

внимание и выполняется (запланировано к выполнению) ряд мероприятий, которые существенно понизят риск возникновения детонации внутри ГО:

1. Водород – горючий газ, в воде слабо растворимый, на энергоблоках АЭС и ТЭС благодаря высокой теплопроводности газообразный водород используется как охлаждающая среда в мощных турбоагрегатах. При этом используются повышенные меры пожарной безопасности.

2. Существует ряд современных технологий тушения пожаров на больших водородных объектах, заключается в применении ПРВ.

Генерация значительного количества водорода на украинских АЭС приводит к образованию высоких концентраций водорода в помещениях ГО (более 15%), однако, согласно диаграммы Шапиро-Мофетти, условия детонации водорода не достигаются в виду высоких концентраций водяного пара (более 60%) и низкой концентрации кислорода. В виду значительного количества водорода, следует обратить внимание на все ситуации которые могут способствовать повышению риска концентрации водорода и кислорода в ГО, чтоб не допустить возможные непредвиденные ситуации.

Список использованных источников:

1. Протипожарная система для турбогенераторов энергоблоков ТЭС / А. П. Жаров, Н. З. Беликов, В. Д. Келлер [и др.] // Электрические станции. – 2001. – № 6. – С. 43–46.
2. Сравнительный анализ аварийных ситуаций, пожаров и взрывов в машзалах АЭС, электростанциях РАО ЕЭС при нарушениях в работе. – Москва: РАО ЕЭС, 2001. – 25 с.
3. Сравнительный анализ аварийных ситуаций, пожаров и взрывов в машзалах АЭС, электростанциях РАО ЕЭС при нарушениях в работе турбогенераторов с проливом масла и утечкой водорода: Технический отчет / ОАО «ВНИИАЭС». – М., 2008. – 88 с.
4. 43-601.6.202.001.П300 Технические предложения. Мероприятие 29112. Разработать и реализовать систему по сигналу «пожар» сброса водорода из корпуса генератора за пределы машзала. Этап 1: КИЭП. – 2007. – 38 с.

Янківський Д.З.

студент,

Українська академія друкарства;

інженер,

ЛКП «Львівелектротранс»

ТРОЛЕЙБУСИ З АВТОНОМНИМ ХОДОМ ТА ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЯ В УКРАЇНІ

Проблема забруднення навколишнього середовища викидами автомобільного транспорту, а також інфраструктурні проблеми великих міст, пов'язані із зростанням кількості приватних автомобілів привели до того, що великі міста зараз надають значну увагу розвитку міського електротранспорту. Однак не завжди економічно доцільно будувати необхідну інфраструктуру – тягові підстанції, контактні та кабельні мережі. Провідні виробники

електротранспорту, наприклад чеська компанія «Skoda Electric», конструюють не тільки електробуси, але й тролейбуси з автономним ходом (АХ) для міст, де уже існує тролейбусна інфраструктура [1].

Тролейбус із АХ у Європі називають частковим, бо він тільки частково залежить від контактної мережі (КМ). Поза ділянками з КМ тролейбус із АХ може житися від вбудованої дизель-генераторної установки (ДГУ), тягової акумуляторної батареї (ТАБ) чи батареї суперконденсаторів (іоністорів) [2]. Розроблено також тролейбуси з АХ, де в ролі додаткового джерела живлення використовуються паливні елементи та буферна акумуляторна батарея.

Перші тролейбуси з АХ побудовані у 1940-роках. Зокрема у СРСР збудований тролейбус із АХ ЗіС-154 із стандартним електроприводом і двигуном внутрішнього згоряння та генератором струму для живлення на ділянках без КМ. Тоді ж створений «контактний електробус», тобто тролейбус де АХ забезпечувався батареєю акумуляторів [3]. Серійні зразки тролейбусів із АХ від ДГУ з'явилися у 1990-х, а на початку 2000-х для автономного ходу почали застосовуватися ТАБ.

Інформація про тролейбуси із АХ від ДГУ, які нині експлуатуються в містах України зведена до таблиці 1.

