

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВІТРОВОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ НА РЕЖИМИ РОБОТИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ

© Коновал В.С., Кучинський А.Ю., Горак О.І., 2012

Розглянуто вплив вітрових електростанцій на режими роботи електричної мережі, а також особливості вибору місця приєднання за допомогою програмного комплексу ДАКАР.

Ключові слова: вітрова електростанція, електрична мережа, втрати потужності, рівні напруг

The effect of wind farms on electric network and features to choose their accession by means of software DAKAR.

Key words: wind power, electric network, power losses, voltage levels

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень

За останнє десятиліття інтерес до альтернативних джерел енергії постійно зростає, оскільки в багатьох стосунках вони необмежені. У міру того, як постачання палива стає менш надійним і дорожчим, ці джерела стають усе більше привабливими та економічними.

У пошуках альтернативних джерел енергії в багатьох країнах чимало уваги приділяють вітроенергетиці. Уже сьогодні в Данії вітроенергетика покриває близько 2 % потреб країни в електроенергії. У США на декількох станціях працює близько 17 тисяч вітроагрегатів загальною потужністю до 1500 МВт. Вітроенергетичні пристрої випускають не тільки в США і Данії, але і Великій Британії, Канаді, Японії і деяких інших країнах [1]. Наявність таких альтернативних джерел енергії спричиняють структурні зміни в енергосистемах [2]:

- Більшість розподілених генераторів підєднані до розподільної мережі. Це відрізняється від поточного стану енергосистеми (вертикальне управління енергосистеми), в якому баланс енергії підтримується переважно кількома одиницями величезних централізованих генераторів, підєднаних до передавальної мережі.
- Більшість розподілених генераторів не може керувати виходом електричної енергії, оскільки вона визначається його джерелом або тим, що вихід пов'язаний з іншим продуктом цієї станції, наприклад, тепла.
- Багато генераторів відновлюваної енергії, наприклад, вітряні турбіни та сонячні установки, мають переривчастий характер. Велика кількість такого типу генераторів може призвести до сильних коливань потужності, що є контрастним до поведінки великих централізованих електростанцій.
- Більшість розподілених (відновлюваних) генераторів підєднані до мережі за допомогою силових електронних перетворювачів. Вони діють інакше ніж нормальні генератори.

Задача досліджень

Завданням цього дослідження є визначення впливу приєднання ВЕС до мережі на рівні напруг та втрати потужності.

Виклад основного матеріалу.

Щоб зробити якісну оцінку впливу, який чинить розподілене генерування (РГ) на розподільчу мережу, проаналізуємо такі аспекти функціонування ЕЕС як контроль напруги та втрати потужності.

РГ може впливати на зміну напруги двома способами:

- РГ працює у взаємозв'язку з місцевим навантаженням, тобто кожного разу, коли місцеве навантаження в мережі збільшується, виробництво РГ також збільшується, і навпаки. Такий режим роботи РГ не дає проблеми для традиційного підходу контролю напруги.
- Вихідною потужністю РГ керують незалежно від місцевого навантаження. У цьому випадку РГ може негативно позначитися на функціональності управління напругою мережі. Один простий підхід до вирішення цієї проблеми – це зниження вихідної потужності блоку РГ.

Втрати потужності залежатимуть від виробленої потужності РГ. Якщо навантаження кожних шин завжди більше або дорівнює потужності розподіленого генератора на кожні шини, то втрати зменшуються по всіх лініях в розподільній мережі. Якщо потужність РГ більша від навантаження приблизно, у два рази, то втрати збільшуватимуться, тому потрібно контролювати процес такого генерування.

Схема досліджуваної електричної мережі показана на рис. 1. Ця схема складається з 86 вузлів напругою 6-220 кВ, 92 вітки, 36 навантажень, 16 генераторів (ТЕС, ТЕЦ1 та ТЕЦ2).

