

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №6

Тема. Розрахунок параметрів джерел безперебійного живлення змінного і постійного струмів

Теоретичні відомості

Джерело безперебійного живлення (ДБЖ), або як ще називають блок безперебійного живлення (ББЖ) чи UPS здатний забезпечувати безперебійне енергопостачання на об'єктах особливої важливості, при зникненні живлення мережі. Його можна використовувати як для одного електроспоживача, чи групи приладів, для яких відключення живлення є небажане.

Виходячи з різних параметрів, ДБЖ прийнято розділяти на кілька видів. Параметр, що визначає тип ДБЖ, прийнято вважати принцип дії самих систем безперебійного живлення. У зв'язку з цим виділяють такі категорії ДБЖ як онлайнкові (On-line), оффлайнкові (Off-line) та лінійно-інтерактивні (Line-Interactive).

Режим очікування (або Off-Line). Цей тип ДБЖ (його також називають резервним) фактично являє собою мережевий фільтр з акумулятором і перетворювачем напруги. Він здатний забезпечувати резервне живлення протягом нетривалого часу (2-20 хв). Головний мінус ДБЖ типу Off-Line у тому, що перемикання на акумулятор відбувається при скачках напруги, а це різко скорочує термін служби батареї. І фактично всі ДБЖ цього типу при роботі від акумулятора видають спотворену синусоїду.

Лінійно-інтерактивні ДБЖ крім комутуючого пристрою мають у своєму складі стабілізатор вхідної напруги. Тобто джерело безперебійного живлення такого типу не тільки забезпечує автономне енергопостачання приладів при відключенні електроенергії, але і захищає від зниженої або підвищеної напруги без загального перемикання на аварійний режим. Це забезпечить довший ресурс роботи акумуляторної батареї. Такі ДБЖ в більшості випадків при роботі від акумулятора видають напругу правильної форми, тому сфера застосування даних UPS не має обмежень.

Он-лайнове джерело безперебійного живлення побудоване за принципом подвійного перетворення напруги. Змінна мережева напруга на вході ДБЖ за допомогою випрямляча трансформується в постійну, а потім за допомогою інвертора знову стає змінною. Все це сприяє встановленню стабільного рівня вихідної напруги, а також гасить перешкоди живлячої мережі, що дозволяє добитися найвищих технічних показників. Такі ДБЖ доцільно використовувати на найвідповідальніших об'єктах, де вимагаються найвищі показники живлячої напруги.

Практична частина

Задача 6.1 Розрахунок потужності і кількості модулів джерела безперебійного живлення (ДБЖ) змінного струму.

Навантаженням системи ДБЖ напругою 230В і частотою 50Гц є локальна інформаційно-обчислювальна мережа (ЛІОМ) загальною потужністю $P_{ЛМ}$, коефіцієнт потужності якої рівний $\cos\varphi_{ЛМ}$. Одночасно від системи ДБЖ здійснюється живлення сервера потужністю P_C , з коефіцієнтом потужності $\cos\varphi_C$. Коефіцієнт збільшення пускового струму ЛІОМ прийняти рівним $K_{аЛМ} = 1$, а сервера $K_{аС} = 2,5$. Визначити потрібну кількість модулів ДБЖ, якщо відома потужність одного модуля P_M з коефіцієнтом потужності $\varphi_M \geq 0,95$ і один модуль резервний. Коефіцієнт обліку паралельного включення модулів рівний $K_{ЛМ} = 0,95$.

Вихідні дані для розрахунку наведені у табл.6.1

Таблиця 6.1 - Вихідні дані для розрахунку задачі 6.1

Цифри номера залікової книжки		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
десятки	одиниці										
	$P_{ЛМ}, Вт$	1000	1200	1500	1800	2000	2300	2600	2800	3000	3500
	$P_C, Вт$	450	500	600	700	550	850	650	800	750	800
	$P_M, Вт$	400	400	400	400	1000	1000	1000	1000	1500	1500
	$\cos\varphi_{ЛМ}$	0,7	0,71	0,72	0,73	0,74	0,75	0,74	0,73	0,72	0,71
	$\cos\varphi_C$	0,95	0,96	0,95	0,96	0,95	0,96	0,95	0,96	0,95	0,96

Методичні рекомендації до розв'язування задачі 6.1

Дані для розрахунку: $U_{ном} = 220В$; $f = 50 Гц$; $P_{ЛМ} = 2500Вт$;
 $\cos\varphi_{ЛМ} = 0,7$; $P_C = 800Вт$; $\cos\varphi_C = 0,95$; $P_M = 1000Вт$.

