

УДК 629.4.018

ОСОБЛИВОСТІ АТЕСТАЦІЇ СУЧАСНОГО СТЕНДУ ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ РЕДУКТОРІВ ПРИВОДУ ГЕНЕРАТОРА ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНУ

Боряк К.Ф., Перетьяка Н.О.

FEATURES ATTESTATION OF MODERN STANDS FOR TESTING OF REDUCERS GENERATOR DRIVE PASSENGER CARRIAGES

Boryak K., Peretyaka N.

У статті розглядаються метрологічні проблеми, які виникають при атестації сучасного випробувального обладнання, а саме автоматизованого стенду для випробування редукторів від середньої осі колісної пари пасажирських вагонів, в якому режими роботи електропривода керується перетворювачем частотним векторним (ПЧВ).

Ключові слова: випробувальний стенд, перетворювач частотний векторний, керування електроприводом, методика атестації, засоби виміральної техніки

Вступ. Редуктори приводів генераторів від середньої частини осі колісної пари пасажирських суцільно металевих вагонів, які курсують у поїздах з обмеженням швидкості руху до 160 км/год., згідно вимог [1] підлягають випробуванням при періодичному технічному обслуговуванні. Випробування редукторів проводять на стендах різних конструкцій (з розімкненим або замкнутим контуром), на яких відтворюють експлуатаційні режими навантаження редуктора. На рисунку 1 представлено загальний вигляд стендів для випробування редукторів приводу генераторів від середньої осі колісної пари пасажирських вагонів, які експлуатуються у виробничих підрозділах ПАТ «Українська залізниця».

Стенд для випробування редукторів з приводом від середньої частини осі колісної пари типу МАБ ІІ (ЕУК -160-1М/28), ВБА-32/2 (WBA-32/2) - це нестандартизоване обладнання, яке спеціально розроблене і виготовлене для проведення регламентних робіт, пов'язаних з перевіркою, налагодженням і контролем технічного стану редукторів, на їх відповідність технічним параметрам, встановлених виробником. Стенд є складовою частиною засобів випробувань, що застосовуються в ремонтних депо.



а



б

Рис. 1. Випробувальні стенди:
а – вагонне депо станції Бахмач РФ «Південно-Західна залізниця»; б – пасажирське депо станції Одеса-Головна РФ «Одеська залізниця»

Випробувальні стенди повинні бути атестовані, а засоби виміральної техніки, які застосовуються в процесі проведення випробувань, підлягають повірці чи калібруванню [2]. Згідно до [3] періодична атестація випробувального обладнання (ВО) проводиться з метою визначення нормованих точносних характеристик обладнання, їх відповідності вимогам нормативно-технічної документації (НТД) та встановлення придатності обладнання до експлуатації. До нормованих точносних характеристик випробувального устаткування відносяться встановлені НТД метрологічні характеристики, що визначають можливості обладнання відтворювати і підтримувати режими і умови випробувань в заданих діапазонах, з

необхідною точністю і стабільністю, протягом встановленого терміну часу. Порядок і методи проведення випробувань регламентовані в методиках і програмах атестації (ПМА) випробувального обладнання ВО, які розробляються метрологічною службою виробника ВО із залученням фахівців із спеціалізованих у метрології сторонніх організацій.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. В процесі випробування редукторів на стенді у різних режимах обертання колісної пари потрібно протягом тривалого часу підтримувати з високою точністю задане значення кількості обертів вихідного валу електроприводу, який ув'язано клино-пасовою передачею із колісною парою (рис. 1). Для цього використовують перетворювач частотний векторний (ПЧВ). За принципом дії ПЧВ забезпечує підтримання на заданому рівні частоти обертання вихідного валу незалежно від зовнішнього силового навантаження електроприводу. Для цього ПЧВ за лічені доли секунди постійно коригує (змінює) напрямки векторів напруги і струму, щоб утримати їх паралельно, щоб $\cos\varphi=1$.

