

УДК 621.314.12.

О.В. БЯЛОБРЖЕСЬКИЙ (канд. техн. наук, доц.), І.В. ШИПУНОВА
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
seemAl@kdu.edu.ua

ЕНЕРГЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ РЕЖИМУ ГАЛЬМУВАННЯ МАШИНИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ З ПЕРЕДАЧЕЮ ЕНЕРГІЇ НА КОНДЕНСАТОРНИЙ НАКОПИЧУВАЧ

У роботі, на підставі закону збереження енергії, проведено оцінку електромагнітних процесів в силовому контурі системи накопичення гальмівної енергії двигуна постійного струму. За умови релейного керування режимом гальмування із заданими мінімальним та максимальним значеннями струму сформульовані умови вибору ємності накопичувального конденсатора яка забезпечить мінімальні втрати потужності в силовому контурі.

Ключові слова: накопичення гальмівної енергії двигуна постійного струму; релейне керування режимом гальмування; мінімальні втрати потужності.

Постановка проблеми. Вченими та інженерами пропонуються рішення з енергозбереження в транспортних системах та комплексах, електротехнічних тягових комплексах шляхом використання накопичувачів енергії [1, 2]. При цьому у випадку транспортних засобів з двигунами внутрішнього згорання в тяговий комплекс додатково вводиться електротехнічна тягова підсистема [2].

Аналіз попередніх досліджень та публікацій. Замикання циркулюючої в тяговому колі енергії, в періоди її надлишку чи дефіциту, на ємнісному накопичувачі реалізується різноманітними способами та дозволяє суттєво підвищити ефективність комплексу в цілому [3]. Але при цьому в залежності від реалізації режиму ефективність використання накопичувача змінюється, та й вибір накопичувача для конкретної структури тягового комплексу є складним завданням [4]. Для вирішення цього завдання необхідно провести аналіз параметрів схеми та параметрів режиму.

Постановка задачі. Аналітичне визначення енергетичних показників режиму гальмування машини постійного струму з передачею енергії на конденсаторний накопичувач.

Викладення основного матеріалу. В роботі [5] запропоновано технічне рішення та алгоритм роботи схеми гальмування двигуна постійного струму з конденсаторним накопичувачем. Алгоритм роботи передбачає комутацію кіл схеми в режимі широтно-імпульсної модуляції, в результаті чого енергія, за винятком втрат, передається від двигуна (гальмування) на конденсаторний накопичувач, причому організація роботи схеми забезпечує гальмування двигуна до повної зупинки. Для кожного з тактів роботи, схему можна представити відповідними схемами заміщення – рисунок 1. Причому на початку роботи схеми струмі в контурах відсутні, еквівалентний конденсатор C_{eq} заряджений до рівня $u_{eq.} = u_{eq.f.} = E_a$. На першому такті транзистор забезпечує накопичення енергії в індуктивності L_{stor} , а на другому такті енергія, за рахунок самоіндукції, передається до конденсаторного накопичувача C_{stor} . Діод унеможливує розряд конденсатора при подальшій роботі схеми.

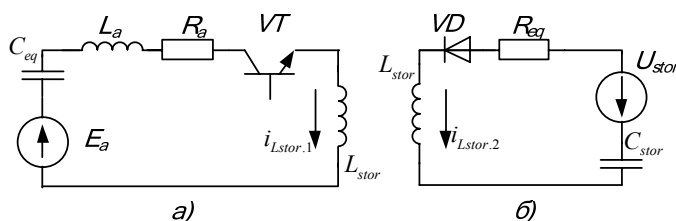


Рисунок 1 – Схеми заміщення:

- а) передача енергії на індуктивний накопичувач (1 такт);
б) передача енергії на конденсатор (2 такт).

визначення на всьому інтервалі гальмування ускладнюється зміною початкових умов для кожного такту комутації [6].

