

Г.Й.Боднар канд. техн. наук, доцент, О.В Шаповалов (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ В СИСТЕМАХ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ

В статті визначена проблема у сфері забезпечення протипожежного захисту об'єктів з масовим перебуванням людей, віддалених від населених пунктів, розглянуто напрямок можливого усунення вказаної проблеми, проаналізовано технічні можливості і характеристики сучасних акумуляторних батарей, переваги та недоліки найбільш розповсюджених видів акумуляторних батарей та визначено перспективи їх використання в якості автономних джерел живлення автоматичних установок з електроприводами в системах протипожежного захисту об'єктів з масовим перебуванням людей.

Ключові слова: акумуляторна батарея, автономне живлення, протипожежне водопостачання.

Вступ і постановка задачі. Захист населення від надзвичайних ситуацій (НС) різного характеру є першочерговим завданням служби цивільного захисту України, виконання якого повинно забезпечуватись різними шляхами, в тому числі використовуючи можливості та досягнення науки і техніки. Найбільша кількість НС, які виникли у 2009 році відносяться до НС техногенного характеру, до яких належать пожежі. В минулому році на пожежах загинуло 138 осіб [1]. Напрямки удосконалення систем захисту населення від НС техногенного та природного характеру передбачають забезпечення протипожежного захисту об'єктів з масовим перебуванням людей незалежно від форм власності та підпорядкування. Одним із шляхів вирішення проблеми захисту будівель з масовим перебуванням людей є обладнання таких об'єктів системами протипожежного водопостачання з окремими насосами, для яких передбачено резервуари з водою і електроживлення привідних двигунів здійснюється від двох вводів електромережі загального користування. Однак, в умовах НС при пожежах, коли є пошкодження лінії електропередач, електропостачання будівель стає недоступним. Ліквідація НС в таких умовах можлива лише при залученні сил і засобів МНС України. Згідно [2] час слідування оперативного-рятувальних підрозділів до місця виникнення пожежі визначається за формулою

$$t = t_n + t_{зб} + t_{сл} + t_{оп} \quad (1)$$

де t_n – час надходження інформації про пожежу, він приймається для міст – 8-10 хв, для сільської місцевості – 10-14 хв;

$t_{зб}$ – час збору та виїзду пожежно-рятувального підрозділу, приймають (1 хв);

$t_{сл}$ – середній час слідування на пожежу (7...8 хв);

$t_{оп}$ – час необхідний для оперативного розгортання та введення сил і засобів пожежно-рятувальних підрозділів (5 хв).

Враховуючи віддаленість об'єктів, особливо у гірській місцевості, завантаженість та стан доріг, зокрема в зимовий період, час прибуття до місця виклику збільшиться в 2-3 рази. Дослідження в [2] вказують на те, що час вільного розвитку пожежі може тривати 38 хвилин. Це є основний фактор небезпеки. Тому необхідно шукати шляхи вирішення цієї проблеми у застосуванні засобів протипожежного захисту на початковій стадії розвитку пожежі із залученням чергового персоналу об'єкта. Адже це може призвести до великих матеріальних збитків і людських жертв.

Мета роботи. На основі аналізу можливостей перетворення енергії, властивостей та характеристик сучасних акумуляторних батарей (АБ) визначити види батарей, які за своїми експлуатаційними характеристиками могли б бути використані в автономних (резервних) джерелах живлення установок та систем протипожежного захисту.

Аналіз останніх досліджень. В системах протипожежного водопостачання будівель з масовим перебуванням людей головним елементом є асинхронний двигун з короткозамкненим ротором привода водяного насоса підвищувача тиску води. Від його роботи залежить ефективність подачі води до осередку пожежі. Цей двигун живиться від мережі загального користування. У випадку відсутності живлення в електричній мережі привідний двигун насоса і система протипожежного водопостачання в цілому стають непрацездатними. Тому необхідно передбачати живлення електродвигуна від автономного джерела. Джерелом напруги в такому випадку може бути генераторна установка, так і пропонуване нами автономне джерело з використанням АБ і перетворювачів енергії – інверторів напруги. Недоліком генераторних установок є те, що вони мають велику інерційність – до 5 хв [6,7], в окремих випадках, при низьких температурах, – до 30 хв і їх необхідно розміщувати за межами будівель з перебуванням людей. А це в умовах НС створює певні труднощі, не дає змоги черговому персоналу діяти швидко і безпомилково. Натомість джерела автономного живлення з АБ можна розмістити в приміщеннях щитової цих будівель. В них практично відсутня інерційність. Генераторні установки можна використовувати для господарських потреб.

