

Керівництво №1011 IALA щодо стандартного методу визначення й обчислення профілю навантаження на засоби навігаційного обладнання

КЕРІВНИЦТВО №1011 IALA

ЩОДО СТАНДАРТНОГО МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ Й ОБЧИСЛЕННЯ ПРОФІЛЮ НАВАНТАЖЕННЯ НА ЗАСОБИ НАВІГАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ



ТЕХНІЧНИЙ КОМІТЕТ IALA

Грудень 1999 р.

ВСТУП

Одним із висновків 2 Семінару IALABATT, що проводився у Сен Жермен ан Ле у 1993 р., було те, що IALA повинна якомога швидше розробити стандартний метод підрахування і визначення формату профілю навантаження тих засобів навігаційного обладнання, котрі працюють на акумуляторах.

Це завдання було занесено до Робочої Програми Технічного Комітету IALA згідно висновку Конференції IALA, що проводилася у 1994 р. у Гонолулу. Існування потреби у такій методології повторно було підтверджено навесні 1997 р. підчас 3 Семінару IALABATT.

ЗМІСТ

1. ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД НАВАНТАЖЕНЬ НА ЗАСОБИ НАВІГАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ	2
1.1 Статичні навантаження	2
1.2 Денні/нічні навантаження.....	2
1.3 Зміни рівня енергоспоживання	2
2. ОБЧИСЛЕННЯ ДЕННИХ НАВАНТАЖЕНЬ	4
2.1 ЦИКЛ РОБОТИ.....	4
3. СЕЗОННІ ЗМІНИ ДЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ	5
4. ФАКТИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ	8
4.1 Навантаження на лампу	8
4.2 Навантаження на автоматичний перемикач	11
4.3 Навантаження на ліхтар із поворотною платформою	12
4.4 Електричні звукові сигнали.....	13
4.5 Детектори туману	13
4.6 Апаратура управління-сигналами	14
4.7 Регулятори заряду	15
4.8 Радіолокаційні маяки.....	15
4.9 Системи контролю і телеметрії.....	16
5. СЕЗОННІ ЗАСОБИ НАВІГАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ	17
6. ВИСНОВКИ	19
СКОРОЧЕННЯ.....	20
ДОДАТОК.....	21

1. ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД НАВАНТАЖЕНЬ НА ЗАСОБИ НАВІГАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ

Електричні навантаження на апаратуру навігаційних пристроїв часто потребують особливої уваги під час проектування або ремонту систем, що використовують енергію сонця:

- Статичні, денні та нічні навантаження, якщо їх розрахувати неправильно, можуть призвести до передчасного пошкодження електричної системи. Статичні навантаження, якими б незначними вони не були, збільшують щоденне навантаження.
- Навантаження, котрі мають місце протягом дня або ночі коливатимуться залежно від тривалості роботи та широти місцезнаходження засобів навігаційного обладнання.
- Споживання електроенергії при деяких навантаженнях змінюється залежно від вхідної напруги, постійної або циклічної роботи (проблисковий режим), а також температури. Ці змінні можуть мати велике значення для енергетичних систем.

1.1 Статичні навантаження

Статичне навантаження — це енергоспоживання будь-якої одиниці обладнання під час роботи у режимі готовності, прийому сигналів або спостереження. Прийомопередавачі зазвичай мають різні профілі навантаження під час передавання і прийому сигналів. Регулятори заряду, як правило, споживають більше електроенергії протягом дня, коли ввімкнені зарядні реле (котрі можуть споживати значну кількість електроенергії), аніж вночі або, коли батарея повністю заряджена.

1.2 Денні/нічні навантаження

Денні або нічні навантаження можуть суттєво змінюватися, залежно від пори року. Ліхтар, що працює вночі у районі 58° північної широти, буде горіти приблизно 18 годин в грудні і менше 6 годин у червні. Від таких розбіжностей можуть значною мірою залежати розміри генератора та акумулятора.

1.3 Зміни рівня енергоспоживання

Температури коливання та перепади напруги також можуть викликати зміну в обсягах енергоспоживання. Активне навантаження потребує більшої кількості електроенергії, коли напруга зростає. Така особливість властива багатьом компонентам.

Денні навантаження фотоелектричних засобів навігаційного обладнання, звичайно, будуть пов'язані із підвищенням напруги у системи, оскільки сонячна батарея намагається перезарядити акумулятор. Конструкційні компоненти повинні бути здатні компенсувати такі зміни. Енергоспоживання навантажень повинно визначатися в умовах типових робочих значень напруги.

Керівництво №1011 IALA щодо стандартного методу визначення й обчислення профілю навантаження на засоби навігаційного обладнання

Навантаження, які мають місце як удень, так і вночі, можуть бути пов'язані із стрибками напруги у системі, а відтак, може бути необхідно розрахувати середнє значення енергоспоживання, аби точно передбачити роботу системи. Також, енергоспоживання при деяких навантаженнях змінюється в залежності від температури та умов оточуючого середовища.

Точний профіль навантаження від поставника і уявлення про умови експлуатації дуже корисні для визначення фактичного енергоспоживання; виміри під час випробувань у реальному (або віртуальному) експериментальному середовищі мають дуже важливе значення для підтвердження відповідності конструкції електричної системи експлуатаційним вимогам.