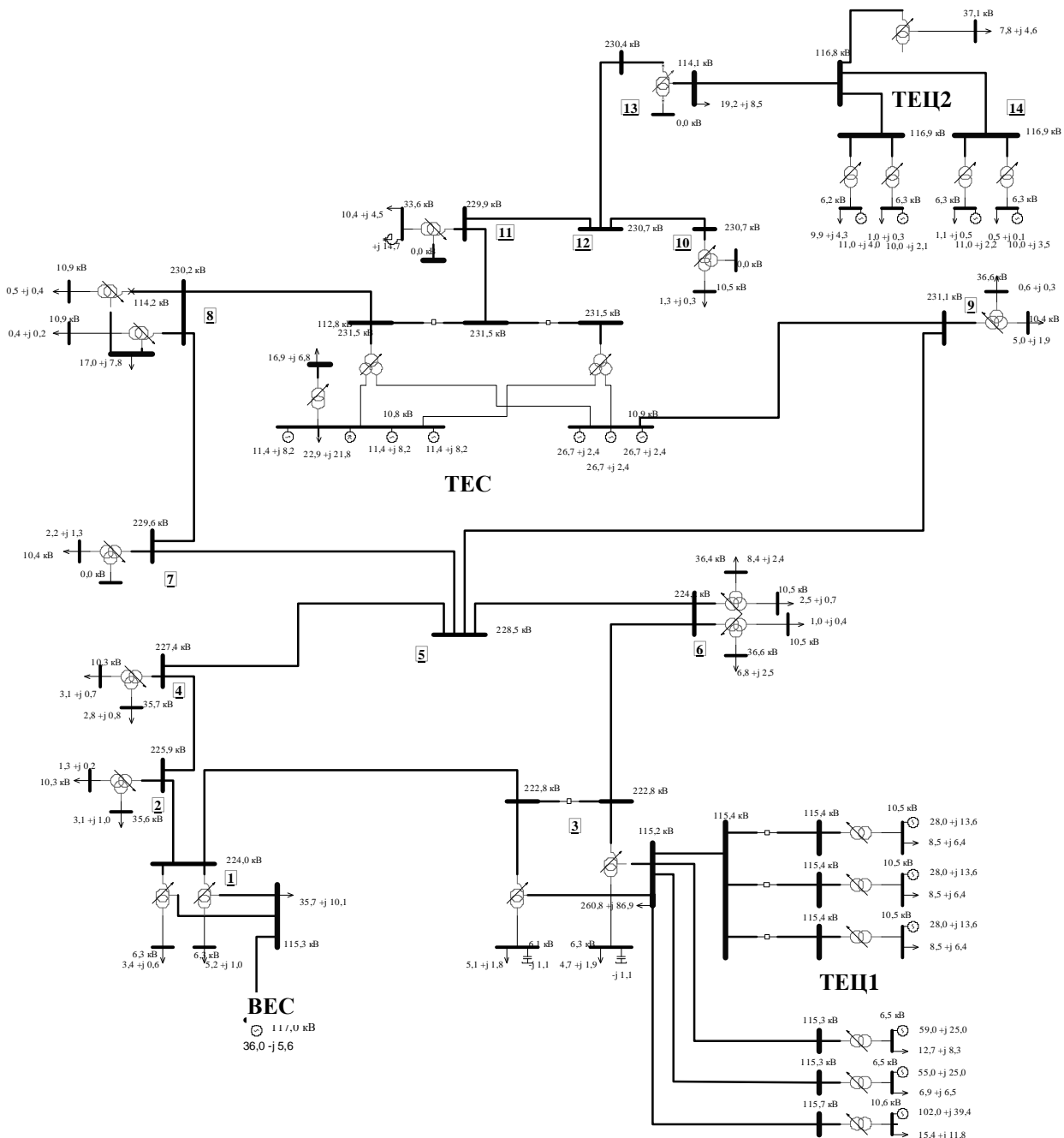


Рис. 1. Вихідна схема досліджуваної електричної мережі

Аналіз усталених режимів роботи мережі з/без вітрової станції

Розрахунки усталених режимів цієї електричної мережі проводили на програмному комплексі ДАКАР [3, 4]. Результати розрахунку вихідного усталеного режиму наведені на рис. 1 та таблиці.