Проблема виникає тоді, коли потужність застосованого у стенді електроприводу є метрологічною характеристикою при атестації випробувального стенду. Складність проблеми полягала в тому, що при завданні вихідних параметрів стенду із застосуванням ПЧВ неможливе визначення потужності на вихідному валу редуктора у відповідності з нормативною методикою розрахунку потужності, яка існує [2, 4], тому що кожні 0,2 секунди ПЧВ постійно коригує (змінює) напрямки векторів напруги і струму, для утримання їх паралельно, щоб $\cos\varphi=1$. Саме тому виміри лінійної (фазної) напруги і струму, зроблені за допомогою еталонних засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), не можуть бути використані для визначення активної потужності електроприводу при атестації стенду, бо похибка вимірювань буде занадто великою (до 40%) [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання проблеми, виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Для прикладу, розглянемо сучасний стенд для випробування редукторів приводів генераторів від середньої частини осі колісної пари пасажирських вагонів марки «ВІР-1500» (рис. 1а), який встановлено у вагонному депо станції Бахмач РФ «Південно-Західна залізниця». Виміри корисної потужності навантаження вихідного валу редуктора P_p^k зводяться до виміру корисної потужності на валу електроприводу P_{en}^k , оскільки обидва елементи конструкції стенду поєднанні клиноремінною передачею через яку передається навантаження від генератора через карданний вал і редуктор до електроприводу. Таким чином $P_p^k = P_{en}^k$.

Виміри ПЧВ корисної потужності на валу електроприводу P_{en}^k під час випробувань редуктора ви-

свічуються на локальній панелі оператора (ЛПО). Корисна потужність електроприводу P_{en}^k пов'язана із активною потужністю P_{en}^a співвідношенням:

$$P_{en}^k = \eta_{en} \cdot P_{en}^a, \quad (1)$$

де η_{en} - коефіцієнт корисної дії (ККД) електроприводу, визначається в залежності від технічних параметрів, встановленого на стенді електродвигуна, наприклад, $\eta_{en} = 0,925$ (на стенді ВІР-1500 використовувався електродвигун асинхронний реверсивний типу 1АМ225М4У3 з технічними параметрами: потужністю $P_{en}^k=55$ кВт, напруга $U_{\lambda} = 380$ В і частота напруги електроживлення $f=50$ Гц, паспортні оберти валу $n_{\partial} = 1470$ об/хв., ККД $=92,5$ %, $\cos\varphi = 0,88$);

P_{en}^a - активна потужність електроприводу для трифазного змінного струму з частотою $f=50$ Гц визначається за допомогою кліщів вимірювальних моделей ВМ 197 методом безпосередньої оцінки вимірів лінійної (фазної) напруги $U_{\lambda}(U_{\phi})$ і струму $I_{\lambda}(I_{\phi})$ по одній із класичних формул:

$$P_{en}^a = \sqrt{3} \cdot 10^{-6} U_{\lambda} \cdot I_{\lambda} \cdot \cos\varphi, \\ \text{або } P_{en}^a = 3 \cdot 10^{-3} \cdot U_{\phi} \cdot I_{\phi} \cdot \cos\varphi. \quad (2)$$

Робочий діапазон частоти трифазної мережі живлення електроприводу через ПЧВ під час вимірів може відрізнитися від $f=50$ Гц і коливатися в діапазоні $f=0 \div 200$ Гц. Відомо, що залежність активної потужності $P_{en}^a(f)$ від частоти мережі живлення електроприводу f є нелінійною функцією, тому розрахунок активної потужності P_{en}^a по формулі (2) на підставі вимірів лінійної (фазної) напруги $U_{\lambda}(U_{\phi})$ і струму $I_{\lambda}(I_{\phi})$, зроблених за допомогою ЗВТ (наприклад, для цього ми використовували струмові вимірювальні кліщі моделі ВМ 197) при іншій частоті f , і подальший розрахунок корисної потужності електроприводу P_{en}^k по формулі (1), будуть суттєво відрізнитись (занижені або завищені до 40%) від показів ПЧВ.

