

АНАЛІЗ ПРИЧИН ВІДМОВ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ТА ВАНТАЖНИХ ЕЛЕКТРОВОЗІВ ЛОКОМОТИВНИХ ДЕПО КИЇВ-ПАСАЖИРСЬКИЙ ТА КОЗЯТИН

Реуцький М.О., к.т.н., доцент, Красовський П.О., магістрант
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електромеханіки

На експлуатаційну надійність електричних машин електрорухомого складу впливають такі основні фактори, як вібрація, значні коливання температури навколишнього середовища, підвищена вологість, запиленість, нестабільність напруги живлення, а також динамічні складові режимів експлуатації, викликані прискореннями та гальмуваннями електровозу або коливанням кузова в різних площинах. Простір, в якому розміщують тягові двигуни на електровозах обмежено, що викликає відповідне обмеження їхніх габаритних розмірів. Це змушує передбачати в тягових двигунах великої потужності, в порівнянні зі звичайними стаціонарними електричними машинами, більш високі електричні та механічні навантаження. Тому, при виготовленні та ремонті тягових двигунів використовують матеріали високої якості. Діапазон температур, при яких доводиться працювати тяговим двигунам, коливається від -50°C до $+40^{\circ}\text{C}$. Навантаження в експлуатації короткочасно перевищують номінальні на 50...70%. На двигуни, особливо при опорно-осьовому підвішуванні, впливають великі динамічні сили, що виникають при проходженні колісними парами нерівностей колії. Температура обмоток тягових двигунів в експлуатації може досягати 180°C . На ізоляцію тягових двигунів може короткочасно впливати значне перевищення напруги живлення. Тягові двигуни розташовані під кузовом електровоза, тому до захисту тягових двигунів від проникнення в них пилу й вологи висувають особливі вимоги. Для тягових машин висуваються додаткові умови до їх надійності в термін їх роботи [1].

На вантажних електровозах ВЛ80 використовують регулювання на стороні нижчої напруги трансформатора (система низьковольтного регулювання), при якому вторинна обмотка трансформатора секціонована. На пасажирських електровозах ЧС4 і ЧС4^Т застосовують регулювання на первинній стороні тягового трансформатора (система високовольтного регулювання).

Тяговий електродвигун НБ-418К6 (рис. 1.а) встановлюють на електровозах змінного струму серії ВЛ40, ВЛ80.

Годинна потужність двигуна становить – 790 кВт; годинний струм – 880 А; тривала потужність – 710 кВт; тривалий струм – 800 А; номінальна напруга на затискачах -950 В. Вага тягового двигуна без шестерні – 4350 кг. Коефіцієнт корисної дії - 0,91...0,94.

Двигун виконаний для опорно-осьового підвішування являє собою шестиполісну компенсовану електричну машину з послідовним збудженням і незалежною примусовою системою вентиляції. Холодне повітря надходить в тяговий двигун з боку колектора через вентиляційний люк і виходить із двигуна з боку, протилежного колектору, під кузов електровоза через спеціальний кожух. Спроековано двигун для роботи на пульсуючому струмі від випрямної

установки з включенням послідовно в коло кожного тягового двигуна згладжуючого реактора.

Корпусна ізоляція котушок складається з 5 шарів міканітової стрічки, покривна ізоляція - один шар склострічки, міжвиткова ізоляція – азбестовий папір намотаний у два шари. До крайніх витків котушки припаяні вивідні шунти. Котушка по поверхні покрита електротехнічною емаллю. Компенсаційна обмотка складається із шести окремих котушок по шість витків кожна з яких розташовується в пазах головних полюсів. Обмотку намотано з мідної шини розміром 4,4x35 мм таким чином, що в кожному пазу розташовуються по 2 провідника. Корпусна ізоляція складається з чотирьох шарів слюдинітової стрічки і одного шару фторопластової стрічки. Покривна ізоляція з одного шару склострічки. Міжвиткова ізоляція складається з одного шару слюдинітової стрічки товщиною 0,1 мм.