Результати розрахунку вихідного усталеного режиму досліджуваної електричної мережі

	<i>МВт</i>	<i>Мвар</i>
<i>Сумарне генерування</i>	499.350	159.413
<i>Сумарне навантаження</i>	491.200	208.000
<i>Потужність синх. двиг.</i>	0.000	0.000
<i>Втрати позовжні</i>	4.571	48.214
<i>Втрати поперечні</i>	3.579	-96.800
<i>Втрати на корону</i>	0.000	
<i>Кількість ітерацій</i>	484	
<i>Функціонал</i>	0.000	
<i>Незбалансован. БВ</i>	-2.854	-0.106

Після розрахунку усталеного режиму аналізуємо отримані значення напруг вузлів. На рис. 2 наведено рівні напруг вузлів системи без генерування вітрової станції.

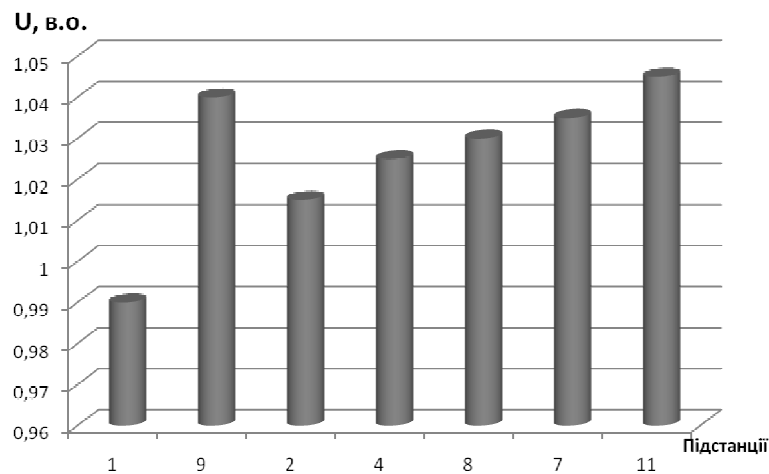


Рис. 2. Напруги вузлів мережі (в.о.) без генерування вітрової станції

Вибір місця для установки вітрової станції дуже складний і громіздкий процес. Необхідно шукати місця, де умови для будівництва вітрової електростанції є найкращими. Для цілей цього аналізу передбачається, що місце, яке відповідає умовам клімату, розташоване в безпосередній близькості від вузла 1 (рис. 1), оскільки рівень напруги у вузлі найменший з усіх (рис. 2).

Вітрова станція (ВЕС) складається з десяти генераторів по 3,6 МВт, з коефіцієнтом потужності, який може змінюватись в діапазоні від 0,93 – індуктивний, до 0,975 (емнісний).

На рис. 3 наведено рівні напруг у вузлах системи під час генерування електроенергії вітровою станцією ($P_{Г} = 36$ МВт).

Отримані рівні напруги у вузлах системи під час роботи вітрової станції перебувають на трохи вищому рівні, ніж під час роботи мережі без вітрової станції (рис. 2). Найбільше зросло значення напруги у вузлі 1, для якого напруга збільшилась на 4,1 кВ з рівня 0,99 в.о. (219,4 кВ) до 1,015 в.о. (223,5 кВ).

Аналіз усталених режимів мережі із збільшення навантаження з/без роботи вітрової станції

Навантаження системи постійно змінюється. Тому для оптимальної роботи мережі завжди повинен витримуватись баланс потужності, тобто із збільшенням навантаження повинно збільшуватись і генерування. Проте не у всіх випадках це можливо, йдеться про мережі з дефіцитом генерованої потужності. Відповідно, в таких мережах збільшення навантаження в режимі, коли

генератори працюють на максимумі, призведе до зниження рівнів напруг у вузлах. Одним з методів збільшення генерування є встановлення вітрових станцій.