Розв'язування. Повна вихідна потужність ДБЖ знаходиться за формулою:

$$S_{\text{Вих.ДБЖ}} = \frac{K_{\alpha, \text{ЛМ}} K_{\beta, \text{ЛМ}} P_{\text{ЛМ}}}{\cos \varphi_{\text{ЛМ}}} + \frac{K_{\alpha \text{С}} K_{\beta, \text{С}} P_{\text{С}}}{\cos \varphi_{\text{С}}},$$

де $K_{\beta, \text{ЛМ}} = K_{\beta, \text{С}} = 1$ – середньостатистичний коефіцієнт завантаження.

Отже:

$$S_{\text{Вих.ДБЖ}} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 2500}{0,7} + \frac{2,5 \cdot 1 \cdot 800}{0,95} = 5676 \text{ ВА}$$

Кількість модулів:

$$N_M \geq \left(\frac{S_{\text{Вих.ДБЖ}}}{P_M} \right) / K_{\text{ЛМ}} + 1 = \left(\frac{5676}{1000} \right) / 0,95 + 1 = 7 \text{ шт}$$

За табл.Д17 вибираємо ДБЖ змінного струму Newave UPS Systems моделі Minipower Tower потужністю пристрою 8кВА.

Задача 6.2 Розрахунок максимальної споживаної потужності джерела безперебійного живлення (ДБЖ) змінного струму.

Знайти максимальну споживану потужність ДБЖ змінного струму, якщо відомі вихідна максимальна потужність $P_{\text{Вих.ДБЖ}}$, коефіцієнт потужності $\cos \varphi_{\text{ДБЖ}}$, коефіцієнт корисної дії $\eta_{\text{ДБЖ}}$, максимальний струм заряду акумуляторної батареї $I_{\text{Зmax}}$, напруга заряду U_3 .

Вихідні дані для розрахунку наведені у табл..6.2

Таблиця 6.2 - Вихідні дані для розрахунку задачі 6.2

Цифри номера залікової книжки		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
десятки	одиниці										
	$P_{\text{Вих.ДБЖ}} \text{ Вт}$	800	850	900	950	1000	1200	1400	1500	1800	2000
	$I_{\text{Зmax}}, \text{ А}$	4,5	4,2	4,8	5	4	4,4	5,5	5,2	6	6,2
	$U_3, \text{ В}$	25,8	25,8	25,8	25,8	25,8	38,7	38,7	38,7	38,7	38,7
$\varphi_{\text{ДБЖ}}$		0,85	0,86	0,87	0,85	0,86	0,87	0,85	0,86	0,87	0,85
$\eta_{\text{ДБЖ}}$		0,88	0,89	0,9	0,88	0,87	0,89	0,9	0,88	0,89	0,9

Методичні рекомендації до розв'язування задачі 6.2

Дані для розрахунку: $P_{\text{Вих.ДБЖ}} = 1000 \text{ Вт}$; $\cos \varphi_{\text{ДБЖ}} = 0,85$;
 $\eta_{\text{ДБЖ}} = 0,89$; $I_{\text{Зmax}} = 5 \text{ А}$; $U_3 = 25,8 \text{ В}$.

Розв'язування. Максимальна потужність заряду акумулятор-них батарей знаходиться за формулою:

$$P_{\text{ЗAB}} = I_{\text{Зmax}} \cdot U_3 = 5 \cdot 25,8 = 129 \text{ Вт},$$

Вхідна споживана потужність ДБЖ:

$$S_{\text{Вх.ДБЖ}} = \frac{P_{\text{Вих.ДБЖ}} + P_{\text{ЗAB}}}{\cos \varphi_{\text{ДБЖ}} \cdot \eta_{\text{ДБЖ}}} = \frac{1000 + 129}{0,85 \cdot 0,89} = 1492 \text{ ВА}$$

Активну і реактивну складові вхідної споживаної потужності можна знайти за формулами:

$$P_{\text{Вх.ДБЖ}} = \frac{P_{\text{Вих.ДБЖ}} + P_{\text{ЗAB}}}{\eta_{\text{ДБЖ}}} = \frac{1000 + 129}{0,89} = 1268 \text{ ВА}$$

$$Q_{\text{Вх.ДБЖ}} = \sqrt{S_{\text{Вх.ДБЖ}}^2 - P_{\text{Вх.ДБЖ}}^2} = \sqrt{1492^2 - 1268^2} = 768 \text{ ВАр}$$

Задача 6.3 Розрахунок ємності акумуляторних батарей джерела безперебійного живлення (ДБЖ) змінного струму.