При розробці ПМА для автоматизованого стенду ВІР-1500 з електроприводом, що керується приладом частотним векторним (ПЧВ), стала очевидною необхідність розробки нової програми та методики атестації стенду.

Виклад основного матеріалу. Авторами було розроблено методику та програму атестації, в якій розроблено новий метод визначення корисної потужності на валу електроприводу. Значення корисної потужності на валу електроприводу P_{en}^k ми пропонуємо визначити іншим шляхом по формулі [6]:

$$P_{en}^k = (U_{en} \cdot P_{cm}^a) - (U_{nчв} \cdot P_{nчв}^a), \quad (3)$$

де $U_{nчв}$ – коефіцієнт корисної дії (ККД) ПЧВ, визначається в залежності від технічних параметрів ПЧВ, наприклад, $U_{nчв} = 0,98$ (в нашому випадку використувався перетворювач частоти векторного типу ПЧВ3-55К-В з ЛПО із рідкокристалічним індикатором, який має органи управління, програмування, індикації й відображення інформації, з технічними параметрами: напруга $U_n = 380В$ і вхідна частота електроживлення $f = 50Гц$, ККД=98%, діапазон вихідної частоти напруги електроживлення електроприводу $f = (0 \div 200)Гц$ із кроком $f = 0,1Гц$, діапазон обертів валу електроприводу $n_{en} = (0 \div 12000)об/хв.$, похибка в режимі аналогового виходу $\pm 0,4\%$;

$P_{nчв}^a$ – потужність активна ПЧВ, яка визначається по формулі (2) наступним чином:

$$P_{nчв}^a = \sqrt{3} \cdot 10^{-6} U_l^0 \cdot I_l^0 \cdot \cos\varphi, \\ \text{або } P_{nчв}^a = 3 \cdot 10^{-3} \cdot U_\phi^0 \cdot I_\phi^0 \cdot \cos\varphi, \quad (4)$$

де $U_l^0 (U_\phi^0)$ і $I_l^0 (I_\phi^0)$ - відповідно усереднені лінійні, або фазові параметри напруги та струму в загальній трифазній мережі електроживлення стенду (ПЧВ) з частотою $f = 50 Гц$, які вимірюються за допомогою ЗВТ (струмових вимірювальних кліщів моделі ВМ 197) в режимі увімкнутого ПЧВ і вимкненого електроприводу та відсутністю навантаження редуктора генератором (покази $P_{en}^k = 0$ на ЛПО ПЧВ);

$\cos\varphi$ – береться згідно даних підприємства щодо загальної трифазної мережі електроживлення с частотою $f = 50 Гц$ (в разі відсутності даних приймається $\cos\varphi = 1$);

P_{cm}^a – потужність активна всього стенду, яка визначається по формулі (2) наступним чином:

$$P_{cm}^a = \sqrt{3} \cdot 10^{-6} U_l^H \cdot I_l^H \cdot \cos\varphi, \\ \text{або } P_{cm}^a = 3 \cdot 10^{-3} \cdot U_\phi^H \cdot I_\phi^H \cdot \cos\varphi, \quad (5)$$

де $U_l^H (U_\phi^H)$ і $I_l^H (I_\phi^H)$ - відповідно усереднені лінійні, або фазові параметри напруги та струму в загальній трифазній мережі електроживлення стенду (ПЧВ) з частотою струму $f = 50 Гц$, які вимірюються за допомогою струмових вимірювальних кліщів моделі ВМ 197 в режимі увімкнутого ПЧВ разом із електроприводом та навантаженням редуктора генератором (покази $P_{en}^k = 40кВт$ на ЛПО ПЧВ);

U_{en} – коефіцієнт корисної дії (ККД) електроприводу ($U_{en} = 0,925$).

Вимірювання напруги та струму проводяться тричі. За трьома вимірюваннями розраховується їх середнє значення. Результати вимірювань та розрахунків потужності заносять до протоколу атестації.