Для першого та другого такту (рис. 1, а) довільного періоду зміна струму в часі, з деякою похибкою, може бути представлена лінійними залежностями:

Рішення завдання принципової реалізації режиму ставить в той же час завдання вибору найбільш раціонального сполучення параметрів схеми та параметрів режиму. При цьому раціональний вибір буферної індуктивності L_{stor} , ємності конденсатора C_{eq} , режиму комутації I_{max} , I_{min} - є питанням відкритим.

На рис. 2 представлені графіки зміни параметрів режиму схем. Аналітична залежність цих параметрів в часі може бути знайдена відомими методами розрахунку, як показано в [5], але її

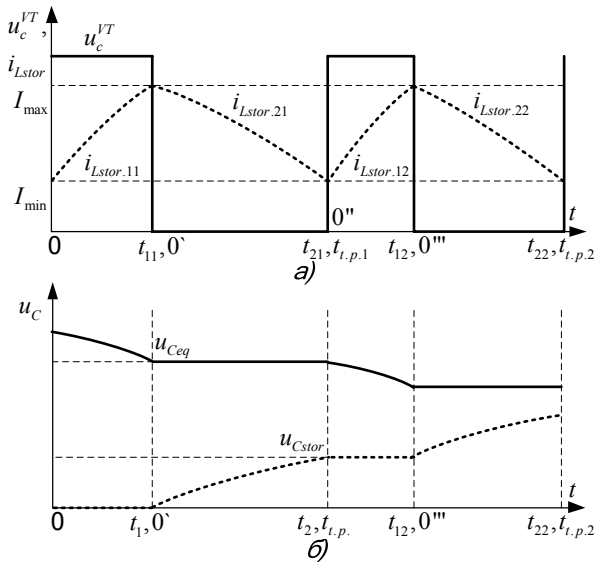


Рисунок 2 – Зміна в часі параметрів режиму схеми:
а) напруга керування транзистором u_c^{VT} , струм індуктивності i_{Lstor} ; б) напруги еквівалентної ємності u_{Ceq} та накопичувача u_{Cstor} .

$$= \left(\frac{\Delta I^2}{3} + \Delta I \cdot I_{min} + I_{min}^2 \right) \cdot R_a \cdot t_{1x}.$$

Зменшення енергії конденсатора C_{eq} відбувається за рахунок втрати заряду, та зменшення напруги:

$$\Delta U_{Ceq.x} = U_{Ceq.0x} - U_{Ceq.t1x} = \frac{1}{C_{eq}} \int_0^{t_{1x}} i_{Lstor.1x} \cdot dt = \frac{1}{C_{eq}} \int_0^{t_{1x}} \left(\frac{\Delta I}{t_{1x}} \cdot t + I_{min} \right) dt = \left(\frac{\Delta I + 2I_{min}}{2C_{eq}} \right) \cdot t_{1x}. \quad (7)$$

На другому такті роботи схеми (рис.1,б), енергія від буферної індуктивності L_{stor} передається до конденсатора C_{stor} , за винятком втрат на активному опорі R_{eq}

$$\Delta W_{Lstor} - \Delta W_{Req} = \Delta W_{Cstor}, \quad (8)$$

при цьому зменшення енергії індуктивності L_{stor}

$$\Delta W_{Lstor} = \frac{L_{stor} \cdot I_{max}^2}{2} - \frac{L_{stor} \cdot I_{min}^2}{2}, \quad (9)$$

забезпечує збільшення енергії конденсатора C_{stor}

$$\Delta W_{Cstor} = \frac{C_{stor} \cdot U_{stor.t2x}^2}{2} - \frac{C_{stor} \cdot U_{stor.0'x}^2}{2}, \quad (10)$$

за винятком втрат

$$W_{Req} = \int_0^{t_{2x}} i_{Lstor.2x}^2 \cdot R_{eq} \cdot dt = \int_0^{t_{2x}} \left(I_{max} - \frac{\Delta I}{t_{2x}} \cdot t \right)^2 \cdot R_{eq} \cdot dt = \left(I_{max}^2 - I_{max} \cdot \Delta I + \frac{\Delta I^2}{3} \right) \cdot R_{eq} \cdot t_{2x}. \quad (11)$$