Одна із схем електроживлення привідного двигуна насоса підвищувача тиску води від автономного джерела з використанням АБ наведена на рис.1.

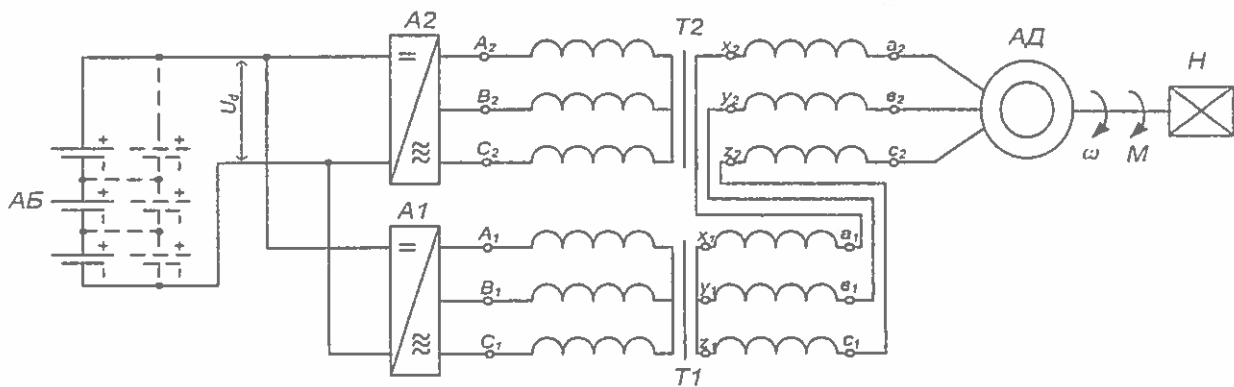


Рис.1. Схема електроживлення АД від автономного джерела

На схемі А1, А2 – автономні інвертори напруги; Т1, Т2 – трифазні трансформатори; АД – асинхронний двигун привода насоса; Н – насос. Для збільшення напруги АБ з'єднують послідовно, а для збільшення ємності – паралельно. Потужність джерела напруги визначається кількістю елементів АБ і її можна визначити за формулою

$$P_d = U_d I_d, \quad (2)$$

де U_d – напруга на виході батарей;

I_d – струм розряду батарей.

Струм розряду АБ залежить від ємності батареї. Для більшості АБ розрахункове значення струму можна визначити з ємності при стандартному 20-годинному розряді. При більшому струмі, час розряду АБ буде меншим. Математичну модель процесу розряду АБ описав Пекерт (Peukert). Він встановив емпіричну залежність, що між струмом розряду I_d і часом розряду T є постійне співвідношення, яке можна записати формулою

$$C_p = (I_d)^n T, \quad (3)$$

де C_p – ємність Пекерта, а n – показник Пекерта.

Значення показника n ненабагато більше за одиницю. Для кожного типу АБ є своє значення n . Найбільше n у тягових свинцево-кислотних АБ ($n=1,097$), його можна визначити експе-

риментально, виходячи з вимірювань двох значень I_{d1}, I_{d2} - струмів розряду, і відповідно часу - T_1, T_2 до повного розряду АБ.

$$(I_{d1})^n T_1 = (I_{d2})^n T_2. \quad (4)$$

Після перетворень виразу (4), отримаємо:

$$n = \lg \frac{T_2}{T_1} / \lg \frac{I_{d1}}{I_{d2}}. \quad (5)$$

Розрахунковий час роботи АБ можна визначити із співвідношення

$$T = \frac{C}{(I_d)^n}, \quad (6)$$

де C - ємність АБ, (Ah);

I_d - струм розряду, h.