Різниця між розрахованим значенням корисної потужності навантаження електроприводу P_{en}^k , визначених за вимірами напруги і струму за допомогою струмових вимірювальних кліщів моделі ВМ 197, і отриманих ПЧВ, які висвічуються на ЛПО, не повинна перевищувати похибку $\Delta = \pm 0,4кВт$, або $\delta = 1,0 \%$.

Запропонований нами метод виміру потужності трифазного електроприводу, який керується ПЧВ, було випробувано експериментальним шляхом за допомогою струмових вимірювальних кліщів моделі ВМ 197 на випробувальному стенді марки «ВІР-1500», який встановлено у вагонному депо станції Бахмач Південно-Західної залізниці.

Результати фазного вимірювання напруги та струму в електромережі на вході в ПЧВ при відсутності навантаження $P_p^k = P_{en}^k = 0$ кВт наведено нижче у таблиці 1.

$$P_{nчв}^{аср} = \frac{(P_{cm}^{a1} + P_{cm}^{a2} + P_{cm}^{a3})}{3} = 0,96 \text{ кВт.}$$

Результати фазного вимірювання напруги та струму в електромережі на вході в ПЧВ при навантаженні $P_p^k = P_{en}^k = 40$ кВт наведено нижче у таблиці 2.

Таблиця 1

Результати фазного вимірювання напруги та струму при відсутності навантаження

Вимірювання	ФАЗА № 1			Фаза № 2			Фаза № 3		
	Напруга $U_1, В$	Струм $I_1, А$	Потужність $P_1^k, кВт$	Напруга $U_2, В$	Струм $I_2, А$	Потужність $P_2^k, кВт$	Напруга $U_3, В$	Струм $I_3, А$	Потужність $P_3^k, кВт$
1	393,7	1,4	0,95	400,0	1,4	0,97	398,0	1,4	0,97
2	394,1	1,4	0,96	400,0	1,4	0,97	396,1	1,4	0,96
3	390,9	1,4	0,95	397,3	1,4	0,96	398,3	1,4	0,97
4	385,0	1,4	0,93	392,1	1,4	0,95	403,1	1,4	0,98
5	391,3	1,4	0,95	393,1	1,4	0,95	402,7	1,4	0,98
Z_i	-	-	0,95	-	-	0,96	-	-	0,97

Таблиця 2

Результати фазного вимірювання напруги та струму при навантаженні

Вимірювання	ФАЗА № 1			Фаза № 2			Фаза № 3		
	Напруга $U_1, В$	Струм $I_1, А$	Потужність $P_1, кВт$	Напруга $U_2, В$	Струм $I_2, А$	Потужність $P_2, кВт$	Напруга $U_3, В$	Струм $I_3, А$	Потужність $P_3, кВт$
1	393,7	63,7	43,44	400,0	67,3	46,63	398,0	63,5	43,77
2	394,1	64,3	43,89	400,0	65,1	45,1	396,1	62,8	43,08
3	390,9	62,3	42,18	397,3	68,1	46,86	398,3	62,5	43,11
4	385,0	63,6	42,41	392,1	71,3	48,42	403,1	55,8	38,95
5	391,3	68,9	46,70	393,1	71,4	48,61	402,7	56,5	39,41
Z_i	-	-	43,72	-	-	47,12	-	-	41,66

