

## ЕЛЕКТРОМАШИННО-ВЕНТИЛЬНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ МАКЕТНОЇ УСТАНОВКИ БЕЗКОНТАКТНОГО АСИНХРОНІЗОВАНОГО ГЕНЕРАТОРА

Галіновський О.М., к.т.н., доцент, директор ТОВ «НВО «ТЕМП 09»,  
Бігун Б.Р., магістрант  
*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електромеханіки*

**Вступ.** У Київському політехнічному інституті проводилася розробка безконтактних асинхронізованих машин (БАСМ) великої потужності з електромашино-вентильними перетворювачами (ЕМВП) на базі безпосередніх перетворювачів частоти з природною комутацією (БПЧП). Розробка ЕМВП проводилась в основному при порівняно невеликих частотах навантаження. Їх працездатність підтверджена результатами досліджень багатьох математичних і фізичних моделей.

На даний час є актуальним впровадження безконтактних асинхронізованих генераторів (БАСГ) в автономних енергетичних установках (АЕУ) [2].

При застосуванні БАСГ досягається паралельна робота різних типів АЕУ між собою. При регулюванні швидкості обертання поліпшуються енергетичні показники АЕУ. Тому ЕМВП повинні бути працездатними при великому діапазоні зміни частоти навантаження [3, 4]. Актуальна розробка нових типів ЕМВП з підвищеними техніко-економічними показниками. Необхідні вдосконалені методик розрахунків ЕМВП, експериментальні підтвердження працездатності БАСГ, його ЕМВП та системи автоматичного регулювання. Важлива розробка і побудова макетної установки БАСГ з дослідженням різних типів ЕМВП.

**Мета роботи:** Вибір типу електромашино-вентильного перетворювача БАСГ АЕУ, вдосконалення методики розрахунку основних співвідношень безпосередніх перетворювачів частоти з природною комутацією.

**Електромашино-вентильні перетворювачі.** На рис. 1 показані структурні схеми одномашинних (а, б) і каскадного (в) електромашино-вентильних перетворювачів (ЕМВП) БАСГ. Прийняті позначення: 1 – основна електрична машина (ОЕМ); 2, 21, 22 – допоміжні електричні машини (ДЕМ); 3 – управляюча машина (УМ); 4 – тиристорний перетворювач (ТП); 5 – блок сигналів управління (БСУ); 6 – автоматичний регулятор (АР); 7 – обертова частина;  $n_1$ ,  $n$  – напрями обертання поля статора і валу ОЕМ;  $n_{д1}$ ,  $n_{д1-1}$ ,  $n_{д2-1}$ ,  $n_{u1}$  – напрями обертання полів статорів ДЕМ і УМ.

Одномашинні ЕМВП розробляються на базі безпосередніх перетворювачів частоти (БПЧ) з природною комутацією (БПЧП). Каскадні ЕМВП розробляється на базі БПЧП з модульованою вхідною напругою (БПЧПМ) [1, 3].

Каскадні ЕМВП забезпечують високу якість форми напруги навантаження при низьких частотах (включаючи  $s = 0$ ). Проте збільшені габарити каскадних ЕМВП обмежують їх застосування в БАСГ АЕУ.

