборотов

ложенных в специализированном корпусе. Якорь электромагнита является основной исполнительной частью тормоза и представляет собой антифрикционную поверхность, взаимодействующую с тормозным диском.

Тормозной диск, на поверхность которого нанесен фрикционный материал, имеет возможность перемещения по шлицам втулки на валу. Когда в катушки электромагнита подано питающее напряжение, якорь находится в оттянутом положении, и позволяет валу свободно вращаться вместе с тормозным диском.

Торможение осуществляется в свободном состоянии при снятии напряжения с катушек электромагнита, в этот момент пружины нажимают на якорь, и он, в свою очередь, оказывает воздействие на тормозной диск, вызывая тем самым остановку вала.

При возникновении аварийной ситуации или при отсутствии питания тормозного устройства предусмотрена возможность отключения тормоза ручным способом.

Система управления 10 (рис. 2) предназначена для контроля и управления торможением асинхронных испытуемых электрических машин. Система управления получает сигналы с трех датчиков

оборотов 11 (рис. 2) о частоте вращения валов испытуемых электрических машин и вращения шлицевого вала соединительного устройства. Наличие трех датчиков оборотов необходимо для того, чтобы производить отслеживание числа оборотов при холостом ходе испытуемых электрических машин, когда МУВП разъединены. Датчик оборотов, установленный непосредственно внутри соединительного устройства, также выполняет функцию датчика положения, предотвращая ложное срабатывание электромеханического тормоза.

Предложенная структурная схема испытательного стенда (рис. 1) работает следующим образом. Трехфазное синусоидальное напряжение частотой 50 Гц от питающей сети предприятия подается на входы преобразователя частоты UZ1, через автоматический выключатель QF1 и силовой контактор KM1. Напряжение, поданное на вход частотного преобразователя UZ1, фактически подается на вход его выпрямителя, а выпрямленное напряжение подается в звено постоянного тока и далее на вход управляемого инвертора. С выхода инвертора, который является выходом частотного преобразователя,

частотно-модифицированное напряжение подается на вход синус-фильтров Z1 и Z3. С выхода синус-фильтров сглаженное напряжение подается на первичную обмотку силового трансформатора TV1. Трансформатор TV1 имеет расщепленную вторичную обмотку, к которой с помощью контакторов KM2 – KM4 подключается асинхронная испытуемая машина, работающая в режиме двигателя. Выбор режимов работы генератор/двигатель для испытуемых асинхронных электрических машин осуществляется силовыми контакторами KM5 и KM7. Электрическая машина M1, работающая в режиме двигателя подключается к выводам контактора KM5, а электрическая машина M2, работающая в режиме генератора к выводам контактора KM7. Проведение испытаний по опыту холостого хода и опыту короткого замыкания для асинхронной электрической машины M2, которая работала в режиме генератора, обеспечивается с помощью контактора KM6.

Для того чтобы создать нагрузку на валу испытуемого двигателя, частота питающего напряжения, которое подается на выводы электрической маши-

ОП "Элмашремонт-Ростов-на-Дону" "Локотех Электромашинный дивизион"  
Протокол приемо - сдаточных испытаний № 31 от 14.12.2022 г.

Двигатель: АНЭМ225L4. Вид ремонта: КР. Номер статора: 0001. Номер ротора: 0001.

Температура окр. среды - 20°C

Проверка работы на холостом ходу в течении 20 мин., при U = (180 - 200) В и f = Гц - Прошел

Сопротивление изоляции обмоток

Параметр	Норма, МОм	Факт, МОм	Результат
в холодном состоянии	100	35895,0	Норма
в горячем состоянии	2	1201,6	Норма

Активное сопротивление обмоток

Параметр	Норма, Ом	Факт, Ом	С1	С2	С3
в холодном состоянии, при 20 °С	0,02800 - 0,03200	0,02856	0,02866	0,02845	0,02845
в горячем состоянии		0,03376	0,03373	0,03398	0,03398
результат		Норма	Норма	Норма	Норма