2. ОБЧИСЛЕННЯ ДЕННИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Найбільш важливим аспектом для автономної чи допоміжної конструкції акумуляторної електричної системи є обчислення денного навантаження ($E_{дн}$). Одиницями виміру зазвичай є ват-години на день (Вт.год./день). Наприклад, для безперервного навантаження в 1 ват обчислення відбувається наступним чином:

$$E_{дн} (\text{Вт.год.}) = \text{Навантаження (Вт)} \times \text{тривалість роботи протягом дня (год/день)}$$

$$E_{дн} = 1 \text{ Вт} \times 24 \text{ год/день} = 24 \text{ Вт/день}$$

Це означає, що основна акумуляторна система буде розряджена через 24 ват-години кожного робочого дня, і, що поновлювана електрична система повинна виробляти, принаймні, таку ж кількість електроенергії за один робочий день, із урахуванням віддачі акумулятора.

2.1 Цикл роботи

Циклічні навантаження виражаються за допомогою поняття циклу роботи, де:

$$\text{Цикл роботи} = \frac{\text{Час роботи}}{(\text{Час роботи} + \text{Час очікування})}$$

Таким чином, циклічне денне навантаження в 1 ват, при роботі протягом 24 годин на день, із часом роботи 3 секунди та часом очікування також 3 секунди, виражається як денне навантаження наступним чином:

$$E_{дн} = 1 \text{ Вт} \times 24 \text{ год/день} \times \left[\frac{3 \text{ сек. роботи}}{3 \text{ сек. роботи} + 3 \text{ сек. очікування}} \right] = 12 \text{ Вт.год./день}$$

При циклічному навантаженні, щоденне навантаження, у цьому випадку, становить половину від 100% навантаження циклу роботи. Це важливий аспект під час вибору обладнання для автономних або поновлюваних електричних систем. Можна зекономити електроенергію шляхом зменшення навантаження за рахунок циклів і, водночас, такий тип сигналу може не порушувати експлуатаційні вимоги.

3. СЕЗОННІ ЗМІНИ ДЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Щоби передбачити навантаження, пов'язані із використанням денного світла, які мають місце лише протягом дня або тільки вночі, потрібно докласти більше зусиль. Через те, що кількість годин денного світла змінюється кожного дня, навантаження також змінюватиметься щодня. Найбільш прості конструкції електричних систем базуються на максимальному значенні денного енергоспоживання. У північній півкулі воно досягається 21 грудня при нічному навантаженні і 21 червня при денному навантаженні. У південній півкулі дати змінюються прямо протилежно. Більш точний метод — створити комп'ютерну програму, або використовувати динамічну електронну таблицю, що дозволить розраховувати навантаження для кожного дня року, а потім визначати енергетичний баланс протягом періоду найбільш інтенсивного енергоспоживання.

Виходячи з того, що ввімкнення або вимкнення навантаження відбувається на сході або заході сонця, першим кроком у визначенні денних навантажень буде обчислення кількості годин денного світла або, навпаки, кількості годин темряви. Кількість годин денного світла протягом дня, $H_{\text{денного світла}}$, визначається як кількість годин між сходом та заходом сонця. Кількість годин темряви, $H_{\text{темряви}}$, визначається як кількість годин між заходом та сходом сонця. Обидва наступні рівняння можуть використовуватися для обчислення кількості годин денного світла.

Якщо всі обчислення здійснюємо у градусах, тоді:

$$H_{\text{денного світла}} = \left(\frac{2}{15} \right) \arccos \left[\frac{-0.0151 - \sin(L) \times \sin(D)}{\cos(L) \times \cos(D)} \right]$$

або, якщо всі обчислення здійснюємо у радіанах (пам'ятайте, що L і D необхідно виразити у радіанах), тоді:

$$H_{\text{денного світла}} = \left(\frac{24}{\pi} \right) \arccos \left[\frac{-0.0151 - \sin(L) \times \sin(D)}{\cos(L) \times \cos(D)} \right]$$

де:

$H_{\text{денного світла}}$ = кількість годин між сходом та заходом сонця.

L = широта місцезнаходження об'єкта, позитивні значення для північної півкулі, негативні — для південної.

D = відхилення сонця, позитивні значення для північної півкулі, негативні — для південної.

Примітка:

Число -0.0151 — це число, яке було отримане для позначення кількості годин денного світла і яке охоплює як напівдіаметр, так і вплив ефекту переломлення. Діапазон відхилення сонця становить від 23.45° S (-23.45°) до 23.45° N (+23.45°). Найбільша кількість годин темряви припадає на день зимового сонцестояння. Відхилення у день зимового сонцестояння у північній півкулі становить 23.45° S (-23.45°). Відхилення у день зимового сонцестояння у південній півкулі становить 23.45° N (+23.45°).

Відхилення сонця (D) у градусах може бути апроксимоване наступним чином:

$$\begin{aligned} D &= 23.45 \sin (1.008 (n-80)) && \text{для } n = 1 - 80 \\ D &= 23.45 \sin (0.965 (n-80)) && \text{для } n = 81 - 266 \\ D &= -23.45 \sin (0.975 (n-266)) && \text{для } n = 267 - 365 \end{aligned}$$

Де n — юліанське представлення дати, а всі обчислення здійснюємо у градусах.