У схемі (рис.1) відбувається перетворення постійної напруги АБ у трифазну зміну інверторами напруги. Ці напруги мають вищі гармоніки і їх форма описується виразами [3]:

$$U_1 = U_d \sum_{j=1}^{m+1} (2 / j\pi) \sin j(\gamma), \quad U_2 = U_d \sum_{j=1}^{m+1} (2 / j\pi) \sin j(\gamma - \rho), \quad U_3 = U_d \sum_{j=1}^{m+1} (2 / j\pi) \sin j(\gamma - 2\rho), \quad (7)$$

де U_d - напруга АБ;

$j = 6k \pm 1$, де $k = 0, 1, 2, \dots, m/6$ - порядковий номер гармоніки ($j = 1, 5, 7, 11, 13, \dots, m+1$),

$\rho = 2\pi/3$.

Діюче значення фазної напруги інвертора для першої гармоніки визначається за формулою. Ця напруга прикладається до первинної обмотки трансформаторів.

$$U^1 = \frac{U_d}{\pi} \sqrt{2}. \quad (8)$$

На трансформаторах Т1, Т2 напруги інверторів додаються, причому так, що напруги інвертора А2 зміщені на 30^0 відносно напруг інвертора А1. Тому сформовані в такий спосіб напруги живлення АД мають квазісинусоїдну форму. Осцилограма фазної напруги живлення АД, знята експериментально, показана на екрані осцилографа, рис. 2.

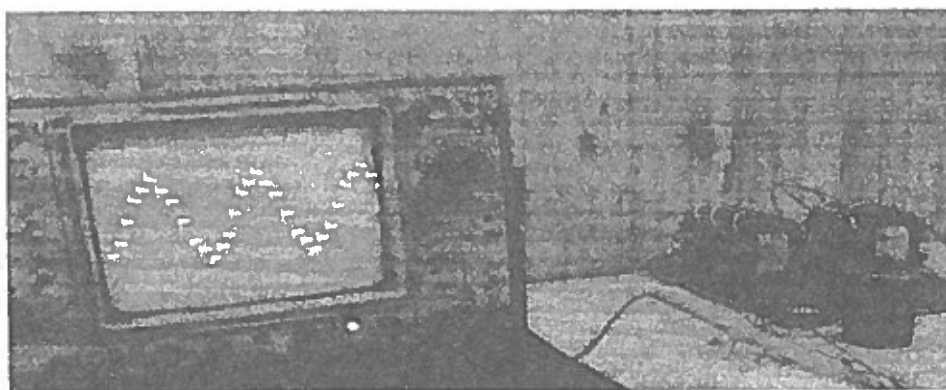


Рис. 2. Експериментальна установка формування кривої напруги живлення АД

Для даної форми напруги коефіцієнт нелінійних спотворень, що визначався як відношення кореня квадратного з суми квадратів діючих значень напруг вищих гармонік до діючого значення напруги основної гармоніки, рівний 0,12. Рівень найближчої гармоніки до основної (першої) не перевищує 1%, а діюче значення першої гармоніки можна визначити за формулою

$$U^1 = k \frac{U_d}{\pi} \sqrt{4 + 2\sqrt{3}}, \quad (9)$$

де k – коефіцієнт трансформації трансформаторів.

Потужність електропривода системи внутрішнього протипожежного водопроводу залежить від параметрів водяного насоса (помпи). Необхідна витрата водяної помпи Q та напір H залежать від параметрів будівлі і повинні забезпечувати компактний струмінь води у найвищій, найвіддаленішій частині споруди. Для будинок з масовим перебуванням людей, житлових і громадських, при різних планувальних рішеннях (поверховість, довжина коридорів, об'єм будівлі) нормативні витрати на гасіння імовірної пожежі становлять від 2,5 л/с до 7,5 л/с [8]. Напір на виході з пожежного крана, залежно від висоти приміщення, діаметра пожежного ствола, діаметра трубопроводу та довжини пожежного рукава, повинен становити в межах від 9,2 - 40 м [8]. Якщо вважати будівлю з масовим перебуванням людей, житлову або громадську, дев'ятиповерховою з висотою поверху 3м, то на ліквідацію імовірної пожежі передбачається введення двох стволів з витратами по 2,5 л/с, що в сумі становить 5 л/с і напором на виході з пожежного крана - до 10м.

