

РОЗРОБКА СТЕНДУ ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ГЕНЕРАТОРА БЕЗМУЛЬТИПЛІКАТОРНОЇ ВІТРОЕЛЕКТРОУСТАНОВКИ

¹Чумак В.В., к.т.н., доц., ¹Коваленко М.А., к.т.н., доц., ¹Реуцький М.О., к.т.н., доц., ²Коваленко І.Я., асп., асист., ¹Ткачук І.В., асп., асист.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, ¹кафедра електромеханіки, ²кафедра відновлюваних джерел енергії

Вступ. Перетворення механічної енергії вітру в електричну є актуальним науково-практичним завданням. Одним прикладом таких систем є вітроелектроустановки, що перетворюють механічну енергію вітру в електричну [1, 2]. До складу такої системи входить ротор вітроустановки, що представляє собою вітрове колесо певного конструктивного виконання, редуктор та електрогенератор. Відомо, що механічна характеристика ротора вітроелектроустановки має нелінійний характер із явно вираженими максимумами активної потужності за різного значення швидкості вітру [3]. Традиційні вітроелектроустановки із мультиплікатором та без нього працюють на довільній точці механічної характеристики ротора вітроустановки при зміні навантаження та при зміні швидкості вітру [4, 5]. Для вітроелектроустановок із мультиплікатором використовуються класичні електрогенератори із постійними магнітами та радіальним основним магнітним потоком [6]. Для безмультиплікаторних систем рекомендується використовувати електрогенератори із осьовим магнітним потоком. Вони мають ряд переваг в таких системах, що детально описано в літературних джерелах [7, 8].

Мета дослідження. Експериментальна перевірка основних положень, припущень та методів ефективності підвищення ефективності перетворення енергії вітру в електричну. Також, перевірка достовірності та адекватності отриманих розрахункових даних. В якості об'єкта дослідження використовується торцевий генератор із збудженням від постійних магнітів та додатковою підмагнічу вальною обмоткою. Предметом дослідження є основні вихідні параметри та характеристики досліджуваного генератора: вихідна напруга, В; робочий струм якоря, А; вихідна активна потужність якоря генератора, Вт.

Матеріали та результати досліджень. Для виконання поставленої мети, в рамках даної роботи розроблено експериментальний стенд для дослідження генератора безмультиплікаційної вітроустановки. Структурна схема стенду зображена на рис. 1.