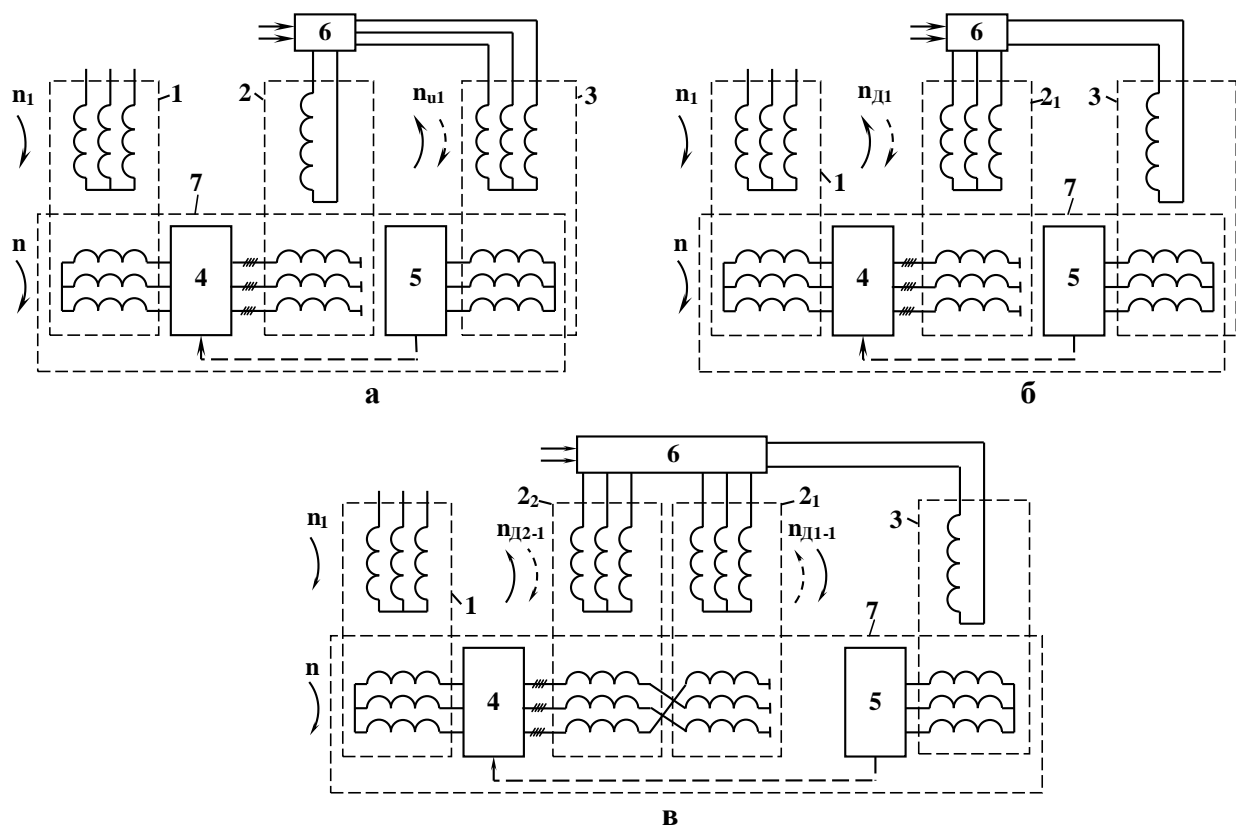


Рисунок 1 – Структурні схеми одномашинних (а, б) і каскадного (в) ЕМВП БАСГ: 1 – OEM; 2, 2<sub>1</sub>, 2<sub>2</sub> – ДЕМ; 3 – УМ; 4 – ТП; 5 – БСУ; 6 – АР; 7 – обертова частина

В макетній установці БАСГ рекомендується застосувати одномашинний ЕМВП з допоміжною електричною машина синхронного типу. Співвідношення між числами пар полюсів:  $p_w = 3r$ ;  $p_u = p_w$ . ЕМВП доцільно розташовувати в торцевій частині конструкції (окремо від OEM).

Управління по фазі напруги навантаження ЕМВП проводиться по фазі напруги на статорі управляючої машини асинхронного типу, яка подається з частотою ковзання від безпосереднього перетворювача частоти з обмеженим числом повністю керованих вентилів [3].

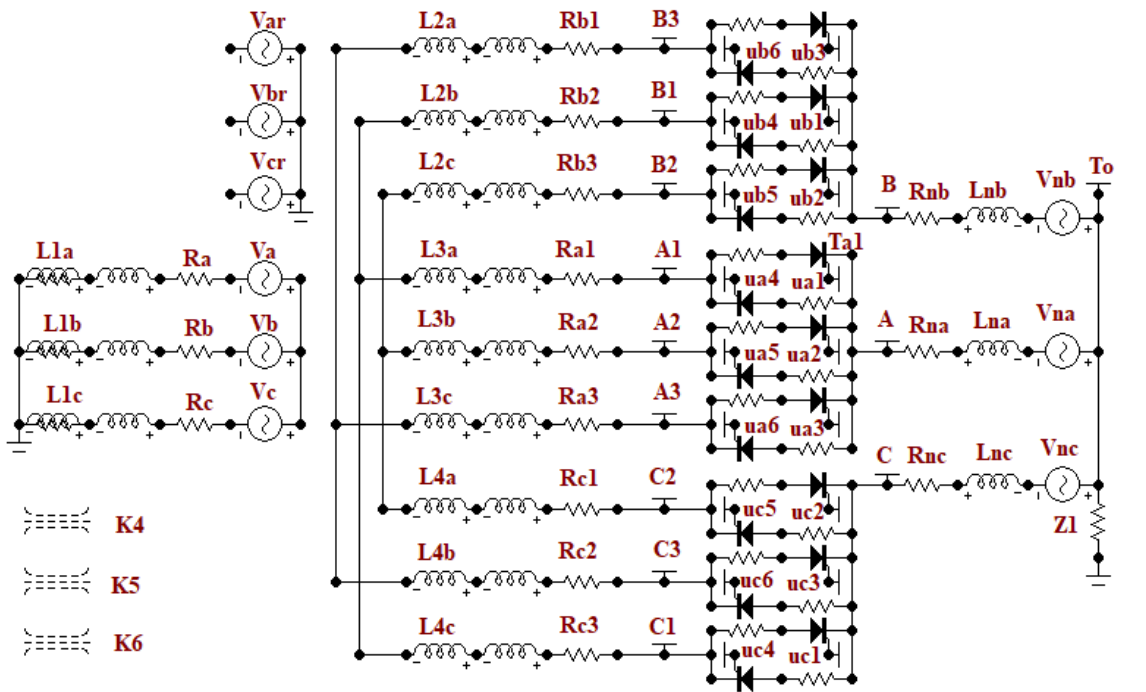
**Безпосередні перетворювачі частоти з природною комутацією.** Тиристорні блоки БПЧП розташовуються на стороні навантаження або в зоні нульових точок. На рис. 2 показані схеми силових блоків БПЧП-2 і БПЧП-3 в системі Micro-Cap. В БПЧП застосовується комбіноване потенційне розділення фаз джерела живлення і комбінований закон управління тиристорами [1, 3]. Алгоритми розрахунку БПЧП розробляються на базі алгоритмів розрахунку випрямлячів безконтактних синхронних машин.