Для широт далі 65.6°:

$$\left[\frac{-0.0151 - \sin (L) \times \sin (D)}{\cos (L) \times \cos (D)} \right]$$

тривалість у рівняннях $H_{\text{денного світла}}$ буде менше -1 для однієї частини року і більше +1 для іншої частини року. Протягом цих частин року вищезазначені рівняння для $H_{\text{денного світла}}$ не можуть бути використані, а натомість і слід застосовувати наступні:

$$\text{Якщо } \left[\frac{-0.0151 - \sin (L) \times \sin (D)}{\cos (L) \times \cos (D)} \right] < -1 \text{ тоді } H_{\text{денного світла}} = 24 \text{ (сонце не сідає)}$$

$$\text{Якщо } \left[\frac{-0.0151 - \sin (L) \times \sin (D)}{\cos (L) \times \cos (D)} \right] < +1 \text{ тоді } H_{\text{денного світла}} = 0 \text{ (сонце не сходить)}$$

Кількість годин між заходом і сходом сонця, $H_{\text{темряви}}$, може бути швидко підрахована за допомогою $H_{\text{денного світла}}$:

$$H_{\text{темряви}} = 24 - H_{\text{денного світла}}$$

Приклад: Щоб знайти максимальне денне навантаження для циклічного навантаження у 1 ват при роботі вночі, із часом роботи 3 секунди та часом очікування також 3 секунди, у районі 42° N широти, необхідно виконати наступне:

Оскільки навантаження має місце при роботі вночі, найбільше денне навантаження припадає на час зимового сонцестояння, коли відхилення сонця становить -23.45°: $D = -23.45^\circ$.

Керівництво №1011 IALA щодо стандартного методу визначення й обчислення профілю навантаження на засоби навігаційного обладнання

$$H_{\text{темряви}} = 24 - H_{\text{денного світла}} = 24 - 9.1 = 14.9 \text{ годин/день}$$

Якщо усі обчислення здійснюємо у градусах:

$$H_{\text{денного світла}} = \left(\frac{2}{15}\right) \arccos \left[\frac{-0.0151 - \sin(42) \times \sin(-23.45)}{\cos(42) \times \cos(-23.45)} \right] = 9.1 \text{ годин/день}$$

Таким чином, максимальне денне навантаження ($E_{\text{дн}}$) становить:

$$E_{\text{дн}} = 1 \text{ Вт} \times 14.9 \text{ годин/день} \times \left[\frac{3 \text{ сек роботи}}{3 \text{ сек роботи} + 3 \text{ сек очікування}} \right] = 7.45 \text{ Вт.год./день}$$

Щоб знайти денне навантаження для такого ж циклічного навантаження 14 лютого, робимо наступне:

$$D = 23.45 \sin(1.008(n - 80)), \text{ де } n = 45 \text{ (юліанське представлення дати для 14 лютого — 45)}$$

$$D = -13.54^\circ$$

І знову усі розрахунки здійснюємо у градусах:

$$H_{\text{денного світла}} = \left(\frac{2}{15}\right) \arccos \left[\frac{-0.0151 - \sin(42) \times \sin(-13.54)}{\cos(42) \times \cos(-13.54)} \right] = 10.5 \text{ годин/день}$$

$$H_{\text{темряви}} = 24 - H_{\text{денного світла}} = 24 - 10.5 = 13.5 \text{ годин/день}$$

Таким чином, денне навантаження становить:

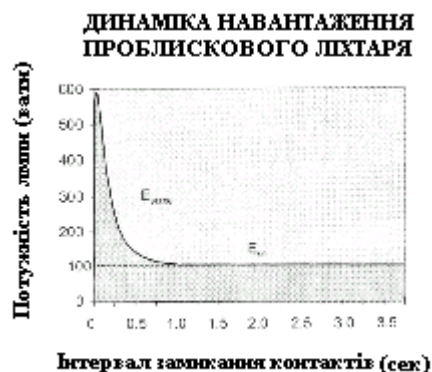
$$E_{\text{дн}} = 1 \text{ ВВ} \times 13.5 \text{ годин/день} \times \left[\frac{3 \text{ сек роботи}}{3 \text{ сек роботи} + 3 \text{ сек простою}} \right] = 6.75 \text{ Вт.год./день}$$

Теоретично, таким мусить бути число, отримане для засобів навігаційного обладнання, що вмикаються та вимикаються фотоелементом. Насправді, число може перевищувати це значення в залежності від кліматичних умов, місцевого оточення, затіненості та заданих параметрів фотоелемента. Щоби запобігти появі таких розбіжностей, особливо у високих широтах, рекомендується виконувати виміри у реальних умовах, за допомогою самописця із годинником, під час роботи або простою засобів навігаційного обладнання, або ж до рівняння необхідно додати коефіцієнт поправки.

4. ФАКТИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ

4.1 Навантаження на лампу

Найбільш загальним навантаженням на всі засоби навігаційного обладнання є світло. Лампи класифікуються за напругою та силою струму або потужністю. Лампи, які отримують напругу у циклічному режимі з автоматичного перемикача або регулятора напруги, споживають номінальну або розраховану кількість електроенергії. Наприклад, лампа накаливання у 12 вольт, 100 ват буде споживати 8.33 амперів при номінальній напрузі. Це співвідношення зберігається тільки для ламп накаливання із суцільним циклом роботи. Лампи із циклічним режимом роботи будуть заощаджувати електроенергію протягом фази простою, але вони будуть споживати більшу кількість електроенергії протягом робочої фази, частина якої буде витрачатись на повторний розігрів нитки накаливання, як показано на Малюнку 1:



Малюнок 1

Ділянка під кривою представляє енергію (E). Енергія, що споживається протягом однієї фази роботи (E₁), може бути поділена на 2 частини:

$$E_1 = E_{\text{стрибка}} + E_{\text{с}}$$

Де:

E₁ — енергія, що споживається протягом однієї фази роботи.

E_{стрибка} — енергія, витрачена внаслідок стрибка навантаження. Представлена верхньою ділянкою кривої на Малюнку 1.

Есс — енергія у сталому стану. Представлена прямокутною ділянкою Малюнка 1.