Заряджання конденсатора супроводжується збільшенням напруги:

$$\Delta U_{Cstor.x} = U_{Cstor.0'x} - U_{Cstor.t2x} = \frac{1}{C_{stor}} \int_0^{t_{2x}} i_{Lstor.2x} \cdot dt = \frac{1}{C_{stor}} \int_0^{t_{2x}} \left(I_{max} - \frac{\Delta I}{t_{2x}} \cdot t \right) dt = \frac{2I_{max} - \Delta I}{2C_{stor}} \cdot t_{2x}. \quad (12)$$

Зв'язок параметрів схеми, параметрів режиму з часом реалізації режиму визначимо на підставі наступних міркувань. Цикл відображений на рис. 2 повторюється в схемі (рис.1) n разів, при цьому C_{eq} розряджається до

$$i_{Lstor.1x} = \frac{(I_{max} - I_{min})}{t_{1x}} \cdot t + I_{min} = \frac{\Delta I}{t_{1x}} \cdot t + I_{min}, \quad (1)$$

$$i_{Lstor.2x} = -\frac{(I_{max} - I_{min})}{t_{2x}} \cdot t + I_{max} = I_{max} - \frac{\Delta I}{t_{2x}} \cdot t. \quad (2)$$

де I_{max} , I_{min} - відповідно максимальне та мінімальне значення струму, t_1, t_2 - тривалості першого (рис.1,а) та другого (рис.1,б) тактів; ΔI - амплітуда зміни струму.

На протязі першого такту (рис.1,а, рис.2) забезпечується передача порції енергії від конденсатора C_{eq} до індуктивності L_{stor} за винятком енергії втрат на активному опорі R_a :

$$\Delta W_{Ceq} - \Delta W_{Ra} = \Delta W_{Lstor}, \quad (3)$$

при цьому зниження енергії конденсатора

$$\Delta W_{Ceq} = \frac{C_{eq} \cdot U_{Ceq.0x}^2}{2} - \frac{C_{eq} \cdot U_{Ceq.t1x}^2}{2}, \quad (4)$$

забезпечує збільшення енергії індуктивності

$$\Delta W_{Lstor} = \frac{L_{stor} \cdot I_{max}^2}{2} - \frac{L_{stor} \cdot I_{min}^2}{2}, \quad (5)$$

а втрати складають:

$$\Delta W_{Ra} = \int_0^{t_{1x}} i_{Lstor.1x}^2(t) \cdot R_a \cdot dt = \int_0^{t_{1x}} \left(\frac{\Delta I}{t_1} \cdot t + I_{min} \right)^2 \cdot R_a \cdot dt \quad (6)$$

рівня напруги $U_{Ceq} = U_{Ceq.fin}$.

Таким чином, рівняння балансу енергії для кожного l такту за циклами матиме вигляд:

$$\begin{aligned} C_{eq} \cdot (U_{Ceq0}^2 - U_{Ceq1}^2) - 2 \cdot \Delta W_{Ra1} &= L_{stor} (I_{max}^2 - I_{min}^2); \\ C_{eq} \cdot (U_{Ceq1}^2 - U_{Ceq12}^2) - 2 \cdot \Delta W_{Ra2} &= L_{stor} (I_{max}^2 - I_{min}^2); \\ &\dots\dots\dots \\ C_{eq} \cdot (U_{Ceq1(n-1)}^2 - U_{Ceq.fin}^2) - 2 \cdot \Delta W_{Ran} &= L_{stor} (I_{max}^2 - I_{min}^2). \end{aligned} \quad (13)$$