Таблиця 3

Значення ймовірностей похибок при виконанні операцій діючої МПА

Етапи	Найменування і тип приладу	Найменування операції	Параметр що вимірюється	Відносна похибка, %
1 Перевірка умов проведення атестації	1. Психрометр ВИТ 2	Відповідність вимог до умов оточуючого середовища	Відносна вологість	$\pm 0,2$
	2. Барометр анероїд «Утес»		Атмосферний тиск	± 1
	3. Омметр ЭС0212	Відповідність до вимог техніки безпеки	Опір заземлення	$\pm 1,5$
2 Допуск редуктора до випробувань	4. Індикатор годинного типу ІЧ 5	Перевірка редуктора на відповідність ТУ	Бокові і осьові зазори та биття корпусу	$\pm 0,03$
3 Перевірка відповідності редуктора	5. Тахометр ТЧ10-Р	Визначення швидкості руху колісної пари	Частота обертання	± 1
	6. Скоба ДК		Вимір діаметру колісної пари	
4 Визначення нормованих точносних характеристик	7. Тахометр ТЧ10-Р	Перевірка швидкості обертання колісної пари	Частота обертання	± 1
	8. Вольтметр Э377	Контроль режимів випробувань	Напруга мережі	$\pm 0,5$
	9. Амперметр Э377		Сила струму	$\pm 0,5$
	10. Вольтметр М906	Вимірювання потужності на вихідному валу	Напруга мережі	$\pm 0,5$
	11. Амперметр М906		Сила струму	$\pm 0,5$
12. Термометр контактний цифровий ТК-5.01П	Вимірювання температури редуктора і мастила	Температура картера і підшипників	$\pm 0,1$	

$$P_{cm}^{аср} = \frac{(P_{cm}^{a1} + P_{cm}^{a2} + P_{cm}^{a3})}{3} = 44,17 \text{ кВт},$$

$$P_p^к = P_{en}^к = (P_{en} \cdot P_{cm}^{аср}) - (P_{пчв} \cdot P_{пчв}^{аср}) = 0,925 \cdot 44,17 - 0,98 \cdot 0,96 = 39,92 \text{ кВт}.$$

Абсолютна похибка експериментальних вимірювань потужності навантаження на вихідний вал редуктора $P_p^к$:

$$\Delta = 40,00 - 39,92 = 0,08 \text{ кВт}.$$

Відносна похибка експериментальних вимірювань потужності навантаження на вихідний вал редуктора $P_p^к$:

$$\delta = \frac{40,00 - 39,92}{40,00} \cdot 100\% = 0,2\%.$$

Також, при розробці методики та програми атестації високі вимоги пред'являлися до метрологічного забезпечення стенду, в завдання якого входило урахування таких вимог: точність і достовірність

одержуваних результатів, вибір засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) з нормованою точністю; підготовка ЗВТ до вимірювань; контроль умов виконання вимірювань; вимірювання параметрів із заданою точністю; повірка ЗВТ; витрати на придбання і експлуатацію ЗВТ; час вимірювань, а також мінімізація впливу людського чинника на результати вимірів.

Із таблиці 3 видно, що процес проведення атестації включає в себе чотири етапи вимірювань, кожний з яких оцінюється вірогідністю безпомилкового виконання. Велика кількість операцій збільшує загальний час вимірювань та одночасно знижує його точність і достовірність по параметрам, які оцінюються. При цьому важно вказати, що точність та достовірність вимірювань значною мірою визначається психофізіологічними особливостями і професійними навичками людини (метролога), яка здійснює вимірювання.

З урахуванням вищесказаного, в розробленій методиці та програмі атестації мінімізована кількість ЗВТ для проведення випробувань [6].

Із таблиці 4 видно, що чотири етапи вимірювань виконуються шістьма ЗВТ: психрометр, барометр, омметр, індикатор годинного типу, скоба та кліщі вимірювальні. Причому відносна похибка у кліщів вимірювальних значно менше, ніж у тахометра, який використовується за старою методикою.