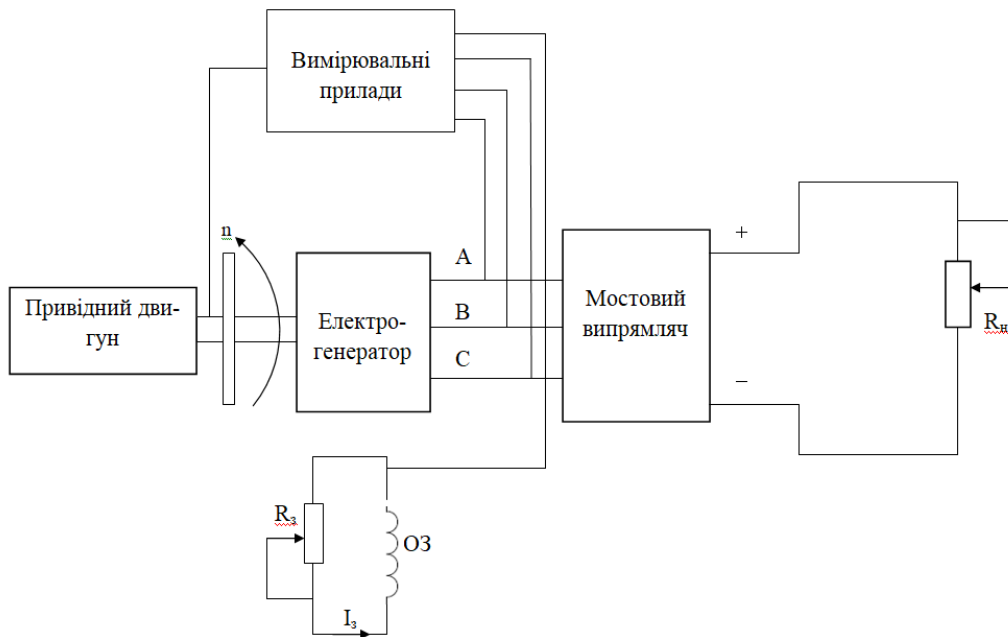


Рисунок 1 – Структурна схема експериментального стенду

До складу стенду, зображеного на рис. 1 входить: привідний двигун постійного струму із незалежним збудженням; цифровий вимірювач швидкості обертання валу ротора генератора; трифазного торцевого магнітоелектричного генератора; комплекту вимірювальних приладів, що здійснюють контроль електричних параметрів генератора, привідного двигуна, навантаження та додаткової підмагнічуючої обмотки; трифазного мостового випрямляча; навантаження; комплекту підмагнічуючи ємностей; систему керування струмом збудження привідного двигуна та додатковою підмагнічуючою обмоткою.

Загальний вигляд розробленого експериментального стенду показано на рис. 2.



Рисунок 2 – Загальний вигляд експериментального стенду

На рис. 2 показано:

1 – досліджуваний генератор;

- 2 – привідний двигун;
- 3 – регулювальний реостат збудження;
- 4 – комплект із встановленими випрямлячами та згладжуючими фільтрами;
- 5 – комплект вимірювальних приладів в колі привідного двигуна;
- 6 – комплект вимірювальних приладів досліджуваного генератора;
- 7 – навантаження досліджуваного генератора;
- 8 – вимірювач швидкості обертання генератора.

В якості випрямлячів використовуються мости Ларіонова для симетричного підключення навантаження. Коригування та зміна швидкості обертання ротора генератора здійснювалось за допомогою двохзонного регулювання напругою на якірній обмотці привідного двигуна постійного струму та струму його збудження. В якості вимірювача швидкості обертання ротора використовується система, що працює на основі давача Холла. Оскільки номінальна швидкість обертання генератора значно нижча від номінальної швидкості обертання привідного двигуна, передача зусилля від привідного двигуна до генератора здійснюється за рахунок ремінної передачі та системи шківів із передавальним числом 1:5.

Режим неробочого ходу електрогенератора у складі вітроустановки характеризує регулювальні можливості такого генератора, ступінь його насичення та дозволяє визначити максимальні межі регулювання.

На рис. 3 показано характеристику неробочого ходу генератора при різних швидкостях обертання валу генератора.