Необхідний напір водяного насоса визначається як

$$H = H_{\text{нк}} + h_{\text{тр}} + Z, \quad (10)$$

де $H_{\text{нк}}$ – необхідний напір на виході з пожежного крана, 10 м,

$h_{\text{тр}}$ – втрати напору в трубопроводі,

Z – висота підйому води, 27м.

Втрата напору визначається

$$h_{\text{тр}} = \frac{Q^2 \times l}{K_1} = \frac{5^2 \times 27}{572} = 1,18 \text{ м} \quad (11)$$

де K_1 – коефіцієнт трубопроводу діаметром 65мм [9], ,

l – довжина трубопроводу,

Q – загальна витрата води на гасіння імовірної пожежі.

Підставивши отримане значення втрати напору у (10), отримаємо мінімальний напір водяного насоса

$$H = 10 + 1,18 + 27 = 38,18 \text{ м} \quad (12)$$

В результаті необхідна потужність на валу двигуна буде становити

$$P = Q \times H \times \rho \times q = 5 \times 10^{-3} \times 38,18 \times 10^3 \times 9,8 = 1870,82 \text{ Вт}, \quad (13)$$

де $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$ – густина води, $q = 9,8 \text{ м/с}^2$ - прискорення вільного падіння.

Для цього насоса з каталогу можна вибрати асинхронний двигун серії 4А з такими паспортними даними: Тип – 4А80В2, $P_n = 2,2 \text{ кВт}$, $n_n = 2871 \text{ об/хв}$, $U_n = 380 \text{ В}$, $I_n = 4,7 \text{ А}$, $\text{ккд} = 83\%$, $\cos \varphi_n = 0,87$. Потужність споживання такого двигуна буде визначатися за формулою

$$P_1 = \frac{P_n}{\eta} = \frac{2,2}{0,83} = 2,65 \text{ кВт}, \quad (14)$$

де $\eta = 0,83$ – коефіцієнт корисної дії двигуна.

Коефіцієнт корисної дії трансформаторів має високі значення (0,96 – 0,98). Тому необхідна потужність АБ буде приблизно $P_d = 3 \text{ кВт}$.

З формули (2) можна визначити струм розряду АБ

$$I_d = \frac{P_d}{U_d} \quad (15)$$

У випадку послідовно з'єднання 10 свинцево-кислотних автомобільних АБ з напругою 12 В, ємністю 55 Ah (рис. 1), отримаємо $U_d = 120 \text{ В}$. Тоді з (15) $I_d = 25 \text{ А}$. Згідно з (6), час розряду АБ буде рівним:

$$T = \frac{C}{(I_d)^n} = \frac{55}{(25)^{1,097}} = \frac{55}{34,16} = 1,6 \text{ год.}$$

Сучасні АБ характеризуються високою ємністю C (Ah), великим числом циклів заряд-розряд (до 1000), малими розмірами і значенням показника Пекерта n близьким до одиниці [6,7].

Для подальшого вибору типу батарей та їх комплектування у таблиці 1 наведені найважливіші характеристики сучасних типів акумуляторних батарей, які існують на ринку.

Таблиця 1

Характеристики	Типи акумуляторних батарей				
	NiCd	NiMH	Кислотні	Li-Ion	Li-Ion полімерні
Енергетична щільність, Вт/кг	45...80	60...120	30...50	110 ...160	100...130
Внутрішній опір, мОм	100...200 (батарея на 6 В)	200...300 (батарея на 6 В)	< 100 (батарея на 12 В)	150...250 (батарея на 7,2 В)	200...300 (батарея на 7,2 В)
Число циклів заряд-розряд до зниження ємності на 80 %	1500	300...500	200...300	500... 1000	300...500
Час швидкого заряду, год	1	2...4	8...16	2...4	2...4
Допустимий перезаряд	середній	низький	високий	дуже низький	низький
Саморозряд за місяць при кімнатній температурі, %	20	30	5	10	10
Напруга елемента, В	1,25	1,25	2	3,6	3,6
Струм навантаження відносно ємності C (Ah), А - піковий - допустимий	20·C 1·C	5·C до 0,5·C	5·C 0,2·C	більше 2·C до 1·C	більше 2·C до 1·C
Діапазон робочих температур, °С	-40...60	-20...60	-20... 60	-20...60	0...60
Обслуговування через	30...60дн.	60...90дн.	3..6м-ців	не регл.	не регл.
Початок виробництва	1950	1990	1970	1991	1999

На основі аналізу даних, наведених у таблиці 1, найкраще підходять для такого застосування літій-іонні, літій-полімерні та кислотні акумуляторні батареї, незважаючи на те, що за ціною вони значно дорожчі за інші типи.