Таблиця 1

Технічні характеристики тролейбусів із АХ від ДГУ

| Модель і тип тролейбуса | Місто експлуатації | Довжина кузова, м. | Маса тролейбуса споряджена і повна кг. | Потужність, кВт. | | |
|-------------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------------------------|--------------------------|--------------------|------------|
| | | | | тягового електро-двигуна | дизельного двигуна | генератора |
| MAN SL 172 НО, тривісний | Маріуполь | 12,0 | 12000/20000 | 155 | 30 | 27,3 |
| Skoda 21Tr ACI, двовісний | Чернівці | 11,560 | 12000/18000 | 156 | 40 | 40 |
| БКМ 321, двовісний | Одеса | 11,935 | 11750/18000 | 150 | 30 | |
| Hess BGT-N2, тривісний зічленований | Чернівці | 17,913 | 17500/28000 | 155 | 50 | 45 |
| ЮМЗ Т2 модернізований, двовісний | Кривий Ріг | 11,640 | 13132/17000 | 130 | 88 | |

Як бачимо, у більшості тролейбусів із АХ від ДГУ потужність двигуна внутрішнього згоряння складає не більше третини від потужності тягового електродвигуна (ТЕД). Тому АХ в них використовується здебільшого в якості

аварійного. АХ при перевезенні пасажирів може застосовуватися при невеликій швидкості руху і на маршрутах без значних ухилів. Тому у Чернівцях із складним рельєфом АХ від ДГУ для перевезення пасажирів не використовується взагалі. В Одесі таке перевезення можливе в межах знеструмленої секції контактної мережі, але не на ділянках без неї.

У Кривому Розі тролейбус ЮМЗ Т2 із АХ був оснащений ДГУ під час капітально-відновлювального ремонту серійного тролейбуса, який був виконаний силами КП «Міський тролейбус» у співпраці з компанією «Ді Елком Україна» [4]. Потужність ДГУ із дизельним двигуном PERKINS 1104C-44TAG2 складає більше 2/3 потужності ТЕД, тому він експлуатується на маршрутах, де на частині траси немає контактної мережі. ДГУ має розміри 1980x890x1317 мм і масу 1132 кг, її встановлення потребувало підсилення несівної системи тролейбуса.

ДГУ для зручності обслуговування розміщують у задній нижній частині тролейбуса, що викликано тим, що сучасні тролейбуси будують низькопідлоговими. Навіть не надто потужні ДГУ займають значне місце і зменшують корисну площу салону. Окрім того вони не відповідають критерію «нульові викиди» і потребують періодичного обслуговування. Тому після появи акумуляторів великої ємності і відносно невеликої ціни виробники почали відходити від практики встановлення ДГУ на тролейбуси із АХ.

Хоча для живлення автономного електротранспорту можуть використовуватися різні типи акумуляторів [5], зараз виробники віддають перевагу різним типам літій-іонних акумуляторів (ЛІА). Їх перевагою є висока напруга (біля 3,6 В) і малий внутрішній опір (0,15–0,25 Ом) елемента, висока питома енергоємність 100–190 Вт·год/кг і до 250 Вт·год/літр та питома потужність 1800 Вт/кг. Розроблено технології швидкого заряду ЛІА. Вартість 1 кВт·год ємності ЛІА складає 120–180 доларів США. В основному ЛІА витримують до 2000 циклів заряду-розряду і працюють при температурах від – 30 до + 50°C, що повністю відповідає кліматичній зоні України.

Перевагою літійових ТАБ над ДГУ є те, що вони практично не потребують обслуговування, щоб зберегти корисний простір салону можливо розмістити ТАБ на даху тролейбуса разом із контейнером із тяговим інвентаром. Тролейбус, оснащений ТАБ, більш економічний, оскільки при рекупераційному гальмуванні відбувається підзарядка ТАБ.

За кордоном серійні тролейбуси із АХ від ЛІА будують такі компанії, як «Skoda Electric» (Чехія), «Solaris» (Польща), «HESS» (Швейцарія) та низка інших. Ємність ТАБ вибирається в залежності від необхідної величини АХ, а також конкретних умов руху (в першу чергу – рельєфу). Компанія «Skoda Electric» для 12-метрових тролейбусів використовує ТАБ ємністю біля 55 кВт·год при потужності асинхронного ТЕД в 160 кВт [1]. Фірмою «HESS» (Швейцарія) виготовлено зічленований тролейбус «SwissTrolley lighTram 19 DC» із ТЕД потужністю 240 кВт, із ТАБ ємністю 64,3 кВт·год.