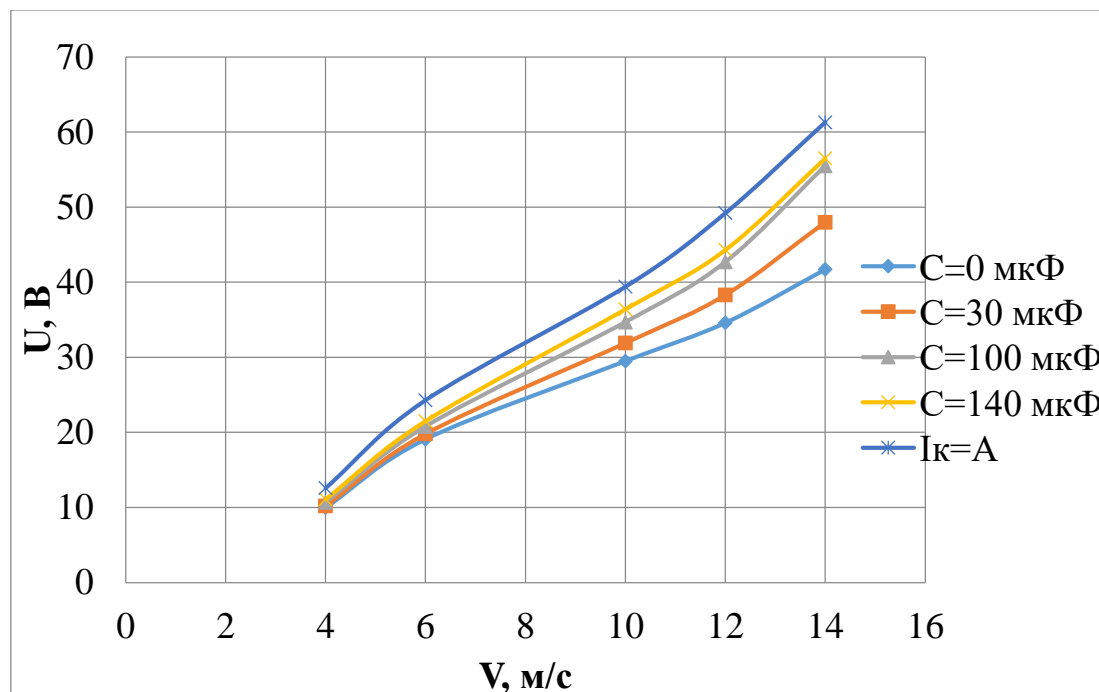


Рисунок 3 – Характеристика неробочого ходу генератора при різних швидкостях обертання

Очевидно, що характеристика генератора без регулювання має найнижчі значення величини напруги. При збільшенні швидкості обертання ротора генератора напруга на виході генератора збільшується лінійно за рахунок

збільшення ЕРС обертання, що наводиться в обмотці якоря генератора. При збільшенні величини підмагнічувальної ємності напруга починає зростати за рахунок збільшення основного магнітного потоку. Однак, при подальшому збільшенні величини підмагнічувальної ємності (при $C > 100$ мкФ) напруга збільшується незначно, що пояснюється насиченням магнітної системи, збільшенням реактивного струму в обмотці якоря та падіння напруги на активному та індуктивному опорах.

При подачі постійної напруги на додаткову підмагнічувальну обмотку спостерігається збільшення величини напруги, що пояснюється підсиленням основного магнітного потоку генератора. Даний дослід проводиться при відключеній додатковій підмагнічувальній ємності.

В залежності від методі підмагнічування (додатковою обмоткою чи ємністю) та швидкості обертання ротора генератора приріст вихідної напруги спостерігається від найменших 2% (при швидкості 200 об/хв та підмагнічувальній ємності $C = 30$ мкФ) до 47% (при швидкості 780 об/хв та подачі струму на додаткову обмотку $I_k = 1$ А).

Перелік посилань

1. Chumack, Vadim and Bazenov, Volodymyr and Tymoshchuk, Oksana and Kovalenko, Mykhailo and Tsyvinskyi, Serhii and Kovalenko, Iryna and Tkachuk, Ihor, Voltage stabilization of a controlled autonomous magnetoelectric generator with a magnetic shunt and permanent magnet excitation (December 21, 2021). Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6(5 (114)), 56–62. doi:10.15587/1729-4061.2021.246601, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3993765>. DOI: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3993765.
2. Vadim Chumack, Serhii Tsyvinskyi, Mykhailo Kovalenko, Alexej Ponomarev, Ihor Tkachuk Mathematical modeling of a Synchronous generator with combined excitation // (2020) Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(5 (103)), 30-36. doi 10.15587/1729-4061.2020.193495.
3. В.М. Головка, М.А.Коваленко, Коваленко І.Я., І. Р.Галасун (2020). Математичне моделювання автономної вітроустановки з синхронним генератором магнітоелектричного типу. Відроджена енергетика, Київ. - 2020. - №4(63), с. 50-58.
4. Коваленко І.Я. (2021). Робота синхронного генератора з постійними магнітами при підмагнічуванні сторонньою ємністю. Відроджена енергетика, Київ. - 2021. - №1(64), с. 50-58.
5. F. O. Ribeiro, João A. Vasconcelos Robust Design of an Axial-Flux Permanent Magnet Synchronous Generator Based on Many-Objective Optimization Approach // IEEE Transactions on Magnetics 2018. - № 54. – P. 12-22.
6. Nedjar, B.; Hlioui, S.; Amara, Y.; Vido, L.; Gabsi, M.; Lécrivain, M. A new parallel double excitation synchronous machine. IEEE Trans. Magn. 2011, 47, 2252–2260.
7. Hua, H., Zhu, Z.Q., Zhan H. Novel Consequent-Pole Hybrid Excited Machine with Separated Excitation Stator // IEEE Trans. Ind. Electron. 2016, 63, 4718–4728.
8. Головка В.М., Коваленко М.А., Чумак В.В., Святненко В.А., Коваленко І.Я. Експериментальна оцінка корекції потужності генератора авто-номної вітроелектроустановки // Електротехніка та електроенергетика. 2022. №1. – с. 8-18.