Сума цих рівнянь складе баланс енергій за тривалість циклу розряду $t_{1\Sigma}$ взагалі

$$\begin{aligned} C_{eq} \cdot (U_{Ceq,0}^2 - U_{Ceq.fin}^2) - 2 \cdot \left(\frac{\Delta I^2}{3} + \Delta I \cdot I_{min} + I_{min}^2 \right) \cdot R_a \cdot t_{1\Sigma} &= \\ = C_{eq} \cdot (U_{Ceq,0}^2 - U_{Ceq.fin}^2) - \frac{2}{3} \cdot (I_{max}^2 + I_{max} \cdot I_{min} + I_{min}^2) \cdot R_a \cdot t_{1\Sigma} &= i \cdot L_{stor} (I_{max}^2 - I_{min}^2); \end{aligned} \quad (14)$$

В цьому рівнянні дві невідомі: тривалість циклу розряду $t_{1\Sigma}$ та кількість тактів n необхідних для розряду C_{eq} до рівня $U_{Ceq} = U_{Ceq.fin}$.

Тривалість циклу розряду можна визначити аналогічним чином, виходячи з рівняння (7) у разі його додавання для всіх n тактів:

$$t_{1\Sigma} = \frac{(U_{Ceq0} - U_{Ceq.fin}) \cdot 2 \cdot C_{eq}}{\Delta I + 2I_{min}} = \frac{2 \cdot C_{eq} \cdot (U_{Ceq0} - U_{Ceq.fin})}{I_{max} + I_{min}}. \quad (15)$$

На підставі цього та рівняння (14) може бути визначеном n .

$$n = \frac{C_{eq} \cdot (U_{Ceq,0}^2 - U_{Ceq.fin}^2) - 2 \cdot \left(\frac{\Delta I^2}{3} + \Delta I \cdot I_{min} + I_{min}^2 \right) \cdot R_a \cdot t_{1\Sigma}}{L_{stor} \cdot (I_{max}^2 - I_{min}^2)}. \quad (16)$$

Аналогічним чином проводячи ланку міркувань для кожного другого такту, вважаючи кількість повторювань рівною n . Баланс енергій за цикли розряду індуктивного накопичувача L_{stor} на протязі часу $t_{2\Sigma}$:

$$\begin{aligned} n \cdot L_{stor} (I_{max}^2 - I_{min}^2) - 2 \cdot (I_{max}^2 + \Delta I \cdot I_{max} + \frac{\Delta I^2}{3}) \cdot R_{eq} \cdot t_{2\Sigma} &= \\ = n \cdot L_{stor} (I_{max}^2 - I_{min}^2) - \frac{2}{3} \cdot (I_{max}^2 + I_{min} \cdot I_{max} + I_{min}^2) \cdot R_{eq} \cdot t_{2\Sigma} &= C_{stor} \cdot (U_{Cstor,0}^2 - U_{Cstor.fin}^2) \end{aligned} \quad (17)$$

В цьому рівнянні значення часу $t_{2\Sigma}$ та кінцевої напруги конденсатора $U_{Cstor.fin}$ є невідомими. Час визначається за рівнянням аналогічним рівнянню (15).

$$t_{2\Sigma} = \frac{2C_{stor} \cdot (U_{Cstor.fin} - U_{Cstor,0})}{(2I_{max} - \Delta I)} = \frac{2C_{stor} \cdot (U_{Cstor.fin} - U_{Cstor,0})}{(I_{max} + I_{min})}. \quad (18)$$

Замінивши у (17) $t_{2\Sigma}$ відповідно до (18), n відповідно до (16) отримаємо

$$\begin{aligned} C_{eq} \cdot (U_{Ceq,0}^2 - U_{Ceq.fin}^2) - C_{stor} \cdot (U_{Cstor,0}^2 - U_{Cstor.fin}^2) - \frac{4(I_{min}^2 + I_{min} \cdot I_{max} + I_{max}^2) \cdot R_{eq} \cdot C_{stor} \cdot (U_{Cstor.fin} - U_{Cstor,0})}{3(I_{max} + I_{min})} - \\ - \frac{4(I_{min}^2 + I_{min} \cdot I_{max} + I_{max}^2) \cdot R_a \cdot C_{eq} \cdot (U_{Ceq,0} - U_{Ceq.fin})}{3(I_{max} + I_{min})} = 0. \end{aligned} \quad (19)$$

Вирішуючи це рівняння, за відомими параметрами схеми та режиму можливо визначити напругу накопичувача.