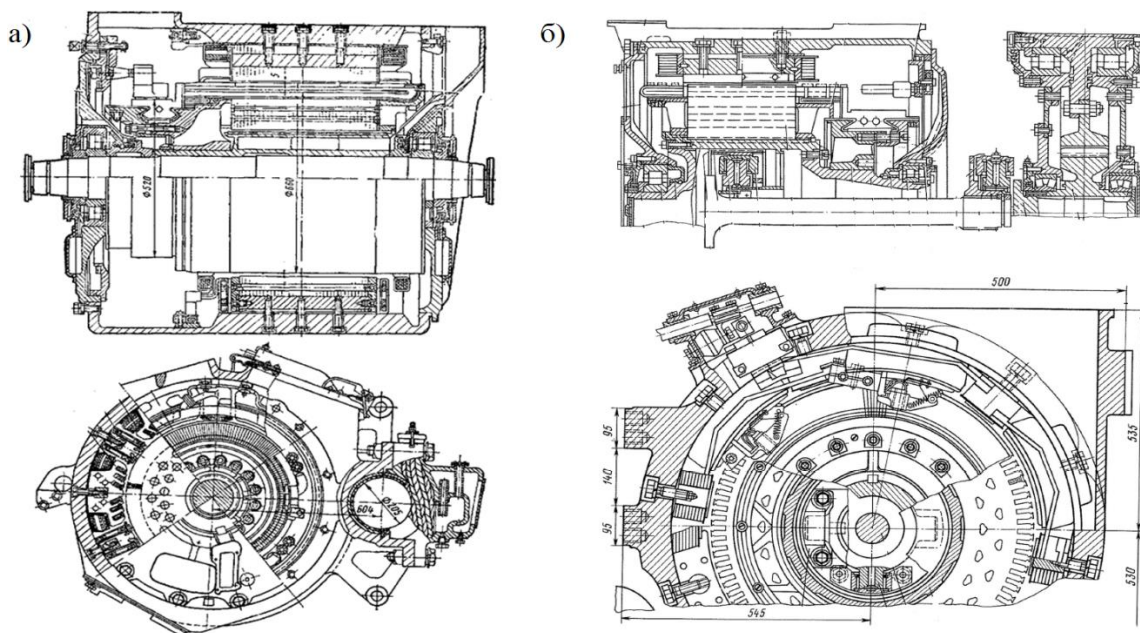


Рисунок 1 – Тяговий електродвигун НБ-418К6 електровоза ВЛ80 (а) та АL-4442пр електровоза ЧС4 (б).

Колектор аркового типу, набрано з 348 мідних пластин. Пластини притиснуті натискним конусом який закріплений до передньої втулки болтами. Пластини ізольовані одна від одної міканітовими прокладками. Від втулки колектора і натискного конуса колекторні пластини ізольовані міканітовими манжетами. Обмотка якоря проста петлева складається з 87 якірних котушок. Ізоляція обмотки склослюдинітова. Під основною обмоткою намотано 58 котушок обмотки вирівнювання. Обмотка в пазах сердечника якоря закріплена клинами з текстоліту. Ізоляція обмотки якоря тричі просочується в лаку, а зовнішня поверхня сердечника до півників покрита електроізоляційною емаллю [2].

Особливостями тягових електродвигунів пасажирських локомотивів та моторних вагонів електропоїздів є їх опорно-рамне розташування. Передача обертаючого моменту від якоря тягового двигуна до шестерні моторно-

осьового редуктора проводиться у електровозів серій ЧС2, ЧС4, ЧС7, ЧС8 за допомогою карданного вала.

Конструкція остову та полюсів тягових електродвигунів АЛ-4442пр, електровоза ЧС4 (рис. 1.б), в основному аналогічна.

Якір двигуна АЛ-4442пр пасажирського електровозів ЧС4 по конструкції відрізняється від якорів двигунів з опорно-осьовим підвішуванням. Втулка якоря являє собою пустотілий циліндр, до кінців якого приєднані пустотілі втулки. На втулку напресовано сердечник якоря і натискні шайби, на іншу втулку – корпус колектора, внутрішнє кільце підшипника і лабіринтове ущільнення. Зовнішні кільця підшипників і лабіринтових ущільнень запресовані в підшипникові щити. В підшипниковому щиті колектора встановлено траверсу. Зовні роликові підшипники закриті кришками, а внутрішня порожнина втулки - кришкою з ущільненнями.

Усередині втулки знаходиться карданний вал і кулачкова муфта, яка передає обертовий момент від якоря до карданного вала. На зовнішній поверхні циліндра кулачкової муфти зроблено 12 шліцьових вирізів уздовж циліндра, в які входить стільки ж пластин, жорстко прикріплених до внутрішньої поверхні втулки якоря.