Розглянемо $E_{\text{стрибка}}$. Для будь-якої лампи даного типу $E_{\text{стрибка}}$ може розглядатися як константа. Графік фактора стрибка навантаження для звичайних ламп накаливання у засобах навігаційного обладнання приведений на Малюнку 2.



Малюнок 2

$E_{\text{стрибка}}$ може бути апроксимована наступним чином:

$$E_{\text{стрибка}} = 0.1019x^2 + 1.24x - 0.3341$$

Де:

x — сила струму лампи в амперах
 $E_{\text{стрибка}}$ наводимо у ватах на секунду

Тепер розглянемо $E_{\text{сс}}$:

$$E_{\text{сс}} = P_{\text{сс}} \times T_{\text{фази роботи}}$$

Де:

$P_{\text{сс}}$ — енергія лампи у сталому стані
 $T_{\text{фази роботи}}$ — тривалість фази роботи
 $E_{\text{сс}}$ наводимо у ватах на секунду

Для визначення енергії, що споживається за день (денного навантаження) лише помножимо кількість фаз роботи за день:

$$E_{\text{дн}} = E_1 \times \text{кількість фаз роботи}$$

$$E_{\text{дн}} = E_1 \times \frac{N}{T_{\text{періоду}}}$$

Керівництво №1011 IALA щодо стандартного методу визначення й обчислення профілю навантаження на засоби навігаційного обладнання

Де:

E_1 — ват на секунду

H — годин роботи ліхтаря на день (години)

$T_{\text{періоду}}$ — тривалість періоду роботи ліхтаря (сек.)

Зверніть увагу, що $E_{\text{дн}}$, денне навантаження, зручно наводити у Вт.год./день

Отже, все разом:

$E_{\text{дн}} = E_1 \times \text{кількість фаз роботи}$

$$E_{\text{дн}} = (E_{\text{стрибка}} + E_{\text{сс}}) \times \frac{H}{T_{\text{періоду}}}$$

$$E_{\text{дн}} = (E_{\text{стрибка}} + P_{\text{сс}} \times T_{\text{фази роботи}}) \times \frac{H}{T_{\text{періоду}}}$$

Приклад: Яке денне навантаження лампи на 1.15 а (13.8 Вт), фаза роботи якої становить 1 секунду, а фаза очікування також дорівнює 1 секунді, якщо день має 13.9 годин темряви?

$$E_{\text{дн}} = [E_{\text{стрибка}} + P_{\text{сс}} + T_{\text{фази роботи}}] \times \frac{H}{T_{\text{періоду}}}$$

$$E_{\text{стрибка}} = 0.1019 (1.15a)^2 + 1.24 (1.55a) - 0.3341$$

$$E_{\text{стрибка}} = 1.2 \text{ Вт.сек.}$$

$$P_{\text{сс}} = 13.8 \text{ Вт}$$

$$T_{\text{фази роботи}} = 1 \text{ сек.}$$

$$H = 13.9 \text{ годин/день}$$

$$T_{\text{періоду}} = 2 \text{ сек.}$$

$$E_{\text{дн}} = [1.2\text{Вт} - \text{сек.} + (13.8\text{Вт})(1\text{сек.})] \times \frac{13.9 \text{ годин}}{2 \text{ сек.}}$$

$$E_{\text{дн}} = [15.0\text{Вт} - \text{сек.}] \times \frac{13.9 \text{ годин}}{2 \text{ сек.}}$$

$$E_{\text{дн}} = 104 \text{ Вт.год./день}$$

Вищенаведені обчислення енергії лампи є апроксимаціями, що ґрунтуються на емпіричних даних і можуть використовуватися замість реальних вимірювань. Постачальники ламп повинні надавати середні значення сили струму лампи для всіх популярних проблискових ритмів. Ці дані спрощують обчислення денного навантаження.

Наприклад, лампа на 12 вольт, 0.55 а (6.6 ват) із фазою роботи, що дорівнює 1 секунді, та фазою очікування, що також дорівнює 1 секунді, протягом дня із 13.9 годинами темряви матиме наступне денне навантаження:

Примітка:

Виробник зазначає, що середня сила струму лампи на 12 вольт, 0.55 а складає 0.578, фаза роботи триває 1 секунду.

$$E_{\text{дн}} = [P_{\text{середнє}} \times T_{\text{фази роботи}}] \times \frac{N}{T_{\text{періоду}}}$$

$$P_{\text{середнє}} = 12 \text{ В} \times 0.578 \text{ а} = 6.9 \text{ Вт}$$

$$E_{\text{дн}} = [6.9 \text{ Вт} \times 1 \text{ сек}] \times \frac{13.9 \text{ годин}}{2 \text{ сек.}}$$

$$E_{\text{дн}} = 48.0 \text{ Вт.год./день}$$

Примітка: Ці фактори стрибка навантаження зменшуються із зростанням кількості фаз роботи і не стосуються СВД.