Розділивши всі складові (19) на «2» отримаємо рівняння балансу енергії за весь час реалізації режиму:

$$\begin{aligned} \frac{C_{eq} \cdot (U_{Ceq,0}^2 - U_{Ceq.fin}^2)}{2} - \frac{C_{stor} \cdot (U_{Cstor,0}^2 - U_{Cstor.fin}^2)}{2} - \frac{2(I_{min}^2 + I_{min} \cdot I_{max} + I_{max}^2) \cdot R_{eq} \cdot C_{stor} \cdot (U_{Cstor.fin} - U_{Cstor,0})}{3(I_{max} + I_{min})} - \\ - \frac{2(I_{min}^2 + I_{min} \cdot I_{max} + I_{max}^2) \cdot R_a \cdot C_{eq} \cdot (U_{Ceq,0} - U_{Ceq.fin})}{3(I_{max} + I_{min})} = 0. \end{aligned}$$

Тобто,

$$\Delta W_{Ceq} - \Delta W_{Cstor} - \Delta W_{Ra} - \Delta W_{Req} = 0 \quad (20)$$

Особливістю рівняння є відсутність складової індуктивності L_{stor} , як ланки передачі енергії. Таким чином індуктивність буферного елементу L_{stor} на кінцевий баланс енергії не впливає.

Втрати потужності за час реалізації режиму:

$$\Delta W_{Ra} + \Delta W_{Req} = \frac{2}{3} \cdot \left[\frac{I_{min}^2 + I_{min} \cdot I_{max} + I_{max}^2}{(I_{max} + I_{min})} \right] \cdot \left[R_a \cdot C_{eq} \cdot (U_{Ceq,0} - U_{Ceq,fin}) + R_{eq} \cdot C_{stor} \cdot (U_{Cstor,fin} - U_{Cstor,0}) \right],$$

фактично є критерієм оптимальності реалізації режиму.

Замість параметрів мінімального I_{min} та максимального I_{max} струмів режиму краще використати середнє значення струму та рівень пульсацій струму, які фактично відбивають інтенсивність та характер передачі енергії:

$$I_a = \frac{(I_{max} + I_{min})}{2}; \quad (21)$$

$$K_p = \frac{(I_{max} - I_{min})}{I_a} = \frac{2 \cdot (I_{max} - I_{min})}{(I_{max} + I_{min})}. \quad (22)$$

З урахуванням цього рівняння для втрат перетворюється до наступного вигляду:

$$\Delta W_{Ra} + \Delta W_{Req} = \left[I_a \cdot \left(1 + \frac{K_p^2}{12} \right) \right] \cdot \left[R_a \cdot C_{eq} \cdot (U_{Ceq,0} - U_{Ceq,fin}) + R_{eq} \cdot C_{stor} \cdot (U_{Cstor,fin} - U_{Cstor,0}) \right] \quad (23)$$

При цьому обмеження накладаються на середнє значення струму режиму $I_a \leq I_{adm}$ та рівень пульсацій $K_p \leq K_{p,adm}$. Напряга накопичуючого конденсатора обмежується його максимально припустимим значенням $U_{Cstor,fin} \leq U_{Cstor,adm}$. Додатково може бути обмеженим і час реалізації режиму, тобто сума виразів (15) та (18).

$$t_{\Sigma} = \frac{C_{stor} \cdot (U_{Cstor,fin} - U_{Cstor,0})}{I_a} + \frac{C_{eq} \cdot (U_{Ceq,0} - U_{Ceq,fin})}{I_a}.$$

Таким чином, отримані аналітичні вирази фактично складають математичну модель оптимізаційної задачі мінімуму втрат, за умови реалізації режиму.