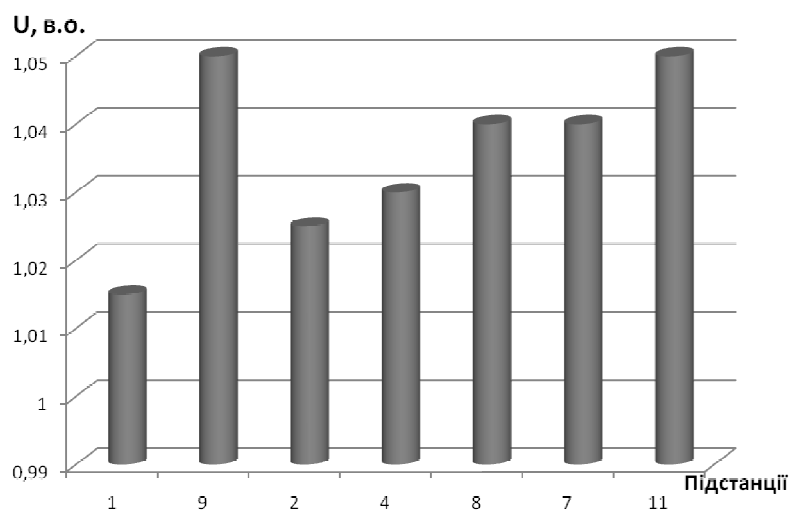


Рис. 3. Напруги вузлів мережі (в.о.) з генеруванням вітровою станцією 36 МВт

Змодельюємо таку ситуацію для нашої мережі. Збільшимо навантаження системи на 10% та проаналізуємо отримані рівні напруг без роботи вітрової станції (рис. 4).

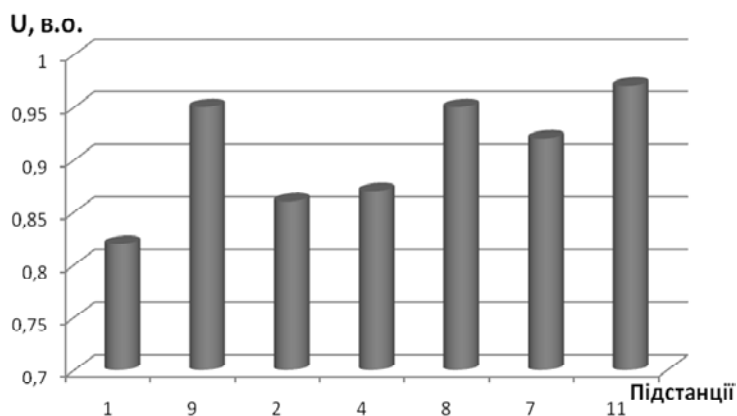


Рис. 4. Напруги вузлів мережі (в.о.) у разі зростання навантаження на 10 % без генерування вітрової станції

Збільшення навантаження системи призводить до зниження рівнів напруг у вузлах. Проте, не кожен вузол мережі сильно відчуває зміну навантаження, а лише ті вузли, які не мають прямих зв'язків з вузлами генерування. У цих вузлах напруга знижується найбільше: напруга вузла 1 на 38,2 кВ, з 0,99 в.о. (219,4 кВ) до 0,82 в.о. (181,2 кВ).

На рис. 5 показані рівні напруг у вузлах системи з роботою вітрової станції під час зростання навантаження на 10 %. Збільшення виробництва електроенергії за рахунок вітру підвищує напруги у вузлах, але не всі вузли це сильно відчувають, а лише ті, які найближчі до шин вітрової станції.

Генерування вітрової станції найбільше впливає на напругу шин 220 кВ підстанції 1, напруга в якій зростає на 34, 6 кВ з 0,82 в.о. (181,2 кВ) до 0,98 в.о. (215,8 кВ).

Проведемо детальне дослідження. Змодельюємо покрокове збільшення навантаження системи і генерування потужності ВЕС, і проаналізуємо, як це вплине на рівні напруг (рис. 6) і втрати потужності (рис. 7). Збільшуватимемо навантаження на 10 % з кроком 1 %, а генерування ВЕС на 36 МВт з кроком 10 % (3,6 МВт).

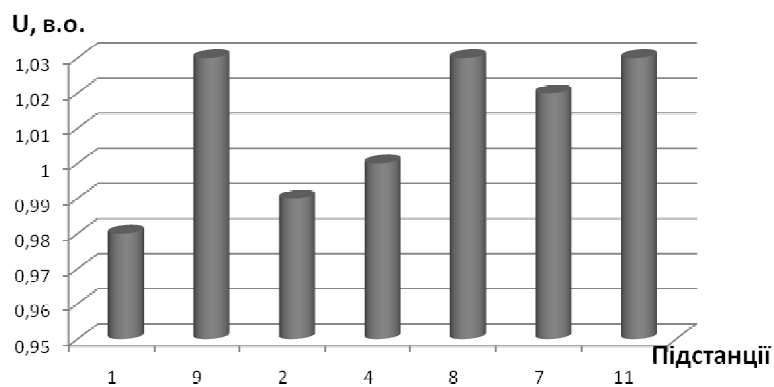


Рис. 5. Напруги вузлів мережі (в.о.) у разі зростання навантаження на 10 % з генеруванням вітровою станцією 36 МВт