Хрестовина кулачкової муфти приводить в обертання від втулки якоря карданний вал. Обертаючий момент від карданного вала на малу шестірню передається через таку ж кулачкову муфту, яка розміщена поза тяговим двигуном [3].

Для аналізу несправностей взято відмови двигунів НБ-418К6 електровозів ВЛ80 локомотивного депо Козятин (таблиця 1, гістограма 1) та двигунів АЛ-4442пр електровозів ЧС4 локомотивного депо Київ-Пасажирський (таблиця 2, гістограма 2). Для зручності порівняння даних показники приведені до кількості відмов на 1 млн. кілометрів пробігу, тобто скільки відмов припадає на пробіг електровозу в 1 млн. кілометрів пробігу.

Несправності, які не виникали в досліджуваному періоді експлуатації не вказані.

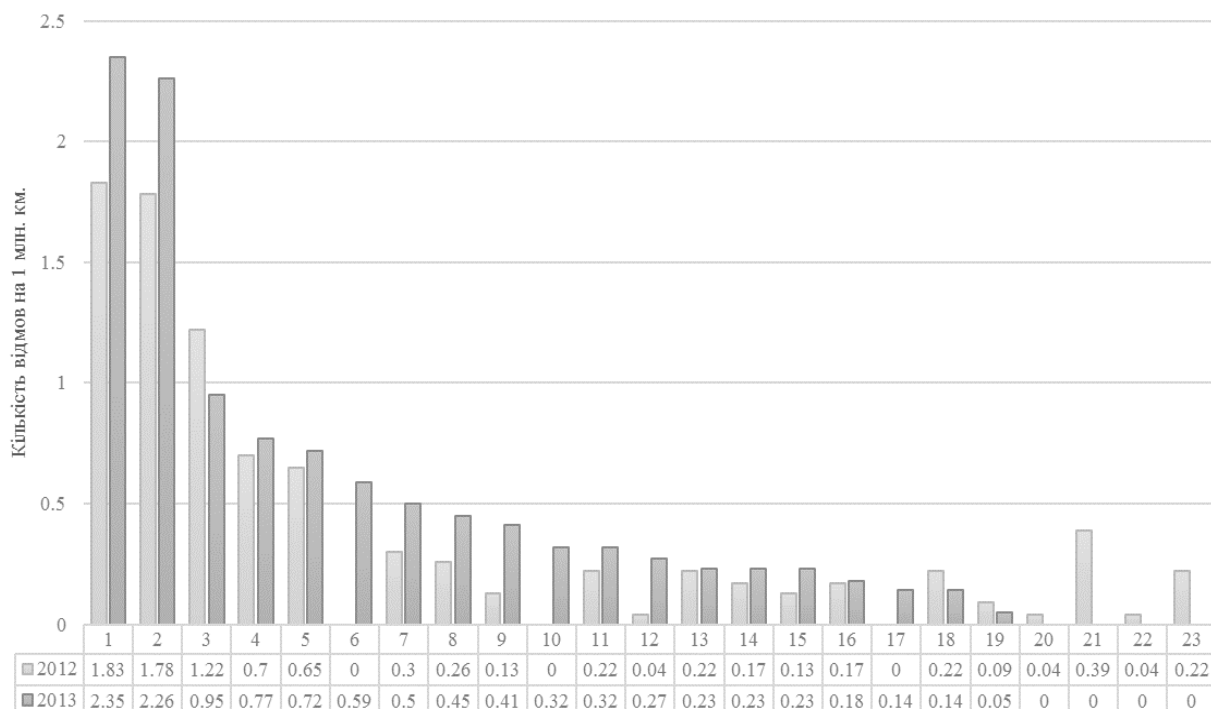
Таблиця 1 – Відмови по типах двигунів НБ-418К6