Таблиця 4

Значення ймовірностей похибок при виконанні операцій нової методики

Етапи	Найменування і тип приладу	Найменування операції	Параметр що вимірюється	Відносна похибка, %
1 Перевірка умов проведення атестації	Психрометр ВИТ 2	Відповідність вимог умов оточуючого середовища	Відносна вологість	$\pm 0,2$
	Барометр анероїд «Утес»		Атмосферний тиск	± 1
	Омметр ЭС0212		Перевірка вимог техніки безпеки	Опір заземлення
2 Допуск редуктора до випробувань	Індикатор годинного типу ІЧ 5	Перевірка редуктора на відповідність технічним умовам	Бокові і осьові зазори та биття корпусу	$\pm 0,03$
3 Перевірка відповідності редуктора	Скоба ДК	Визначення швидкості руху колісної пари	Діаметр колісної пари	± 1
	Кліщі вимірювальні ВМ 197		Частота обертання	$\pm 0,5$
4 Визначення нормованих точносних характеристик	Кліщі вимірювальні ВМ 197	Перевірка швидкості обертання колісної пари	Частота обертання	$\pm 0,5$
		Контроль режимів випробувань.	Напруга та сила струму	
		Вимірювання потужності на вихідному валу редуктору		
		Вимірювання температури редуктора і мастила		

Висновки. Запропонований авторами метод дозволяє достовірно та з високою точністю виміряти і розрахувати значення корисної потужності на валу електроприводу, який керується ПЧВ. Застосовані у новій методиці атестації еталонні ЗВТ забезпечують нормовану точність і достовірність одержуваних результатів точносних параметрів стенду, вимірювання параметрів проводяться із заданою точністю. Отримані значення похибок задовольняють вимогам, встановлених виробником стенду у технічній документації [6]:

$$\Delta = 0,08 \leq \pm 0,4 \text{кВт}, \text{ або } \delta = 0,2\% \leq 1,0\%,$$

а також вимогам у діючій відомчій (ПАТ «Українська залізниця») нормативній документації [2, 3].

Мінімізація кількості ЗВТ у новій методиці дозволяє скоротити технологічний час на підготовку до вимірювань, контроль умов виконання вимірювань та час вимірювань, знизити загальні фінансові витрати на придбання і повірку (калібрування) еталонних ЗВТ, мінімізувати вплив людського чинника на результати метрологічних вимірювань.

Практична цінність отриманих результатів. Запропонований авторами метод увійшов до методичного документу з метрології ПМА 004-2013 (Програма і методика первинної та періодичної атестації стенду для випробування редукторів приводів генераторів від середньої частини осі колісної пари пасажирських вагонів марки «ВІР-1500»), яка була затверджена в місцевих органах департаменту технічного регулювання і набув чинності з 01.12.2016 року.

Література

1. Інструкція з ремонту редукторно-карданних приводів пасажирських вагонів. ЦЛ-0078 [Текст] : Затв.: Наказ Укрзалізниці 31.03.09. № 219-С / Державна адміністрація залізничного транспорту України. Укрзалізниця. Головне пасажирське управління – К., 2010. – 191с.

2. ДСТУ 2796-94 (ГОСТ 29285-95). Приводи механічні. Методи випробувань : Приводы механические. Методы испытаний : чинний від 1996-07-01. На заміну ГОСТ 29285-92. – К. : Держстандарт України, 1995. – 40 с.
3. ГОСТ 24555-81. Система государственных испытаний продукции. Порядок аттестации испытательного оборудования : Основные положения. - М.: Изд-во стандартов, 1981. – 12 с.
4. Методика метрологічної атестації стенда для випробування редукторів з приводом від середньої частини вісі колісної пари пасажирських вагонів [Текст] : метрологічний документ з метрології / розроблено РКЛ Вагонного депо ст. Каховка Одеської залізниці. – Таврійськ, 2014. – 11 с.
5. К. Ф. Боряк, Н.О. Перетяка. Проблеми атестації випробувальних стендів, в яких використовується перетворювач частотний векторний для трифазного електроприводу // Тези доповідей 6-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Метрологія, технічне регулювання, якість: досягнення та перспективи» у Одеській державній академії технічного регулювання та якості. – Одеса, 11-12.10.2016, – С. 234-237.
6. Стенд для випробування редукторів приводів генераторів від середньої частини осі колісної пари пасажирських вагонів марки «ВІР-1500». Програма і методика атестації ПМА №004-2016 [Текст] : методичний документ з метрології ПМА ВО 004-2016 / Ю. Г. Ткаченко, Н. О. Перетяка, К.Ф. Боряк; ПМП «КОМПРО», ОДАТРА. – Одеса, 2016. – 23с.