Приводимо вихідні параметри для розрахунку БПЧП.

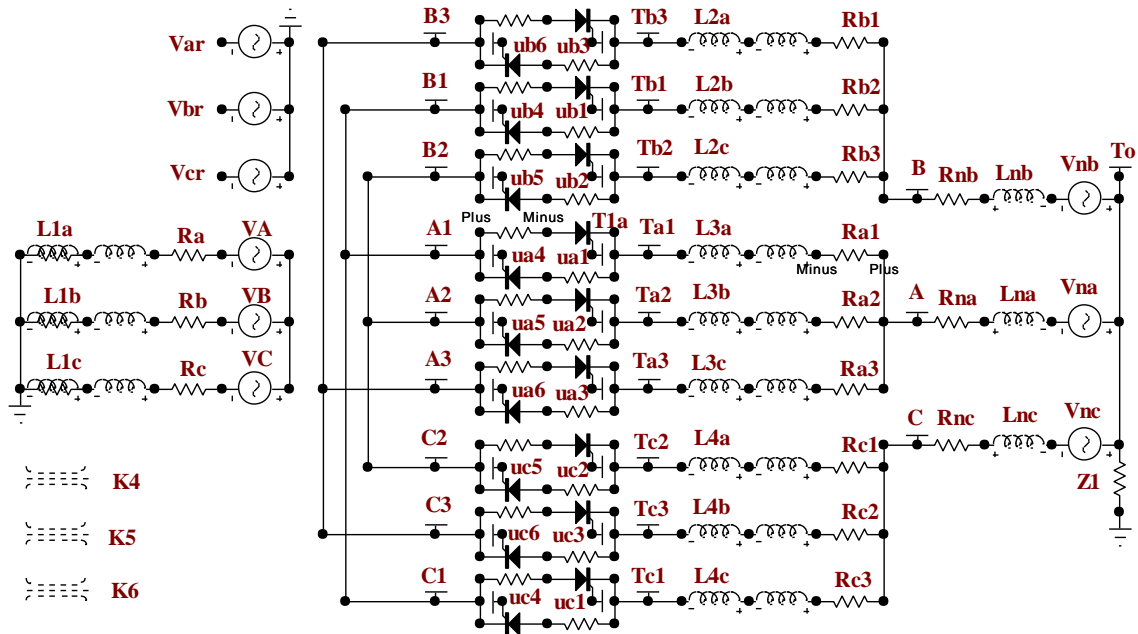
Допоміжна електрична машина:

$p_w = 6$ ;  $A_i = 132$  В;  $F_i = 138$  Гц;  $z_i = 2.5$  Ом;  $kr = r_i/x_i = 0.25$ .

Застосовані тиристори типу B25RIA120.



a



б

a

Рисунок 2 – Схема силових блоків БПЧП-2 (а) і БПЧП-3 (б)

Частота сигналів управління тиристорами  $F_u = 134$  Гц.

Число пар полюсів управляючої машини  $p_u = p_w = 6$ .

Навантаження:

$Z_n = 15$  Ом;  $\alpha_{fn} = 45^\circ$ ;  $A_n = 0$  В;  $F_n = 4$  Гц.