НБ-418К6		2012		2013	
		загальна	на 1 млн км	загальна	на 1 млн км
		205	8.82	245	11.11
1	Пробій та м.в.з. в обмотці якоря	42	1.83	52	2.35
2	Пробій та м.в.з. в обмотці додаткового полюсу	43	1.78	50	2.26
3	Пошкодження моторно-якірних підшипників	28	1.22	21	0.95
4	Пошкодження з'єднань обмоток додаткового полюсу із компенсаційною обмоткою	16	0.7	17	0.77
5	Пробій корпусної ізоляції шини траверси	15	0.65	16	0.72
6	Інше	0	0	13	0.59
7	Биття колектора вище граничного значення	7	0.3	11	0.5
8	Розшарування бандажа якоря	6	0.26	10	0.45
9	Відгар вивідних кабелів	3	0.13	9	0.41
10	Виплавляння пластин колектора	0	0	7	0.32

Продовження таблиці 1

11	Пробій та м.в.з. в обмотці головного полюсу	5	0.22	7	0.32
12	Послаблення, злам трубки поповнення мастила	1	0.04	6	0.27
13	Виробіток поверхні колектора	5	0.22	5	0.23
14	Пошкодження з'єднань обмоток головних полюсів	4	0.17	5	0.23
15	Потрапляння мастила в остов	3	0.13	5	0.23
16	Пошкодження кронштейна кріплення кожуха	4	0.17	4	0.18
17	Злам валу якоря	0	0	3	0.14
18	Причина не підтвердилася	5	0.22	3	0.14
19	Послаблення посадки шестерні на валу якоря	2	0.09	1	0.05
20	Збільшений осьовий пробіг якоря	1	0.04	0	0
21	Повторний перекид напруги по колектору	9	0.39	0	0
22	Пошкодження з'єднань обмоток додаткових полюсів	1	0.04	0	0
23	Відгар шини траверси	5	0.22	0	0

Динаміка зміни відмов електродвигуна НБ-418К6



Гістограма 1

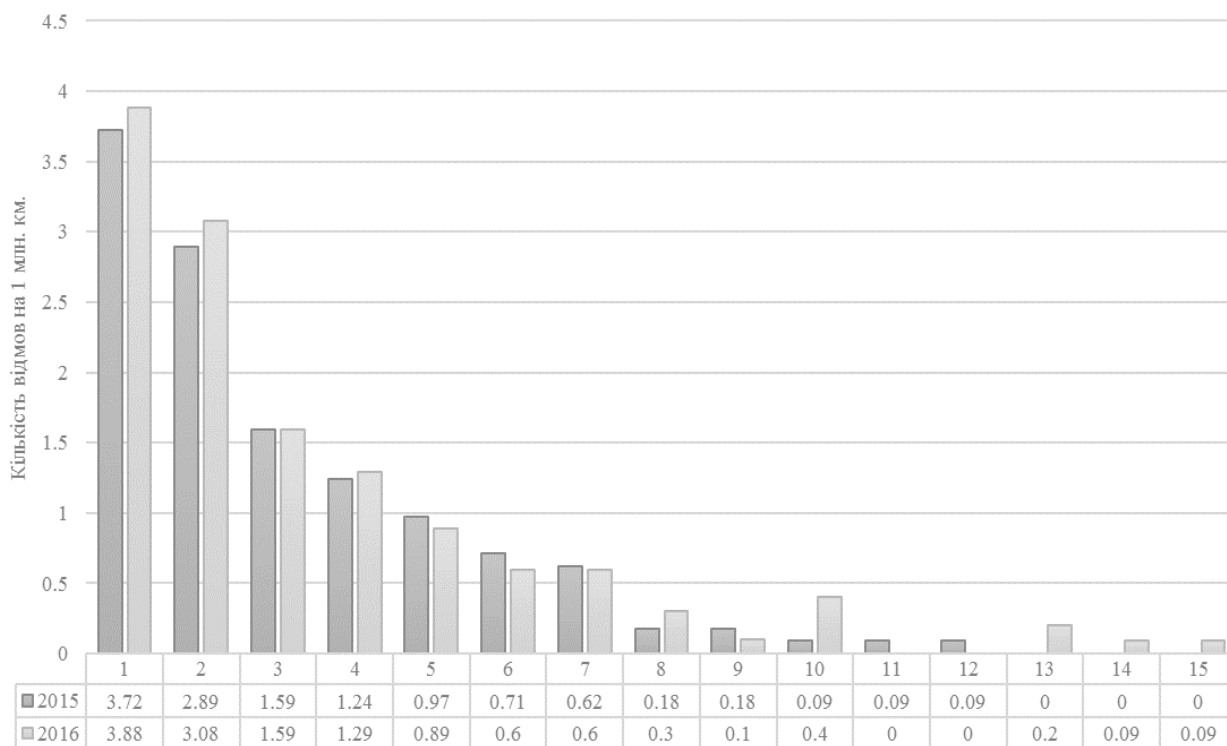
Таблиця 2 – Відмови по видах двигунів AL-4442np