Для навантаження загальною потужністю P_H , з коефіцієнтом потужності $\cos\varphi_H$ і коефіцієнтом корисної дії $\eta_{ДБЖ}$ визначити ємність акумуляторних батарей, якщо відомі час аварійного живлення навантаження t_{AJ} , напруга акумуляторної батареї, що використовується в ДБЖ U_{AB} та напруга одного елементу акумуляторної батареї $U_A = 2В$.

Вихідні дані для розрахунку наведені у табл. 6.3

Таблиця 6.3 - Вихідні дані для розрахунку задачі 6.3

Цифри номера залікової книжки		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
десятки	одиниці										
	$P_H, Вт$	800	900	1000	1500	2000	2500	3000	4000	5000	6000
	$U_{AB}, В$	12	12	24	24	24	24	36	36	36	48
	$t_{AJ}, ГОД$	5	4	3	3	2	2	2	1	1	0,5
	$\cos\varphi_H$	0,74	0,76	0,78	0,8	0,82	0,84	0,86	0,88	0,9	0,92
	$\eta_{ДБЖ}$	0,88	0,89	0,9	0,88	0,87	0,89	0,9	0,88	0,89	0,9

Методичні рекомендації до розв'язування задачі 6.3

Дані для розрахунку: $P_H = 650Вт$; $\cos\varphi_H = 0,85$; $\eta_{ДБЖ} = 0,9$; $t_{AJ} = 0,5год$, $U_{AB} = 24В$, $U_A = 2В$.

Розв'язування. Визначаємо кількість акумуляторних елементів в батареї свинцево-кислотного типу:

$$N_{ел} \geq \frac{U_{AB}}{U_A} = \frac{24}{2} = 12шт.$$

де $U_A = 2В$ - напруга одного акумуляторного елемента.

Вихідний струм ДБЖ:

$$I_H = \frac{P_H}{\cos\varphi_H U_{ВихДБЖ}} = \frac{650}{0,85 \cdot 220} = 3,48А$$

Вихідному струму відповідає струм розряду акумуляторних батарей:

$$I_{РАБ} = \frac{I_H U_{ВихДБЖ}}{\eta_{ДБЖ} U_{AB}} = \frac{3,48 \cdot 220}{0,9 \cdot 24} = 35,4А$$

Ємність акумуляторних батарей буде рівною:

$$C_{AB} = \frac{I_{РАБ} \cdot t_{AJ}}{\eta_Q [1 + 0,008(t^0 - 20)]} = \frac{35,4 \cdot 0,5}{0,51 [1 + 0,008(25 - 20)]} = 33,4А \cdot год$$

η_Q - коефіцієнт віддачі акумуляторних елементів, табл. 6.4;

t^0 - температура робочого середовища.

Таблиця 6.4 – Рекомендовані значення коефіцієнта віддачі акумуляторних елементів по ємності.

$t_{AJ}, ГОД$	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
η_Q	1	0,97	0,94	0,91	0,89	0,83	0,8	0,75	0,61	0,51

За табл.Д11 вибираємо акумулятор, що відповідає 10-год. режиму розряду за умови: $C_{AB}^{10} \geq C_{AB}$ і номінальній напрузі. Послідовно можна підключати лише елементи або блоки однакового типу і ємності.