Температура подшипников и перегрев обмоток

Температура	Обмотка С1	Обмотка С2	Обмотка С3	Подшипник 1	Подшипник 2
Норма, °С	≤ 160			≤ 80	
Факт, °С	42	40	45	28	28
Результат	Норма	Норма	Норма	Норма	Норма

Опыт холостого хода

Параметр	Уд, В	Иф, А	Рв, кВт	Рр, кВт	Рп, кВт	cos φ
С1	376	70	1.1	15.2	15.2	0.072
С2	374	69	0.7	14.8	14.9	0.046
С3	368	70	1.2	14.8	14.9	0.083

Ток  $I_{\Sigma}$ , А - 70,9, норма (≤ 85,0).

Потери  $P_{\Sigma}$ , кВт - 3,1, норма (≤ 3,2)

Нагрев в течении 60 мин. при токе 119 А и напряжении 380 В - Прошел

Параметр	Уд, В	Иф, А	Рв, кВт	Рр, кВт	Рп, кВт	cos φ
С1	377	118	20	16.2	25.7	0.779
С2	370	118	19.4	16.2	25.4	0.769
С3	368	120	19.8	16	25.3	0.776

Опыт короткого замыкания

Параметр	Уд, В	Иф, А	Рв, кВт	Рр, кВт	Рп, кВт	cos φ
С1	108	238	7.6	12.6	14.8	0.514
С2	104	237	6.4	12.8	14.3	0.446
С3	100	239	7.2	11.8	13.8	0.52

Ток  $I_{\Sigma}$ , А - 229,0, норма (200,0 - 240,0).

Потери  $P_{\Sigma}$ , кВт - 19,7, норма (15,8 - 21,0)

Частота вращения в номинальном режиме:  
 $n_d = 1452$  об/мин, норма (1430 ± 70).

Номинальный момент -  $M_n = 360$  Н·м

Минимальный момент -  $M_{\min} = 0$  Н·м

Максимальный момент -  $M_{\max} = 0$  Н·м

Скольжение -  $s = 3,2$ , норма ≤ 4,5

КПД -  $\eta = 93\%$ , норма ≥ 90

Испытание на кратковременную перегрузку по току

I (норма), А	I (факт), А	Длительность, мин.	Результат
180	180	1	Прошел

Кратность моментов:

Кратность мин. момента - 0, норма - 4,0  
Кратность макс. момента - 0, норма - 4,3

Испытание на повышенную частоту вращения

n (норма), об/мин	n (факт), об/мин	Длительность, мин.	Результат
1800	1800	2	Выдержал

Испытание прочности междувитковой изоляции

Umвз (норма), В	Umвз (факт), В	Длительность, мин.	Результат
570	565	5	Выдержал

Измерение уровня вибрации (вибронизмерительный прибор VibroVision №2092)

p (норма), об/мин	p (факт), об/мин	Ve (норма), мм/с	Ve (факт), мм/с	Результат
1430	1430	2,8	1,8	Норма

Испытание электрической прочности изоляции обмоток статора относительно корпуса переменным током 50 Гц в течении 1 минуты, при напряжении 2350 В - Выдержал

Заключение:

Мастер: РАГОЙЖА Е. А.

Испытатель: РАГОЙЖА Е. А.

Рис. 3. Протокол приемо-сдаточных асинхронных электрических машин типа АНЭМ225L4 для ОП «Элмашремонт-Ростов-на-Дону»



ны М2 снижается, при этом происходит переход асинхронной электрической машины в генераторный режим.

Напряжение с обмотки статора электрической машины М2 поступает на вторичную обмотку трансформатора TV2 и далее через синус-фильтр Z2 на выход частотного преобразователя UZ2. С инвертора преобразователя UZ2 напряжение попадает на звено постоянного тока преобразователя UZ2. С выхода звена постоянного тока преобразователя UZ2 через контактор KM8 постоянное напряжение подается на звено постоянного тока преобразователя UZ1, далее процесс преобразования и подачи напряжения на испытываемую электрическую машину происходит, как описано выше.