AL-4442np		2015		2016	
		загальна	на 1 млн км	загальна	на 1 млн км
		139	12.37	132	13.11
1	Зниження опору ізоляції	42	3.72	39	3.88
2	Злам/тріщина карданного вала	32	2.89	31	3.08
3	Послаблення кріплення повідка карданної муфти	18	1.59	16	1.59
4	Послаблення малого кронштейна кріплення ТЕД	14	1.24	13	1.29
5	Пошкодження якорних підшипників	11	0.97	9	0.89
6	Пошкодження лабіринта	8	0.71	6	0.6
7	Пробій ізоляції та м.в.з. обмоток остова	7	0.62	6	0.6
8	Разбандажування якоря	2	0.18	3	0.3

Продовження таблиці 2

9	Пошкодження силових кабелів	2	0.18	1	0.1
10	Пробій ізоляції обмоток і м.в.з. обмоток головних і додаткових полюсів	1	0.09	4	0.4
11	Круговий вогонь по колектору	1	0.09	0	0
12	Знос сепаратора колекторного підшипника	1	0.09	0	0
13	Пробій та м.к.з. в обмотці якоря	0	0	2	0.2
14	Переброс по колектору	0	0	1	0.09
15	Тріщина наконечника ДП	0	0	1	0.09

Динаміка зміни відмов електродвигуна AL-4442np



Гістограма 2

Враховуючи відмінності конструкції даних двигунів несправності розділені на 4 групи: відмови ізоляції та струмопровідних частин, механічні несправності, пошкодження щіточно-колекторного вузла та інші несправності. Група інших несправностей характеризується нетиповими несправностями, що як правило, виникають випадковим чином, і при аналізі не враховується.

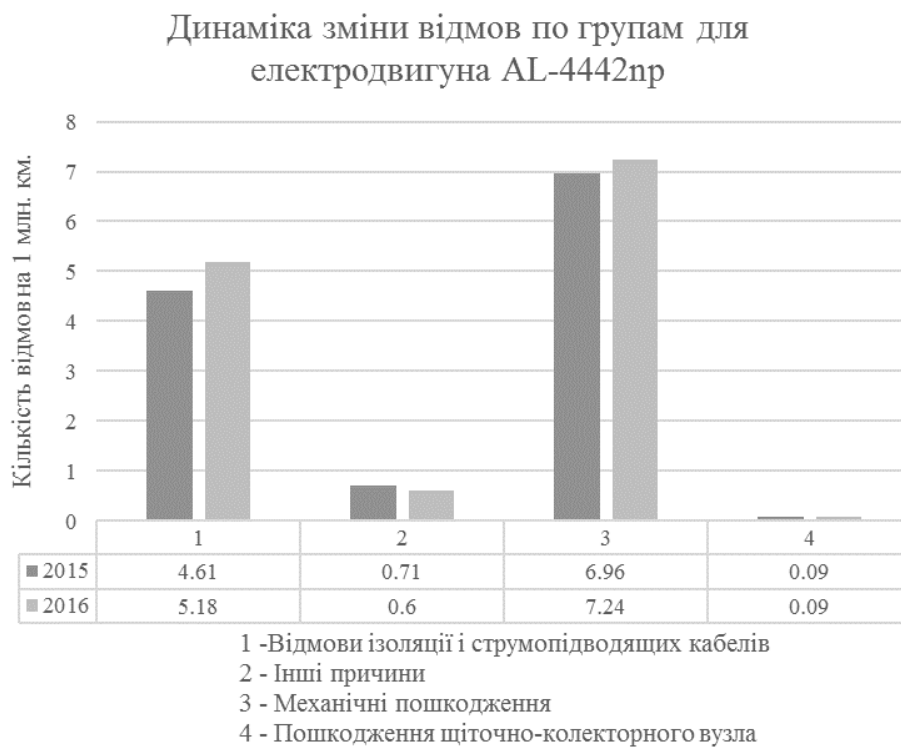
Як видно з гістограми 3 у електродвигунів НБ-418К6 значно переважають несправності ізоляції та струмопровідних частин. Це обумовлено регулюванням напруги на вторинній обмотці тягового трансформатора і, відповідно, перенапругами, що виникають. Також відмови пов'язані з пошкодженням струмопідводящих кабелів та механічні відмови пояснюються підвищеним рівнем вібрацій та механічних навантажень від колісної пари через опорно-осьове підвішування.