На рис. 3 показані діаграми напруг і струмів БПЧП-2 і БПЧП-3.

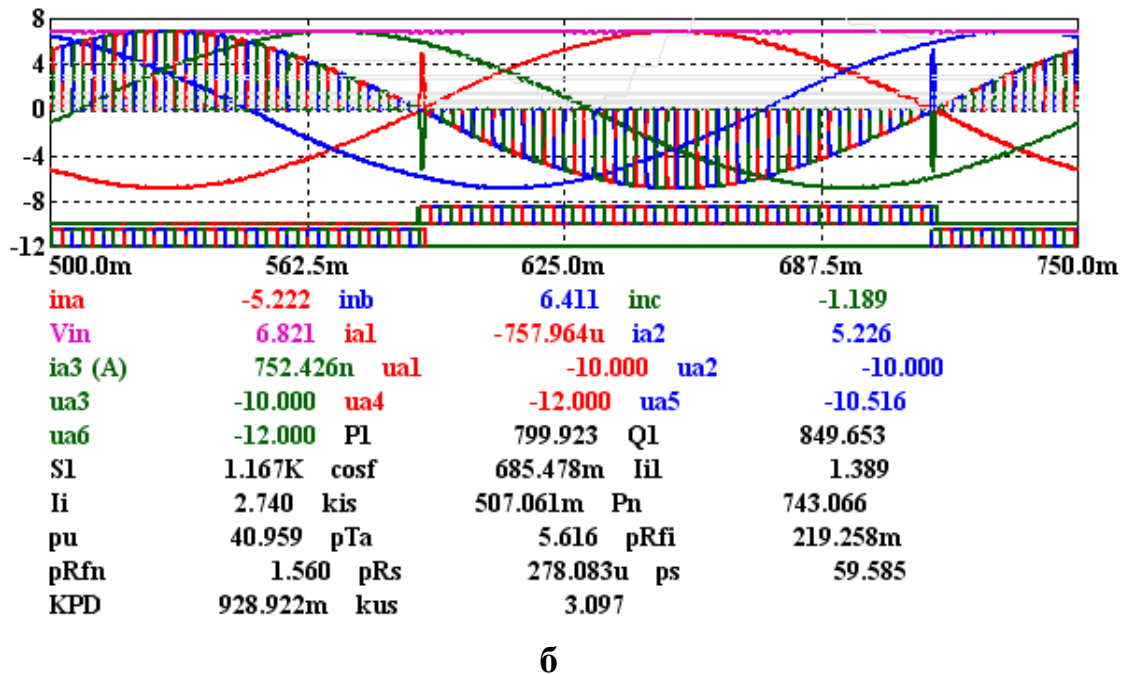
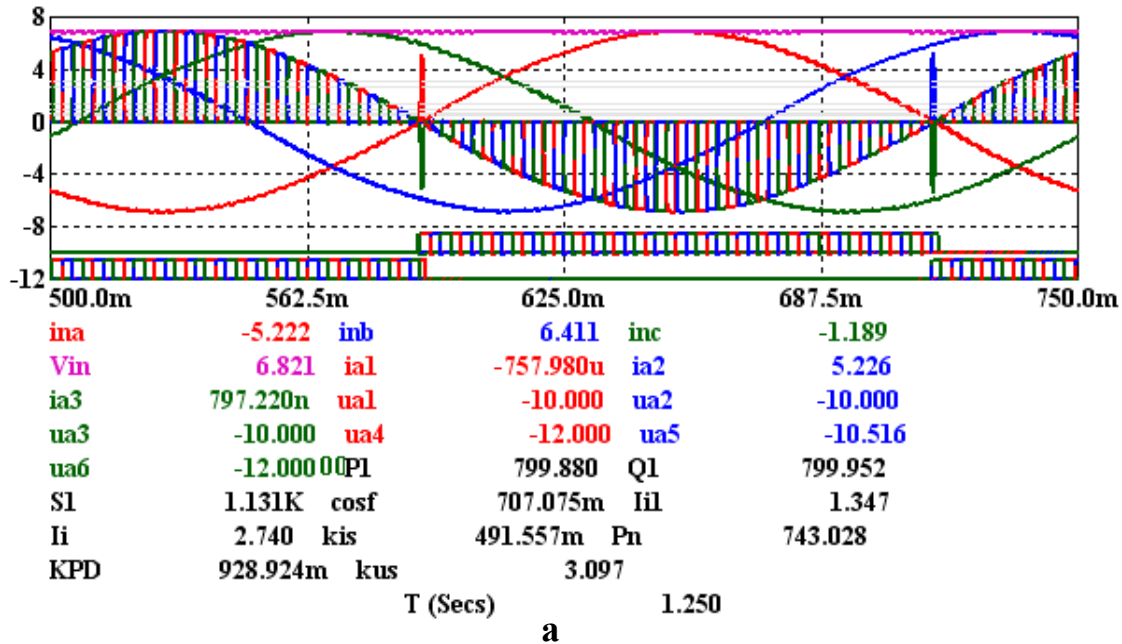