Энергия, потребляемая из питающей сети преобразователем UZ2, расходуется на питание системы управления данного преобразователя.

Для контроля параметров тока, напряжения, мощности и  $\cos \phi$  испытываемых асинхронных электрических машин в предложенной схеме применены трехфазные ваттметры PW1, PW2, подключенные через трансформаторы тока ТА1—ТА6 и добавочные сопротивления R1, R2.

Работоспособность данного схемного решения была опробована в следующих испытательных стендах:

— «Автоматизированная испытательная станция электрических машин переменного тока типа АНЭ-225, АНЭ-200, НВА-55, НВА-55С, АЭ-92-4, АНЭМ-225» (Ростовский локомотиворемонтный завод);

— «Стенд испытания электрических машин переменного тока» (депо Александров, г. Александров);

— «Стенд испытания асинхронных электродвигателей мощностью до 100 кВт» (депо Хабаровск, г. Хабаровск);

— «Испытательная станция вспомогательных электрических машин постоянного и переменного тока» (Челябинский электровагоноремонтный завод);

— «Испытательная станция вспомогательных машин электровазона 2ЭС6» (депо Москва, г. Омск);

— «Испытательная станция вспомогательных электрических машин постоянного и переменного тока» (Оренбургский локомотиворемонтный завод).

Результаты проведения испытаний асинхронных электрических машин сводятся в протоколе испытаний, форма которого приведена на рис. 3.

Существующие схемы проведения испытаний имеют ряд существенных недостатков: невозможность испытания одновременно двух АЭМ, невозможность проведения испытания при частоте вращения, превышающей номинальную, сложность конструкции, избыточность оборудования, невозможность проведения испытания на наличие междувиткового замыкания при повышенном напряжении, поочередное проведение испытаний по методу короткого замыкания для каждой испытываемой АЭМ в отдельности, и т.д.

Описанное в статье схемное решение стенда:

— позволяет производить все виды проверок (опыт холостого хода, короткого замыкания, нагревания, испытание на наличие междувиткового замыкания и т.д.) при проведении приемо-сдаточных испытаний одновременно для двух испытываемых АЭМ;

— обеспечивает компенсацию колебаний и снижения напряжения питающей сети;

— фильтрация ШИМ-модифицированного напряжения с выхода частотного преобразователя;

— имеет возможность унификации испытательных стендов для проведения приемо-сдаточных испытаний АЭМ;

— применено комплексное соединительное устройство для фиксации (сочленения) валов асинхронных электрических машин при проведении испытаний по методу взаимной нагрузки, короткого замыкания и холостого хода.

#### Библиографический список

1. Пат. 143348 Российская Федерация, МПК G 01 R 31/00. Устройство для испытания асинхронных двигателей методом их взаимной нагрузки / Авилов В. Д., Попов Д. И., Литвинов А. В. № 2014112919/28; заявл. 02.04.14; опубл. 20.07.14. 6 с. Бюл. № 20.
2. Пат. 2023274 Российская Федерация, МПК G 01 R 31/34. Устройство для испытания асинхронного тягового двигателя с короткозамкнутым ротором / Талья И. И. № 4920613/22; заявл. 19.03.91; опубл. 15.11.94. 6 с.
3. Пат. № 2071608 Российская Федерация, МПК G 01 R 31/34. Устройство для испытания без коллекторных электрических машин переменного тока / Талья И. И. № № 5055535/07; заявл. 21.07.92; опубл. 10.01.97. 7 с.
4. Пат. № 2214613 Российская Федерация, МПК G 01 R 31/34. Способ снятия характеристик разнородных электрических машин / Рекус Г. Г., Рекус Н. Г., Рекус И. Г. № 2001135457/09; заявл. 28.12.01; опубл. 20.10.03. 8 с.
5. Пат. № 2334993 Российская Федерация, МПК G 01 R 31/34. Устройство испытания асинхронных двигателей под нагрузкой / Леоненко С. С., Леоненко А. С., Прокопьев А. Ю. № 2007119699/28; заявл. 28.05.07; опубл. 27.09.08. Бюл. № 27. 9 с.
6. Пат. 2433419 Российская Федерация, МПК G 01 R 31/34. Способ испытания асинхронных электродвигателей методом их взаимной нагрузки / Авилов В. Д., Володин А. И., Данковцев В. Т., Лукьянченко В. В., Панькин Е. В. № 2010124307/28; заявл. 15.06.10; опубл. 10.11.2011. Бюл. № 31. 6 с.
7. ГОСТ 2582-2013. Машины электрические вращающиеся тяговые. Общие технические условия. Введ. 2015—01—01. Москва: Стандартинформ, 2014. 52 с.
8. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. / Под ред. И. Н. Жестковой. 8-е изд., перераб. и доп. Москва: Машиностроение, 2001. 912 с.
9. Поляков В. С., Барбаш И. Д., Ряховский О. А. Справочник по муфтам. Ленинград: Машиностроение, 1974. 352 с.
10. ГОСТ 21424-93. Муфты упругие втулочно-пальцевые. Параметры и размеры. Введ. 1996—07—01. Москва: Изд-во стандартов, 1996. 12 с.