4.2 Навантаження на автоматичний перемикач

Пристрій, що відповідає за роботу лампи у проблисковому режимі, також споживає енергію. Виробники проблискових ліхтарів повинні надавати дані про енергоспоживання таких пристроїв; середнє значення може бути достатнім для приладів із високим коефіцієнтом корисної дії. Іншими словами, енергоспоживання протягом фаз роботи, фаз очікування та повного вимкнення (удень) може бути необхідним обчислити для визначення профілю навантаження. Взагалі, енергоспоживання обчислюється як денне навантаження наступним чином:

$$\text{Години } E_{\text{дн(розраховане)}} = P_{\text{статичне}} (\text{Вт}) \times \text{години денного світла (годин/день)} + P_{\text{фази очікування}} (\text{Вт}) \times (1 \text{ цикл роботи}) \times \text{години роботи (годин/день)} + P_{\text{фази роботи}} (\text{Вт}) \times \text{цикл роботи} \times \text{години роботи (годин/день)}$$

Приклад простішого способу обчислення за допомогою середніх даних процесу споживання електроенергії наведено нижче:

$$E_{\text{дн(середнє)}} = P_{\text{середнє}} (\text{Вт}) \times \text{години роботи на день (годин/день)}$$

$$P_{\text{середнє}} = 240 \text{ міліват (мВт) сумарних (згідно специфікації виробників)}$$

$$E_{\text{дн}} = 0.240 \text{ Вт} \times 24 \text{ годин/день} = 5.8 \text{ Вт.год./день}$$

Додаток до вищенаведеного прикладу:

$$E_{\text{дн}}(\text{лампа+проблисковий пристрій}) = 104 \text{ Вт.год./день} + 5.8 \text{ Вт.год./день} = 109.8 \text{ Вт.год./день}$$

для проблискової лампи та змінного пристрою

Газорозрядні лампи із баластним опором споживають електроенергію у кількості більше номінальної; баластний опір слід додавати при визначенні обсягів навантаження. І знову необхідні поради виробників щодо номінальної системної напруги та температури для визначення обсягів енергоспоживання; і ці значення повинні бути підтвержені шляхом застосування вимірювальних приладів у реальному середовищі.

Споживання електроенергії імпульсними лампами змінюється разом із зміною номінальною потужності, частоти проблисків та вхідної напруги. Через те що цикл зарядження/розрядження пов'язаний із ємністю конденсатора, енергоспоживання, як правило, апроксимується і описується як постійне навантаження. Виробники можуть надати дані про енергоспоживання цих пристроїв.

Використання сукупності світловипромінюючих діодів (СВД) у якості джерела світла набирає все більшої популярності. Енергоспоживання сукупності СВД може бути обчислене подібно до енергоспоживання вольфрамо-галогенної лампи. Проте, сукупність СВД не має такого високого стрибку при вмиканні, як показано на Малюнку 1, і з практичних міркувань $E_{\text{стрибка}}$ вважається нульовою.

4.3 Навантаження на ліхтарі із поворотною платформою

До навантаження ліхтарів, що обертаються на спеціальній платформі, додається також і навантаження на поворотний механізм. Маякові служби, як правило, експлуатують поворотні пристрої у режимі безперервної роботи як вночі, так і протягом дня, аби запобігти фокусуванню сонячних променів через панелі лінз і пошкодженню ламп або лампозамінного пристрою. Таким чином, енергоспоживання поворотного механізму повинно бути представлене як постійне навантаження. Це навантаження може суттєво змінюватися залежно від температури, тому надавайте докладну інформацію про оточуюче середовище, коли звертаєтесь до виробника за інформацією щодо енергоспоживання. Наприклад, поворотний маяк із лампою на 2.03 ампера із поворотним пристроєм, що працює у заданому ритмі у режимі безперервної роботи протягом ночі у районі 42° N широти від електромотору потужністю 1.2 мВт, буде мати наступне енергоспоживання:

$$E_{\text{дн}} = P_{\text{мотора}} (\text{Вт}) \times \text{години роботи на день (годин/день)}$$

$$E_{\text{дн}} = 1.2 \text{ Вт} \times 24 \text{ (годин/день)} = 28.8 \text{ Вт.год./день}$$

**Припускаємо, що денне і нічне енергоспоживання тотожне.*

У поворотних маяках можуть використовуватися автоматичні перемикачі із суцільним циклом роботи для регулювання напруги і керування лампозамінним пристроєм; у цьому випадку енергоспоживання становить:

Керівництво №1011 IALA щодо стандартного методу визначення й обчислення профілю навантаження на засоби навігаційного обладнання

$$E_{\text{ДН}} = [P_{\text{лампи}} (\text{Вт}) \times N_{\text{темряви}} (\text{годин/день})] + E_{\text{перемикача}} (\text{Вт.год./день}) + E_{\text{мотора}} (\text{Вт.год./день})$$

У вищенаведеному рівнянні:

$$N_{\text{темряви}} = 13.9 \text{ годин/день}$$
$$E_{\text{перемикача}} = 5.8 \text{ Вт.год./день}$$

$$E_{\text{ДН}} = [13.9 \text{ годин/день} \times 24.4 \text{ Вт}] + 5.8 \text{ Вт.год./день} + 28.8 \text{ Вт.год./день} = 373.8 \text{ Вт.год./день}$$

4.4 Електричні звукові сигнали

Звукові сигнали працюють у широкому діапазоні напруги і температури. Запросіть у виробника інформацію про енергоспоживання при очікуваній робочій напрузі (протягом доби напруга може бути вищою удень і нижчою вночі, якщо електрична система, що використовує енергію сонця невідрегульована) і очікуваній робочій температурі.