У низці міст України (Чернівці, Краматорськ, Рівне, Дніпро) експлуатуються тролейбуси із АХ моделі «Дніпро» Т203, де АХ забезпечується за рахунок батареї ЛІА. Характеристики цього тролейбуса наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

Деякі технічні характеристики тролейбуса «Дніпро» Т203

| Модель тролейбуса | Довжина, м. | Маса, т. | Потужність ТЕД, кВт. | Повна пасажиро-місткість, чол... | Ємність ТАБ, кВт·год та їх тип | Величина автономного ходу, км. |
|-------------------|-------------|----------|----------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Дніпро Т203 | 12,2 | 11,8 | 180, асинхронний | 90 | до 100, літій-іонний | 20 і більше |

В українського тролейбуса із АХ «Дніпро» Т203 ТАБ складається із 160 елементів загальною масою в 576 кг. Заряджання ТАБ відбувається під час руху тролейбуса від контактної мережі. Тривалість заряджання становить біля 40 хв. Ємність ТАБ зроблена значно більшою, а ніж потрібно для АХ в межах 20 км – це зроблено для збільшення довговічності акумуляторів. Тролейбус «Дніпро» Т203 побудований на Південному машинобудівному заводі ім. Макарова у співпраці з компаніями «Торговий дім «Літан» та «Інформбізнес» з Молдови (електрообладнання). Тролейбуси складають на базі кузовів МАЗ 203. Виробництво тролейбусів із АХ від ТАБ налагоджено також АТ «АК «Богдан Моторс» на заводі в Луцьку. Вони виготовляються на базі серійних моделей Т701.17 та Т901.17, які мають аварійний АХ від штатного акумулятора. Тролейбуси із великим АХ будуть постачатися у Хмельницький та Кременчук.

В Україні тролейбус із АХ також побудовано в Одесі шляхом глибокої модернізації чеського тролейбуса «Skoda 21Tr». Він має автономний хід 40 кілометрів. Використано систему керування тяговим електроприводом компанії «Політехносервіс» (Україна).

Єдиною вадою тролейбусів із АХ від ТАБ є обмежений термін служби акумуляторів, який менший за життєвий цикл тролейбуса, що сягає 15–20 років. Йде пошук інших джерел живлення, які мають таку ж тривалість життєвого циклу, як і сам транспортний засіб.

Білоруський виробник «Белкомунмаш» використав батареї графенових суперконденсаторів (іоністорів). Питома енергоємність таких іоністорів складає біля 30 Вт·год, що значно менше, а ніж у ЛІА, проте вони витримують без втрати ємності 500 тисяч і більше циклів заряду/розряду. Перевагою батарей іоністорів є дуже швидка зарядка, яка триває не більше 5–8 хв. при струмі біля 500 А. Недолік – майже лінійне падіння напруги при розряджанні.

Електробуси з динамічною зарядкою, де енергія накопичується у іоністорах, моделі Е433 «VITOVIT MAX ELECTRO» [6] уже працюють в якості міського транспорту в Мінську. Українське місто Дніпро замовило у «Белкомунмашу» тролейбуси моделі БКМ 321 із АХ від батарей іоністорів.

Список використаних джерел:

1. SKODA. Trolley / Battery BUSES: [проспект-каталог]. – Пльзень: SKODA ELECTRIC a.s., 2018 – 22 с.
2. Богдан Н.В. Перспективные направления развития городского нерельсового транспорта / Богдан Н.В., Николаев В.П., Сафонов А.И. – Минск: Ураджай, 1999. – 64 с.
3. Ефремов И.С. Троллейбусы: теория, конструкция и расчет / Ефремов И.С. – Москва: Высшая школа, 1969. – 488 с.
4. Модернизация троллейбусов с заменой системы управления тяговым двигателем и установкой дизель-генератора [Проспект-каталог]. – Київ: Ді Елком Україна, 2017. – 20 с.
5. Овсянников Е.М. Электрооборудование автотранспортных средств с тяговыми электроприводами / Овсянников Е.М., Долбилин Е.В., Кошеляев Е.М. – Москва: Палеотип, 2010. – 364 с.
6. Электробус модели E433 «VITOVТ MAX ELECTRO»/ [Опис і технічні характеристики на сайті виробника]. Режим доступу: <https://bkm.by/catalog/elektrobus-modeli-e433-vitovt-max-electro/>