**БУБЛИК Антон Владимирович**, ведущий инженер-конструктор ООО «ТПИ», г. Омск.

SPIN-код: 3878-4751

Адрес для переписки: anvbublik@mail.ru

**БУБЛИК Владимир Васильевич**, кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры «Подвижной состав электрических железных дорог» Омского государственного университета путей сообщения (ОмГУПС), г. Омск

SPIN-код: 5301-3507

AuthorID (РИНЦ): 564405

Адрес для переписки: bublikvv52@mail.ru

**ЕСИН Николай Васильевич**, кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры «Подвижной

состав электрических железных дорог» ОмГУПС,  
г. Омск.

SPIN-код: 8503-2172

AuthorID (РИНЦ): 649133

Адрес для переписки: nikve@mail.ru

**ТИТАНАКОВ Денис Александрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Локомотивы» ОмГУПС, г. Омск.

AuthorID (РИНЦ): 451142

Адрес для переписки: titanakovda@mail.ru

Для цитирования

Бублик А. В., Бублик В. В., Есин Н. В., Титанакوف Д. А. Стенд для проведения прямо-сдаточных испытаний асинхронных электрических машин методом взаимной нагрузки // Омский научный вестник. 2023. № 3 (187). С. 77–83. DOI: 10.25206/1813-8225-2023-187-77-83.

Статья поступила в редакцию 05.05.2023 г.

© А. В. Бублик, В. В. Бублик, Н. В. Есин, Д. А. Титанакوف

UDC 629.018

DOI: 10.25206/1813-8225-2023-187-77-83

EDN: KNXHUQ

**A. V. BUBLIK<sup>1</sup>**

**V. V. BUBLIK<sup>2</sup>**

**N. V. YESIN<sup>2</sup>**

**D. A. TITANAKOV<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> LLC «TPI»,  
Omsk, Russia

<sup>2</sup> Omsk State  
Transport University,  
Omsk, Russia

## THE STAND FOR CONDUCTING ACCEPTANCE TESTS OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC MACHINES BY METHOD OF MUTUAL LOADING

Improving the reliability and increasing the operational life of electrical equipment of electric rolling stock is one of the eight directions of scientific and technical development of JSC «Russian Railways» described in the target program «Strategy for the development of railway transport in the Russian Federation until 2030», approved by the decree of the Government of the Russian Federation.

The solution to the problem of improving operational reliability is associated with comprehensive measures that include a wide range of issues aimed at ensuring the stable operation of rolling stock and its systems.

Reliable operation of electric machines, which depends on the quality of repairs, has a significant impact on the operational reliability of electric rolling stock.

**Keywords:** asynchronous electric machines, mutual load method, frequency converter, sine filter, acceptance tests, test benches.