Наприклад, для звукового сигналу із енергоспоживанням у 21.6 ват протягом фази генерації звуку, і 0.24 ват протягом фази перерви кожні 30 секунд між 3-секундними фазами генерації звуку, енергоспоживання обчислюється наступним чином:

$$E_{\text{ДН}} = [(P_{\text{фази генерації}} (W) \times \text{цикл роботи}) + (P_{\text{фази перерви}} (W) \times (1 - \text{цикл роботи}))] \times \text{годин роботи/день}$$

$$\text{Цикл роботи} = \frac{3 \text{ сек. роботи}}{3 \text{ сек. роботи} + 27 \text{ сек. очікування}} = 0.10 \text{ or } 10\%$$

$$E_{\text{ДН}} = [(21.6 \text{ Вт} \times 0.10) + (0.24 \text{ Вт} \times (1-0.10))] \times 24 \text{ годин/день} = 57.02 \text{ Вт.год./день}$$

4.5 Детектори туману

Детектори туману можуть використовуватися для мінімізації шумового забруднення від звукових сигналів. Ці пристрої можуть використовувати нагрівачі у вікнах випромінювача та приймача, щоб запобігти конденсації у холодну погоду. Температура при ввімкнених нагрівачах змінюється залежно від моделі, але вони, як правило, вмикаються, коли фотоелементи виробляють найменшу кількість електроенергії. Ви повинні визначити температуру вмикання цих нагрівачів і мати доступ до інформації стосовно температури оточуючого середовища. Відтак, можна обчислити тривалість роботи нагрівачів (циклу роботи). Для визначення циклу роботи нагрівачів буде доцільним використовувати самописець, проте, якщо не враховувати період незвичайно жорстких морозів, це може призвести до передчасного виходу з ладу електричної системи, оскільки навантаження буде суттєво вищим. Самописець може також надавати корисні дані про кількість годин розповсюдження сигналу, коли контролююча система детекторів туману замінює теперішній 24-годинний цикл роботи.

Наприклад, детектор туману має енергоспоживання у 6 ват, а разом із навантаженням нагрівача — 24 вати. Нагрівачі вмикаються, коли температура навколишнього середовища нижче 10 С°. Дані про температуру робочого оточення свідчать, що середня мінімальна температура нижче 10 С° з листопада по березень і вважається, що вони будуть працювати 50% часу протягом цього періоду. Енергоспоживання визначається наступним чином:

$$E_{\text{дн}} = (P_{\text{нагрівача}} (\text{Вт}) \times \text{цикл роботи} \times 24 \text{ годин/день}) + P_{\text{випромінювача}} (\text{Вт}) \times \text{цикл роботи} \times 24 \text{ годин/день}$$

$$E_{\text{дн/лист - бер}} = (24 \text{ Вт} \times 0.50 \times 24 \text{ годин/день}) + (6 \text{ Вт} \times 1.0 \times 24 \text{ годин/день}) = 432 \text{ Вт.год./день}$$

$$E_{\text{дн/квіт - жов}} = 6 \text{ Вт} \times 24 \text{ годин/день} = 144 \text{ Вт.год./день}$$

4.6 Апаратура управління сигналами

Апаратура, що використовується для спостереження і контролю основних та аварійних сигналів, звичайно, споживає електроенергію. Взагалі, обрана норма енергоспоживання розрахована на випадки, коли система працює нормально; тобто, основні сигнали генеруються із використанням головної електричної системи. Навантаження, пов'язані із цими пристроями, обчислюються як постійні навантаження. Наприклад:

Універсальний комутаційний пристрій для контролювання головних і додаткових сигналів споживає 300 мВт. Типова акумуляторна та розподільча схематика, а також схема аварійної сигналізації споживають 240 мВт, коли ввімкнено основний акумулятор.

Таким чином:

Оскільки засіб навігаційного обладнання має як основні, так і аварійні світлові та звукові сигнали (2 комутаційні прилади), денне енергоспоживання апаратури управління сигналами становить:

$$E_{\text{дн}} = (P_{\text{комутації}} (\text{Вт}) + P_{\text{передавання}} (\text{Вт})) \times \text{години роботи}$$

$$E_{\text{дн}} = (2 \times (0.3\text{Вт}) + 0.24 \text{ Вт}) \times 24 \text{ годин/день} = 20/2 \text{ Вт.год./день}$$

4.7 Регулятори заряду

Регулятори заряду використовуються, щоби забезпечити захист від перезарядження акумулятора, від'єднання навантаження у випадку значного розрядження акумулятора та блокування зворотного струму у фотоелектричних системах. Регулятори заряду мають як робоче так і статичне енергоспоживання. Ці значення слід розглядати як навантаження. Ви повинні також визначити, коли навантаження є активними; удень, вночі або цілодобово. Проконсультуйтеся із виробником регуляторів стосовно визначення, які саме навантаження повинні зазначатися у рівнянні навантаження.

Наприклад, один популярний регулятор заряду має постійне навантаження у 360 мВт при максимальному енергоспоживанні у 2 Вт під час заряджання акумулятору. Припускаючи, що регулятор встановлено в районі 42° північної широти, максимальне енергоспоживання буде наступним:

Оскільки більшість навантажень мають місце удень (протягом зарядження*), максимальне енергоспоживання припадає на 21 червня.

$$E_{\text{ДН}} = (P_{\text{зарядження}} \text{ (Вт)} \times N_{\text{денного світла}} \text{ (годин/день)}) + (P_{\text{статичне}} \text{ (Вт)} \times N_{\text{темряви}} \text{ (годин/день)})$$

$$N_{\text{темряви}} = 9.1 \text{ годин/день}, N_{\text{денного світла}} = 14.9 \text{ годин/день 21 червня}$$

$$E_{\text{ДН}} = (2 \text{ Вт} \times 14.9 \text{ годин/день}) + (0.36 \text{ Вт} \times 9.1 \text{ годин/день}) = 33.1 \text{ Вт.год./день}$$

* Деякі регулятори оснащені реле із нормально замкненими контактами, котрі розмикаються тільки при повному зарядженні акумулятора. У цьому випадку, статичне навантаження має місце 24 години на добу.