Індуктивність буферного накопичувача вочевидь обмежує швидкість реалізації режиму, формуючи при заданих I_{max} , I_{min} тривалість режиму, та впливаючи на точність прийнятих припущень (1, 2), зважаючи на рекомендації [7] величину індуктивності слід обирати з умови:

$$L_{stor} > 3..5 \cdot L_a.$$

Для оцінки достовірності отриманих аналітичних результатів проведено ланку експериментів з деякими машинами постійного струму, результати зведено до табл.1.

Таблиця 1 – Результати аналітичних розрахунків та модельних досліджень.

Параметр	Найменування машини				
	ПБВ100М	П112	ПБВ132М	П91	П101
P_n , кВт	0.86	210	2.5	60	110
R_a , Ом	0.222	0.0052	0.0574	0.0308	0.009
L_a , Гн	0.00118	0.0002919	0.00042	0.0001107	0.0009
J_s , кг·м ²	0.01	5.75	0.188	1.47	2.57
$I_{a,n.s}$, А	18	1000	50	287	508
$U_{a,n.s}$, В	52	220	53	220	220
$\omega_{a,n.s}$, с ⁻¹	105	157	62,8	157	157
$k\Phi_n$, В·с	0.457	1.368	0.798	1.345	1.37
W_{Ceq} , Дж	64.73	743600	414.64	19660	33140
$W_{Cstor.ak}$, Дж	45.92	674100.00	328.45	16560.00	30370.00
$W_{Cstor.exp}$, Дж	46.04	735776.00	324.84	16298.00	29940.00
ΔW_{Cstor} , %	0.26	8.38	-1.11	-1.61	-1.44
$W_{R.ak}$, Дж	18.71	7005.00	86.64	3094.00	2752.00
$W_{R.exp}$, Дж	18.69	7824.00	89.80	3362.00	3200.00
ΔW_R , %	-0.11	10.47	3.52	7.97	14.00
$U_{Cstor.ak}$, В	43.79	209.47	47.17	201.88	210.60
$U_{Cstor.exp}$, В	38.66	201.70	43.09	190.00	203.00
ΔU_{Cstor} , %	-13.27	-3.85	-9.47	-6.25	-3.75

Висновки. 1. Аналітично визначені енергетичні параметри режиму гальмування двигуна постійного струму на конденсаторний накопичувач.

2. На підставі аналізу аналітичних виразів встановлено, що втрати потужності в колі передачі енергії лінійно залежать від середнього значення струму, та квадратично від коефіцієнту пульсації струму.

3. Доведено, що значення індуктивності буферного накопичувача не впливає на кінцеві значення накопиченої енергії, а лише обумовлює швидкість процесу передачі енергії.

4. Отриманий математичний апарат є математичною моделлю оптимізаційної задачі визначення параметрів режиму за умов обмежень часу гальмування та його інтенсивності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Накопители энергии / [Д. А. Бут и др.]. - М.: Энергоатомиздат, 1991. - 397 с.
2. Варакин А.И. Маневровый и универсальный локомотив с гибридной силовой установкой и накопителем энергии на базе электрохимических конденсаторов / А.И. Варакин, И.Н. Варакин, В.В. Менухов // Наука и техника транспорта. Российская открытая академия транспорта Московского государственного университета путей сообщения. - 2007. – Вып. 2/2007. – С. 34-40.
3. Колб А.А. Использование энергии рекуперации электротранспорта для управления качеством электроэнергии / А.А. Колб // Электромеханічні і енергозберігаючі системи. - 2010. – Вып. 4/2010 (63). - С. 98- 102.
4. Бялобржеський О.В. Аналіз процесу розподілу енергії в режимі гальмування машини постійного струму з підключенням якоря до конденсаторного накопичувача / О.В. Бялобржеський // Электромеханічні і енергозберігаючі системи. - 2012. – Вып. 3/2012 (19). - С. 256- 260.
5. Спосіб гальмування та розгону двигуна постійного струму: патент / О.В. Бялобржеський, І.В. Шипунова, С.П. Карлик. - № u201207311; Бюл. №1/2013.
6. Давидов О.Ю. Аналітичне визначення параметрів режиму однофазної мостової схеми інвертора в пристрої компенсації реактивної потужності / О.Ю. Давидов // Электромеханічні і енергозберігаючі системи.- Кременчук: КрНУ імені Михайла Остроградського. - 2011. – Вып. 4/2011 (16). - С. 22- 27.
7. Руденко М.В. Преобразовательная техника / М.В. Руденко. - М.: Энергия, 1980. - 440 с
8. Пронин М.В. Силовые полностью управляемые полупроводниковые преобразователи. ОАО Электросила / М.В.Пронин, А.Г.Воронцов. - 2003. – 172 с.