Рисунок 3 – Струми та напруги управління БПЧП-2 (а) і БПЧП-3

Прийняті позначення:  $i_{na}$ ,  $i_{nb}$ ,  $i_{nc}$ ,  $V_{in}$  – результуюча намагнічуюча сила навантаження;  $i_{a1}$ ,  $i_{a2}$ ,  $i_{a3}$  – струми в джерелі живлення по фазі А навантаження;  $u_{a1} \div u_{a6}$  – сигнали управління тиристорами фази А навантаження;  $P1$ ,  $Q1$ ,  $S1$ ,  $\cos f = P1/S1$  – активна, реактивна, повна потужність і коефіцієнт потужності джерела живлення по 1-й гармоніці;  $I_{i1}$ ,  $I_i$  – діюче значення струму 1-ї гармоніки і повного струму джерела живлення;  $kis = I_{i1}/I_i$  – коефіцієнт спотворення струму джерела живлення;  $P_n$  – потужність навантаження;  $p_u$ ,  $p_{Ta}$ ,  $p_{Rfi}$ ,  $p_{Rfn}$ ,  $p_{Rs}$ ,  $p_s$  –

втрати в джерелі живлення, на тиристорах, на захисних ланках джерела живлення та навантаження, на опорах зміщення і сумарні втрати вторинного контуру;  $KPD = P_n/P_1$  – коефіцієнт корисної дії;  $k_{us} = 1/(\cos\phi \cdot k_{is} \cdot KPD)$  – коефіцієнт збільшення потужності джерела живлення.

В таблиці 1 приведені основні розрахункові величини трифазно-трифазних БПЧП з нульовими схемами перетворення.

Таблиця 1 – Розрахункові величини БПЧП-2 та БПЧП-3

Тип ПЧ	$P_1$ Вт	$S_1$ ВА	$I_{i1}$ А	$k_{is}$	$P_n$ Вт	$KPD$ %	$k_{us}$
БПЧП-2	799,9	1131	1.35	0,492	743	92.9	3.1
БПЧП-3	799.9	1167	1.39	0.507	743	92.9	3.1

Основні розрахункові величини БПЧП з різним розташуванням тиристорних блоків практично співпадають. БПЧП мають порівняно великий коефіцієнт збільшення потужності джерела живлення ( $k_{us} > 3$ ). Величина  $k_{us}$  менша в БПЧП з мостовими схемами перетворення.

#### Висновки:

1. В АЕУ доцільно застосовувати БАСГ з однашарними ЕМВП на базі безпосередніх перетворювачів частоти з природною комутацією (БПЧП).
2. В роботі проведено вдосконалення методики розрахунку основних співвідношень БПЧП в системі Micro-Cap.
3. Одержані результати досліджень ЕМВП є базовими, вони можуть бути використані при подальшому вдосконаленні ЕМВП.

#### Перелік посилань

1. Галіновський О.М., Ленська О.О., Мельник М.П. Безпосередні перетворювачі частоти з штучною і природною комутацією в безконтактних асинхронізованих машинах // Електротехніка і Електромеханіка. – 2015. – №5. – С. 23-30.
2. Денисюк С.П., Бойко І.Ю. Підвищення енергоефективності Microgrid з дизель-генераторами / Енергетика: економіка, технології, екологія. 2021. № 2. – С. 19 – 32.
3. О.М. Галіновський, Є.М. Дубчак, О.О. Ленська Основи електромеханотроніки, ч. 2, Електромашинно-вентильні безпосередні перетворювачі частоти асинхронізованих машин / Навчальний посібник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Електричні машини і апарати» // НТУУ «КПІ», 2022.– 110 с.
4. Galinovskiy O.M., Bigun B.R., Lenska O.O. Main electrical machine of a brushless asynchronous generator of a model diesel power plant // International Scientific Journal of Young Scientists, Graduate Students and Students "Modern Problems of Electric Power Engineering and Automatics". – Kyiv: Igor Sikorsky KPI, 2022. – Pp. 220-224. Url – <http://jour.fea.kpi.ua/article/view/279925>