У електродвигунів AL-4442np (гістограма 4) переважають механічні відмови, що здебільшого виникають у вузлах карданних валів. Відмови ізоляції менші, а щіточно-колекторного вузла майже відсутні, що пояснюється

регулюванням напруги на первинній обмотці тягового трансформатора і меншим рівнем перенапруг при комутаціях в системі регулювання.

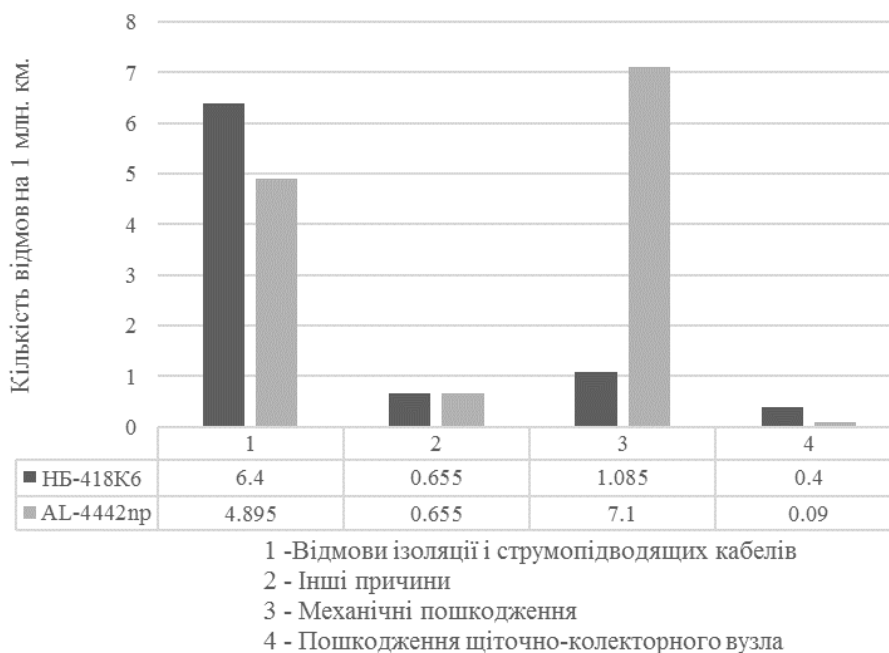


Гістограма 3



Гістограма 4

Співставлення усереднених показників аварійності двигунів



Гістограма 5

Для порівняння показників аварійності електродвигунів взято усереднене значення відмов за 2 роки та приведено їх на гістограмі 5.

Порівнюючи усереднені значення можна зробити висновки, що тягові електричні двигуни з опорно-осьовим підвішуванням та регулюванням напруги на вторинній стороні трансформатора більше схильні до пробою ізоляції. Покращити ці показники можна за рахунок вдосконалення системи регулювання шляхом встановлення фільтруючих елементів у схему. Механічні пошкодження і відмови щіточно-колекторного вузла викликані навантаженнями та вібраціями від колісної пари.

Тягові електродвигуни з опорно-рамним підвішуванням мають велику кількість механічних відмов. Це пояснюється конструкцією карданного валу та з'єднувальних муфт. Проте компенсація механічних впливів покращує роботу щіточно-колекторного вузла та зменшує кількість відмов ізоляції та струмопідводящих кабелів.

Перелік посилань

1. Електрорухомий склад залізниць: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів I-II рівня акредитації залізничного транспорту / С.О. Лиховидов, Ю.В. Клецов. – Одеса: Астропринт, 2013. – 440 с.

2. Електровоз ВЛ80т. Руководство по эксплуатации. Под ред. Б.Р. Бондаренко М.: «Транспорт», 1977 - 508 с.

3. Пассажирские электровозы ЧС4 и ЧС4Т Каптелкин В.А., Колесин Ю.В., Ильин И.П., Потапов А. С, Моховиков Д. И. Изд. 2-е, перераб. и доп. - М., «Транспорт», 1975, 384 с.