References

1. Instrukcija z remontu reduktorno-kardannih privodiv pasazhirs'kih vagoniv. CL-0078 [Tekst] : Zatv.: Nakaz Ukrzaliznici 31.03.09. № 219-S / Derzhavna administracija zalizničnogo transportu Ukraini. Ukrzaliznija. Golovne pasazhirs'ke upravlinnja – K., 2010. – 191s.
2. DSTU 2796-94 (GOST 29285-95). Privodi mehanichni. Metodi viprobuvan' : Privody mehanicheskie. Metody ispytanij : chinnij vid 1996-07-01. Na zaminu GOST 29285-92. – K. : Derzhstandart Ukraini, 1995. – 40 s.
3. GOST 24555-81. Sistema gosudarstvennyh ispytanij produkcii. Porjadok attestacii ispytatel'nogo oborudovanija : Os-novnye polozhenija. - M.: Izd-vo standartov, 1981. – 12 s.

4. Metodika metrologichnoї atestacii stenda dlja viprobuvannja reduktoriv z privodom vid seredn'oi chastini visi kolisnoi pari pasazhirs'kih vagoniv [Tekst] : metrologichnij dokument z metrologii / rozrobleno RKL Vagonnogo depo st. Kahovka Odes'koї zalizni-ci. – Tavrijs'k, 2014. – 11 s.
5. K. F. Borjak, N.O. Peretjaka. Problemi atestacii viprobuvannih stendiv, v jakih vikoristovuet'sja peretvorjuvach chastotnij vektornij dlja trifaznogo elektroprivodu // Tezi dopovidej 6-oї Mizhnarodnoї naukovo-praktichnoї konferencii «Metrologija, tehnič-ne reguljuvannja, jakist': dosjagnennja ta perspektivi» u Odes'kij derzhavnij akademii tehničnogo reguljuvannja ta jakosti. – Odesa, 11-12.10.2016, – S. 234-237.
6. Stend dlja viprobuvannja reduktoriv privodiv generatoriv vid seredn'oi chastini osi kolisnoi pari pasazhirs'kih vagoniv marki «VIR-1500». Programa i metodika atestacii PMA №004-2016 [Tekst] : metodichnij dokument z metrologii PMA VO 004-2016 / Ju. G. Tkachenko, N. O. Peretjaka, K.F. Borjak; PMP «KOMPRO», ODATRJa. – Odesa, 2016. – 23s.

Боряк К.Ф., Перетяка Н.А. Особенности аттестации современного стента для испытания редукторов привода генератора пассажирских вагонов

В статье рассматриваются метрологические проблемы, возникающие при аттестации современного испытательного оборудования, а именно автоматизированного стента для испытания редукторов от средней оси колесной пары пассажирских вагонов, в котором режимы работы электропривода управляются преобразователем частотным векторным (ПЧВ).

Ключевые слова: *испытательный стент, преобразователь частотный векторный, управление электроприводом, методика аттестации, средства измерительной техники.*

Boryak K., Peretyaka N. Features attestation of modern stands for testing of reducers generator drive passenger carriages

The article deals with metrological problems arising in the certification of modern test equipment, namely an automated test bench for testing gearboxes from the central axis of the wheel pair of passenger railway carriage, in which the operating modes of the electric drive are controlled by a frequency vector converter (VFD).

Keywords: *test stand, frequency vector converter, electric drive control, certification technique, measuring equipment*

Боряк К.Ф. - д.т.н., доцент, завідувач кафедри Метрології та метрологічного забезпечення, Одеська державна академія технічного регулювання та якості. ndi_pssem@mail.ru.
Перетяка Н.О. - здобувач кафедри Метрології та метрологічного забезпечення Одеська державна академія технічного регулювання та якості. odatrya@yandex.ru.

Рецензент: д.т.н., проф. **Горбунов М.І.**

Стаття подана 13.03.2017