REFERENCES

1. But D., etc. Energy storage units.-M.: Energoatomizdat, 1991. 397 с.
2. A.I.Varakin, I.N.Varakin, V.V.Menuhov. The shunting and universal locomotive with the hybrid powerplant and energy storage unit on the basis of electrochemical condensers. *Science and engineering of transport. Russian open academy of transport Moscow state university of means communication*, Moscow. 2007; Vol. 2/2007; 34-40.
3. Kolb A.A. Use's energy of a recuperation electro transport for quality management of the electric power. *Electromechanical and energy saving systems*. - Kremenchuk: Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University. 2010; Vol.4/2010 (63): 98-102.
4. Bialobrzzeski O.V. Analys of process a partition of energy in a mode of braking the continuous-current machine with connection of an anchor to the condenser store. *Electromechanical and energy saving systems* - Kremenchuk: Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University, 2012. - Vol. 3/2012 (19) with. 256 260.
5. Bialobrzzeski O.V., Shipunova I.V., Karlyk E.P. Way of braking and dispersal of the engine a direct current. *The patent of Ukraine*. u201207311 Bull. №1/2013.
6. Davidov O.J. Analytical definition of parameters a mode of a single-phase bridge inverter in the device of indemnification of a reactive power. *Electromechanical and energy saving systems*. Kremenchuk: Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University. 2011;Vol.4/2011 (16): 22 27.
7. Rudenko M.B. Converting engineering. - М.: Energy, 1980. p.
8. M.V.Pronin, A.G.Vorontsov. Power completely operated semi-conductor converters. *Open Society the Electric power*, 2003. - 172с.

Надійшла до редакції 22.03.2013

Рецензент: О.О. Шавьолкін

А.В. БЯЛОБРЖЕСКИЙ, И.В. ШИПУНОВА

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

Енергетические показатели режима торможения машины постоянного тока с передачей энергии на конденсаторный накопитель. На основании закона сохранения энергии, проведено оценку электромагнитных процессов в силовом контуре системы накопления энергии торможения двигателя постоянного тока. При условии релейного управления режимом торможения с заданными минимальным и максимальным значениями тока сформулированы условия выбора емкости накопительного конденсатора, которая обеспечит минимальные потери мощности в силовом контуре. Обоснована независимость уровня накопленной энергии и времени протекания процесса от буферной индуктивности, при заданном диапазоне изменения тока.

Ключевые слова: накопление тормозной энергии двигателя постоянного тока; релейное управление режимом торможения; минимальные потери мощности.

A. BIALOBRZESKI, I. SHIPUNOVA

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

Power Parameters of the Mode of Deceleration of DC machine with Energy Transfer to the Storage Capacitor.

The paper analyzes existing level of science and technics in sphere of electrotechnical complexes with DC-machines, in particular traction complexes of vehicles. The paper considers scale introductions in the structure of complexes electrostatic energy storages.

Keywords: accumulation of brake energy of DC-machine, minimal losses of capacity.