4.8 Радіолокаційні маяки

Енергоспоживання радіолокаційних маяків важко передбачити, оскільки навантаження буде залежати від кількості звернень до них. Більшість радіолокаційних маяків мають верхню межу кількості відповідей на запити у разі безперервного надходження запитів від заякореного корабля із постійно ввімкненим радаром або у разі переповнення каналу. Проконсультуйтеся із виробником стосовно значень високого, середнього і низького енергоспоживання цих пристроїв, а також із місцевими перевізниками стосовно руху кораблів у ватервейсі. Також визначення енергоспоживання можна здійснити за допомогою інтегруючого вимірювального пристрою, що визначає ампер-години або ват-години, протягом 2 місяців періоду максимально-інтенсивного руху кораблів, що дозволить одержати достовірний профіль навантаження.

Наприклад, радіолокаційний маяк має струм із статичною потужністю 84 мВт під час очікування і 11 Вт під час роботи. Цикл роботи обмежений до 50%. Таким чином, якщо радіолокаційний маяк безперервно отримує запити:

$$E_{\text{ДН}} = [P_{\text{передавання}} \text{ (Вт)} \times \text{цикл роботи} + (P_{\text{статичне}} \text{ (Вт)} \times (1 - \text{цикл роботи}))] \times 24 \text{ годин/день}$$

$$E_{\text{дн}} = [(11\text{Вт} \times 0.50) + (84\text{мВт} \times (1 - 0.50))] \times 24 \text{ годин/день} = 133 \text{ Вт.год./день}$$

4.9 Системи контролю і телеметрії

Системи контролю і пов'язані із ним їхні телеметричні функції сильно відрізняються одна від одної у тому, що стосується ступеня функціональної складності, засобів передавання інформації та енергоспоживання. У системах, що працюють на сонячній енергії, доцільно використовувати економічні моделі. Енергоспоживання буде значною мірою залежати від методів передавання даних. Телефонні лінії, радіо- та супутниковий зв'язок мають різне енергоспоживання. Енергоспоживання передавального пристрою можна, як правило, не враховувати, якщо протягом дня було лише декілька коротких контактів. У цьому випадку, енергоспоживання обчислюється як постійне навантаження і може бути використане для обчислення денного навантаження. Проконсультуйтеся із виробником пристрою стосовно визначення фактичного енергоспоживання обраної системи, але зробіть необхідні заміри сили току на місці експлуатації, що необхідно для підтвердження відповідності проектних даних.

У разі великих станцій із декількома неоднорідними навантаженнями може бути корисним вимірювання як кількості енергії, що генерується, так і енергоємності навантажень у місці експлуатації приладу протягом одного року. Для проведення вимірювань і зберігання середніх річних даних можна використовувати самописці.

5. СЕЗОННІ ЗАСОБИ НАВІГАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ

Сезонні засоби навігаційного обладнання працюють протягом певної частини року і або демонтуються, або надійно захищаються протягом потрібного періоду простою іншої частини року. Для обчислення енергоспоживання, сезонний буй, що знаходиться в районі 42° N широти і має лампу на 1.15 а, що працює у проблісковому режимі FL6(0.6) вночі, встановлений для роботи з 1 квітня по 31 жовтня, матиме наступне енергоспоживання:

Визначте, який період має найвище денне навантаження:

$$D_{1 \text{ квіт}} = 23.45 \sin (0.965 (91-80)) = 4.320 \text{ градуси}$$

$$D_{31 \text{ жовт}} = 24.45 \sin (0.975 (308 - 266)) = -14.125 \text{ градуси}$$

$$N_{\text{денного світла } 1 \text{ квіт}} = \left(\frac{2}{15} \right) \arccos \left[\frac{-0.015 - \sin (42) \times \sin (4.32)}{\cos (42) \times \cos (4.32)} \right] = 12.7 \text{ годин/день}$$

$$N_{\text{темряви } 1 \text{ квіт}} = 24 \text{ годин/день} - 12.7 \text{ годин/день} = 11.3 \text{ годин/день}$$

$$N_{\text{денного світла } 31 \text{ жовт}} = \left(\frac{2}{15} \right) \arccos \left[\frac{-0.015 - \sin (42) \times \sin (-14.125)}{\cos (42) \times \cos (-14.125)} \right] = 10.4 \text{ годин/день}$$

$$N_{\text{темряви } 31 \text{ жовт}} = 24 \text{ годин/день} - 10.4 \text{ годин/день} = 13.6 \text{ годин/день}$$

Таким чином, нічне навантаження часу буде найбільшим 31 жовтня.

Середнє енергоспоживання становить:

$$E_{\text{лампи}} = (E_{\text{стрибка}} + P_{\text{сс}} \times T_{\text{фази роботи}}) \times \frac{N}{T_{\text{періоду}}}$$

$$E_{\text{стрибка}} = 1.2 \text{ Вт/сек.}$$

$$P_{\text{сс}} = 13.8 \text{ Вт}$$

$$T_{\text{фази роботи}} = 1 \text{ сек.}$$

$$N = 13.6 \text{ годин/день}$$

$$T_{\text{періоду}} = 6 \text{ сек.}$$

Керівництво №1011 IALA щодо стандартного методу визначення й обчислення профілю навантаження на засоби навігаційного обладнання

$$E_{\text{лампи}} = [1.2 \text{ Вт/сек.} + (13.8 \text{ Вт}) \times (1 \text{ сек.})] \times \frac{13.6 \text{ годин/день}}{6 \text{ сек.}} = 34.0 \text{ Вт.год./день}$$

Максимальне денне навантаження становить:

$$E_{\text{дн}} = 34.0 \text{ Вт.год./день} + 5.8 \text{ Вт.год./день (розсіювана потужність проблісків)} = 39.8 \text{ Вт.год./день}$$

6. ВИСНОВКИ

Як тільки кожне навантаження буде повністю охарактеризоване, тоді сума навантажень для кожного дня і кожної ночі повинна бути розрахована з метою визначення щоденного енергоспоживання, а звідси енергетичний баланс системи, мінімальний щоденний заряд акумулятора і мінімальний сезонний заряд.