Отже, вибираємо акумулятор типу 12SC40, для якого

$U_{ABH} = 12В < U_{AB} = 24В$, тому встановлюємо два акумулятори послідовно, тоді: $2 \cdot 12В = 24В$, для якого:

$$C_{AB}^{10} = 40А \cdot год \geq C_{AB} = 33,4А \cdot год$$

Задача 6.4. Розрахунок потужності і кількості модулів джерела безперебійного живлення (ДБЖ) постійного струму. Визначити потрібну кількість випрямних модулів ДБЖ (з резервуванням $N+1$) з вихідною напругою $U_{Вих}$, якщо відомі потужність одного модуля P_M ; максимальний струм навантаження I_{Hmax} ; коефіцієнт обліку паралельного включення модулів $K_{ПМ} = 0,95$; максимальний струм заряду акумуляторних батарей $I_{ЗAB}$. Вихідні дані для розрахунку наведені у табл.6.5

Таблиця 6.5 - Вихідні дані для розрахунку задачі 6.4

Цифри номера залікової книжки		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
десятки	одиниці										
$U_{Вих}, В$		24	48	60	24	48	60	24	48	60	24
	$P_M, Вт$	400	600	1000	500	800	1200	600	1000	1500	800
	$I_{Hmax}, А$	40	50	110	70	80	90	80	100	120	60
$I_{ЗAB}, А$		8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5

Методичні рекомендації до розв'язування задачі 6.4

Дані для розрахунку: $U_{Вих} = 24 В$; $P_M = 1000 Вт$; $I_{Hmax} = 45 А$;
 $I_{ЗAB} = 10 А$.

Розв'язування

Загальний максимальний струм системи ДБЖ постійного струму (випрямного пристрою) знаходимо за формулою:

$$I_{\Sigma} = I_{Hmax} + I_{ЗAB} = 45 + 10 = 55 А$$

Максимальний вихідний струм модуля ДБЖ за умови паралельного підключення

$$I_{Вих,М} = \frac{K_{ПМ} P_M}{U_{Вих}} = \frac{0,95 \cdot 1000}{24} = 39,6 А$$

Кількість паралельних модулів:

$$N \geq \left(\frac{I_{\Sigma}}{I_{Вих,М}} \right) + 1 = \left(\frac{55}{39,6} \right) + 1 = 3_{шт}$$

За табл.Д20 вибираємо ДБЖ типу ИБП – 3, з кількістю паралельних модулів – 3; напругою - 24В; струмом модуля $44 А > 39,6 А$; максимальним струмом $3 \cdot 44 = 132 А > 55 А$.

Задача 6.5. Розрахунок максимальної споживаної потужності установкою безперебійного живлення постійного струму. Система безперебійного живлення (СБЖ) постійного струму використовується для живлення навантаження сумарною потужністю P_H . Система складається з двох свинцево-кислотних акумуляторних батарей (гарячий резерв) ємністю C_{AB} кожна, на напругу U_H . Знайти максимальну споживану потужність системи БЖ від трифазної мережі напругою $U_M = 380 В$, $f_M = 50 Гц$ змінного струму, якщо відомі коефіцієнт корисної дії $\eta_{СБЖ}$, максимальний струм заряду акумуляторної батареї $I_{Зmax}$, напруга заряду U_3 .

Вихідні дані для розрахунку наведені у табл.6.6

Таблиця 6.6 - Вихідні дані для розрахунку задачі 6.5

Цифри номера залікової книжки		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
десятки	одиниці										
	$P_H, кВт$	2,8	2,4	2,55	2,2	2,9	2,5	3,2	1,8	1,7	1,6
	$I_{Зmax}, А$	15	20	25	30	35	15	20	25	30	35
	$U_H, В$	48	24	24	24	48	48	48	12	12	12
$U_3, В$		2,2	2,3	2,15	2,25	2,3	2,15	2,25	2,2	2,15	2,25
	$C_{AB}, А \cdot год$	140	150	160	170	125	130	135	180	190	200
$\eta_{СБЖ}$		0,88	0,89	0,9	0,91	0,92	0,93	0,9	0,94	0,92	0,9

Дані для розрахунку: $P_H = 2400\text{Вт}$; $C_{AB} = 120\text{А} \cdot \text{год}$; $U_H = 24\text{В}$; $U_M = 380\text{В}$; $f_M = 50\text{Гц}$; $\eta_{СБЖ} = 0,94$; $I_{3\text{max}} = 25\text{А}$; $U_3 = 2,3\text{В}$.

Розв'язування. Струм навантаження СБЖ рівний:

$$I_H = \frac{P_H}{U_H} = \frac{2400}{24} = 100\text{А}$$

Визначаємо кількість акумуляторних елементів у батареї свинцево-кислотного типу:

$$N_{\text{ЕЛ}} = \frac{U_{AB}}{U_A} = \frac{24}{2} = 12\text{шт.}$$

де $U_A = 2\text{В}$ - напруга одного акумуляторного елемента.