Висновки. Для живлення асинхронних двигунів привода насосів підвищувачів тиску води в системах протипожежного водопостачання можна використовувати автономні джерела з АБ і перетворювачами енергії – інверторами напруги. Такі джерела живлення дадуть змогу забезпечити безперебійну роботу насосів протягом тривалого часу від моменту виявлення пожежі до прибуття оперативного-рятувальних підрозділів. Для ефективного використання запасу енергії АБ необхідно процес пуску двигуна регулювати. Тобто здійснювати частотний пуск. Одночасно цими АБ можна живити мережу аварійного освітлення при безпечних напругах.

Порівнюючи характеристики акумуляторних батарей можна стверджувати, що найкращими АБ для систем протипожежного захисту з електричним приводом можуть бути літій-іонні батареї. Вони характеризуються високою енергетичною щільністю, малим саморозря-

дом, великою кількістю циклів заряду-розряду та великим струмом розряду (до 1-С, А). Однак висока вартість, в порівнянні з іншими акумуляторними батареями, та особливі вимоги до експлуатації стримують їх широке застосування.

Список літератури:

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2009 році.
2. О.І. Крайнюк Підходи до визначення місць дислокації та площі обслуговування підрозділів місцевої пожежної охорони. Науковий вісник УкрНДІПБ, 2008, № 2 (18) стор.180-185.
3. Боднар Г.Й., Плахтина О.Г. Аналіз гармонічних складових вихідної напруги трифазного автономного інвертора// Теоритична електротехніка.- 1996.- № 53.- с. 108-118.
4. <http://esl.kiev.ua/ukrainian/ups-battery-sunlight.php>.
5. <http://www.vladar.com.ua/ru/products.html>.
6. Атабеков В. Б., Михайловский Ю. В. Передвижные электростанции. М. Высш. шк. 1985.
7. Кудряшов, Г.Ф., Старостин, Л.И. Передвижные энергетические установки. М.: Энергия 1978г. 288 с.
8. СНиП 2.04.01-85 "Внутренний водопровод и канализация зданий".
9. ГОСТ 10704-91 Трубы стальные электросварные прямошовные.

Г.Й. Боднар, канд. техн. наук, доцент, О.В. Шаповалов (Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности)

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ В СИСТЕМАХ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ

В статье определена проблема в сфере обеспечения противопожарной защиты объектов с массовым пребыванием людей удаленных от населенных пунктов, определено направление возможного устранения указанной проблемы, проанализировано технические характеристики современных аккумуляторных батарей, преимущества и недостатки наиболее распространенных видов аккумуляторных батарей и определены перспективы их использования в качестве автономных источников питания автоматических установок с электроприводами в системах противопожарной защиты объектов с массовым пребыванием людей.

Ключевые слова: аккумуляторная батарея, автономное питание, противопожарное водоснабжение.

G.I. Bodnar, Candidate of Science (Engineering), associate professor, O.V. Shapovalov (Lviv State University of Life Safety)

CONSISTING AND PROSPECTS OF APPLICATION OF STORAGE BATTERIES IS OF SYSTEMS OF FIRE-PREVENTION DEFENCE

The article deals with the problem of providing of objects' fire-prevention defence with large groups of people remote moved away from settlements. The direction of possible removal of the indicated problem is certain, history of development of storage batteries, technical descriptions of modern storage batteries, advantages and lacks of the most widespread types of storage batteries and certainly prospects of their use, is analysed as autonomous sources of power source with electrical drives in the systems of fire-prevention defence of objects with large groups of people.

Key words: storage battery, autonomous power supply, fire-prevention water-supply.