Використовуючи $E_{дн}$, ви можете зробити проект консервативної системи за допомогою пари обчислень. Обчислення $E_{дн}$ для кожного дня року за допомогою проектної програми і порівняння її із ємністю акумулятора або кількістю енергії, що виробляється поновлюваним джерелом енергії, дозволить вам спроектувати менш консервативну, але дешевшу систему.

Більшість виробників генераторів поновлюваної енергії мають детальні програми визначення розміру і можуть надавати цю послугу в обмін на купівлю їхньої продукції. В іншому випадку, за основу можна взяти програму сусідньої служби, повністю або вибірково. *Керівництво щодо оцінки розміру сонячного генератора відповідно до навантаження, вказаного у "Керівництві щодо джерел поновлюваної енергії для морських засобів навігаційного обладнання", що можна отримати від IALA.*

Єдиним елементом, найбільш критичним і важливим для успішного проектування електричних систем на основі джерел поновлюваної енергії, завжди буде якість даних про місцеві особливості джерел енергії, які закладаються в основу проекту незалежно від проектного методу.

СКОРОЧЕННЯ

A	Ампер
D	Кут відхилення сонця (у градусах)
D _{1 квіт}	Кут відхилення сонця 1 квітня
D _{31 жовт}	Кут відхилення сонця 31 жовтня
E _{дн}	Денне навантаження
E _{дн/макс}	Максимальне денне навантаження
E _{днквіт-жовт}	Максимальне денне навантаження з квітня по жовтень
E _{дн/лист-бер}	Максимальне денне навантаження з листопада по березень
E _{стрибка}	Фактор стрибка навантаження
FL	Проблисковий фактор < E _{стрибка}
годин/день	Годин на день
N _{темряви}	Можлива кількість годин темряви
N _{темряви 1 квіт}	Можлива кількість годин темряви 1 квітня
N _{темряви 31 жовт}	Можлива кількість годин темряви 31 жовтня
N _{денного світла}	Можлива кількість годин денного світла
I _{середнє}	Середня сила струму
L	Широта (у градусах)
СВД	Світловипромінюючий діод
мА	Міліампер
n	Юліанське представлення дати
N	Північ
S	Південь
V	Напруга
Вт	Ват
Вт.год./день	Ват-годин на день
Вт/сек.	Ват на секунду

ДОДАТОК

Подальше пояснення рівняння $H_{\text{денного світла}}$:

Обчислення починається із наступного основного астрономічного рівняння, що береться за основу без наведення доказів,

$$\cos \theta_h = \cos L \cos D \cos \varpi + \sin L \sin D \quad (1)$$

де

θ_h = кут падіння сонячних променів на горизонтальну поверхню = зеніт

відстань = кут між сонячними променями і вертикальною лінією

L = Широта місцезнаходження об'єкта

D = Відхилення сонця

ϖ = годинний кут

(примітка: всі значення кутів наводяться у градусах)

Виходячи з рівняння (1):

$$\varpi = \arccos [(\cos \theta_h - \sin L \sin D) / (\cos L \cos D)] \quad (2)$$

Схід сонця визначається, як час, коли верхній край сонячного диска стає видимий. Під час сходу, центр сонця знаходиться у 52 хвилинах дуги нижче лінії горизонту, як зазначено нижче: напівдіаметр сонця протилежить куту у 16 хвилин дуги, а ефект атмосферної рефракції зумовлює додаткові 36 хвилин дуги. Таким чином, схід сонця відбудеться, коли, в рівнянні (2) $\theta_h = 90^\circ 52'$. Присвоєння θ_h значення $90^\circ 52'$ у рівнянні (2) дозволяє обчислити $\varpi_{\text{сходу сонця}}$:

$$\begin{aligned} \varpi_{\text{сходу сонця}} &= \arccos [(\cos 90^\circ 52' - \sin L \sin D) / (\cos L \cos D)] \\ &= \arccos [(-0.0151 - \sin L \sin D) / (\cos L \cos D)] \end{aligned} \quad (3)$$

Кількість часу між сходом сонця і місцевим істинним полуднем знаходиться шляхом перетворення ϖ на час (15° дуги у довжину відповідає 1 годині):

$$H_{\text{схід сонця} - \text{полудень}} = \varpi_{\text{сходу сонця}} / 15^\circ \quad (H_{\text{схід сонця} - \text{полудень}} \text{ наводимо у годинах})$$

Час від сходу сонця до заходу сонця є вдвох час від сходу сонця до місцевим істинним полуднем:

$$H_{\text{схід сонця} - \text{захід сонця}} = \varpi_{\text{сходу сонця}} / 15^\circ \quad (4)$$

Поєднуємо рівняння (3) та (4):

$$H_{\text{схід сонця} - \text{захід сонця}} = \left(\frac{2}{15} \right) \arccos \left[\frac{-0.0151 - \sin L \sin D}{\cos L \cos D} \right]$$