Максимальна споживана потужність системи БЖ від трифазної мережі змінного струму буде рівною:

$$P_{\text{СБЖ}} = \frac{(I_H + I_{3\text{max}}) \cdot N_{\text{ЕЛ}} \cdot U_3}{\eta_{\text{СБЖ}}} = \frac{(100 + 25) \cdot 12 \cdot 2,3}{0,94} = 3638\text{Вт}$$

Задача 6.6. Розрахунок ємності акумуляторних батарей електроживильної установки (ЕЖУ) постійного струму.

Для ЕЖУ постійного струму з вихідною напругою U_0 визначити ємність акумуляторних елементів у батареї свинцево-кислотного типу та їх кількість, якщо відомі струм розряду години за найбільшого навантаження I_{PAB} , максимальний час розряду t_P , температура в акумуляторному контейнері t^0 , коефіцієнт віддачі акумуляторних елементів η_Q . Для розрахунку прийняти, що втрати в струмо-розподільній мережі установки постійного струму рівний $\Delta U_{\text{СТМ}} = 0,04U_0$, допустиме відхилення вихідної напруги ЕЖУ (акумуляторної батареї) прийняти рівним $\Delta U_0 = 7,5\text{В}$.

Вихідні дані для розрахунку наведені у табл. 6.7.

Таблиця 6.7 - Вихідні дані для розрахунку задачі 6.6

Цифри номера залікової книжки		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
десятки	одиниці										
	$U_0, \text{В}$	12	12	24	24	24	36	36	36	48	48
	$I_{PAB}, \text{А}$	35	45	55	65	30	40	50	20	25	20
$t_P, \text{год}$		2,8	2,4	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	1	1,5	2,5

Дані для розрахунку: $U_0 = 48\text{В}$; $I_{PAB} = 35\text{А}$; $t_P = 2\text{год}$; $t^0 = 22^0\text{С}$; $\eta_Q = 0,61$; $\Delta U_0 = 7,5\text{В}$.

Розв'язування. Визначаємо кількість акумуляторних елементів у батареї свинцево-кислотного типу:

$$N_{\text{ЕЛ}} \geq \frac{U_0 + \Delta U_{\text{СТМ0}}}{U_A} = \frac{U_0 + 0,04U_0}{U_A} = \frac{48 + 0,04 \cdot 48}{2} = 25\text{шт.}$$

де $U_A = 2\text{В}$ - напруга одного акумуляторного елемента.

Мінімально-допустимий рівень напруги за розряду АБ з врахуванням мінімального рівня напруги на одному елементі $U_{\text{АБmin}} = 1,75\text{В}$, визначається за співвідношеннями:

$$U_{0\text{min}} = U_{\text{АБmin}} N_{\text{ЕЛ}} = 1,75 \cdot 25 = 43,75\text{В};$$

$$U_{\text{ДОП}} = U_0 - \Delta U_0 = 48 - 7,5 = 40,5\text{В};$$

$$U_{0\text{min}} = 43,75\text{В} \geq U_{\text{ДОП}} = 40,5\text{В}.$$

Ємність акумуляторних батарей буде рівною:

$$C_{AB} = \frac{I_{PAB} \cdot t_p}{\eta_Q [1 + 0,008(t^0 - 20)]} = \frac{35 \cdot 2}{0,61 [1 + 0,008(22 - 20)]} = 81 A \cdot год$$

η_Q - коефіцієнт відбирання ємності з часом (табл.6.4);

t^0 - температура робочого середовища.

За табл.Д11 вибираємо акумулятор, що відповідає 10-год. режиму розряду за умови: $C_{AB}^{10} \geq C_{AB}$ і номінальній напрузі. Послідовно можна підключати лише елементи або блоки однакового типу і ємності.

Отже, вибираємо акумулятор типу 6GFM120С, для якого

$U_{ABH} = 12V < U_{AB} = 48V$, тому встановлюємо 4 акумулятори послідовно, тоді: $12 \cdot 4V = 48V$, для якого:

$$C_{AB}^{10} = 120 A \cdot год \geq C_{AB} = 81 A \cdot год .$$