### References

1. Patent 143348 Russian Federation, IPC G 01 R 31/00. Ustroystvo dlya ispytaniya asinkhronnykh dvigateley metodom ikh vzaimnoy nagruzki [Device for testing asynchronous motors by the method of their mutual loading:] / Avilov V. D., Popov D. I., Litvinov A. V. No. 2014112919/28. (In Russ.).
2. Patent 2023274 Russian Federation, IPC G 01 R 31/34. Ustroystvo dlya ispytaniya asinkhronnogo tyagovogo dvigatelya s korotkozamknutym rotorom [Gear to test asynchronous traction motor with squirrel-cage rotor] / Talya I. I. No. 4920613/22. (In Russ.).
3. Patent 2071608 Russian Federation, IPC G 01 R 31/34. Ustroystvo dlya ispytaniya bez kollektornykh elektricheskikh mashin peremennogo toka [Gear to test collectorless a c electric machines] / Talya I. I. No. 5055535/07. (In Russ.).

4. Patent 2214613 Russian Federation, IPC G 01 R 31/34. Sposob snyatiya kharakteristik raznorodnykh elektricheskikh mashin [Method to measure characteristics of heterogeneous electric machines] / Rekus G. G., Rekus N. G., Rekus I. G. No. 2001135457/09. (In Russ.).

5. Patent 2334993 Russian Federation, IPC G 01 R 31/34. Ustroystvo ispytaniya asinkhronnykh dvigateley pod nagruzkoй [Device to test induction motors under load] / Leonenko S. S., Leonenko A. S., Prokop'yev A. Yu. No. 2007119699/28. (In Russ.).

6. Patent 22433419 Russian Federation, IPC G 01 R 31/34. Sposob ispytaniya asinkhronnykh elektrodvigateley metodom ikh vzaimnoy nagruzki [Back-to-back test method for asynchronous motors] / Avilov V. D., Volodin A. I., Dankovtsev V. T., Luk'yanchenko V. V., Pan'kin E. V. No. 2010124307/28. (In Russ.).

7. GOST 2582-2013. Mashiny elektricheskoye vrashchayushchiyesya tyagovyye. Obshchiye tekhnicheskiye

usloviya [Rotating electrical traction machines for rail and road vehicles. General technical specifications]. Moscow, 2014. 52 p. (In Russ.).

8. Anur'yev V. I. Spravochnik konstruktora-mashinostroitelya. V 3 t. / Ed. by I. N. Zhestkovoy. 8th ed. Moscow, 2001, 912 p. (In Russ.).

9. Polyakov V. S., Barbash I. D., Ryakhovskiy O. A. Spravochnik po muftam [Coupling Guide]. Leningrad, 1974. 352 p. (In Russ.).

10. GOST 21424-93. Mufty uprugiye vtulochno-pal'tsevyye. Parametry i razmery [Flexible couplings with rubber-bushed studs. Parameters and dimensions]. Moscow, 1996. 12 p. (In Russ.).

---

**BUBLIK Anton Vladimirovich**, Leading Design Engineer, LLC «TPI», Omsk.  
SPIN-code: 3878-4751

Correspondence address: anvbublik@mail.ru

**BUBLIK Vladimir Vasilyevich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Railway Rolling Stock Department, Omsk State Transport University (OSTU), Omsk.  
SPIN-code: 5301-3507

AuthorID (RSCI): 564405

Correspondence address: bublikvv52@mail.ru

**ESIN Nikolay Vasilyevich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Railway Rolling Stock Department, OSTU, Omsk.

SPIN-code: 8503-2172

AuthorID (RSCI): 649133

Correspondence address: nikve@mail.ru

**TITANAKOV Denis Aleksandrovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Locomotives Department, OSTU, Omsk.

AuthorID (RSCI): 451142

Correspondence address: titanakovda@mail.ru

#### For citations

Bublik A. V., Bublik V. V., Yesin N. V., Titanakov D. A. The stand for conducting acceptance tests of asynchronous electric machines by method of mutual loading // Omsk Scientific Bulletin. 2023. No. 3 (187). P. 77–83. DOI: 10.25206/1813-8225-2023-187-77-83.

Received May 05, 2023.

© A. V. Bublik, V. V. Bublik, N. V. Yesin, D. A. Titanakov