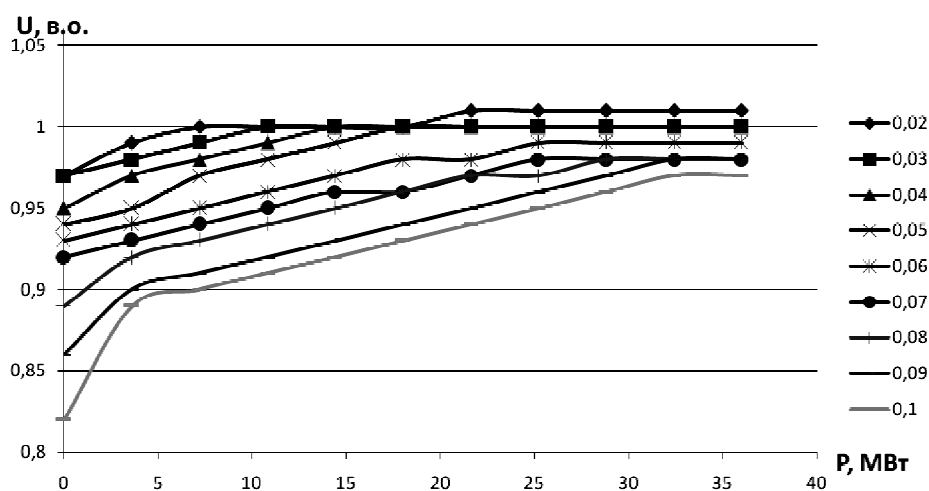


Рис. 6. Напруга шин 220 кВ підстанції 1 під час проведення детальнього дослідження

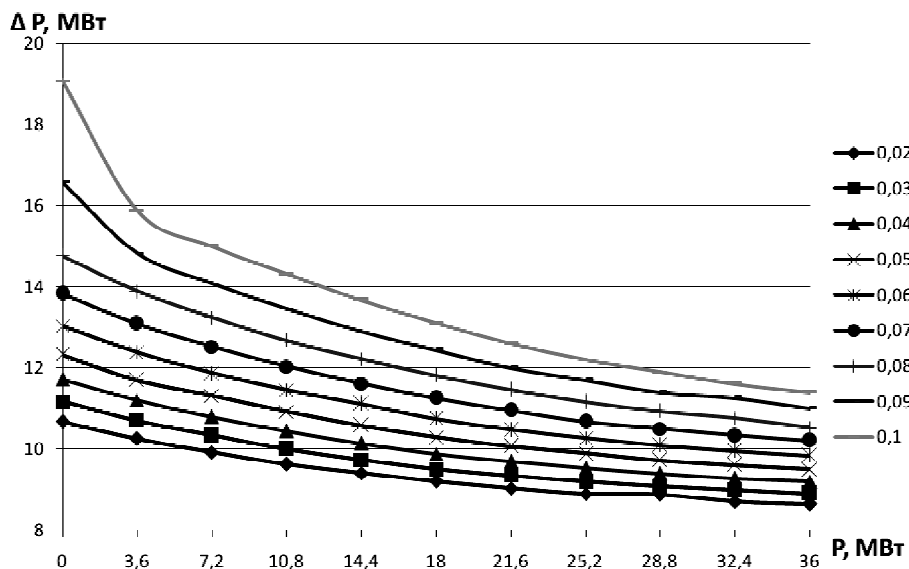


Рис. 7. Втрати потужності в мережі під час проведення детальнього дослідження

Висновки

1. Проведені дослідження дали змогу визначити вплив зміни потужності, що генерує ВЕС, на рівні напруг у вузлах електричної мережі. Робота ВЕС покращила рівні напруг у вузлах системи, зокрема в місці приєднання до системи. Але виробництво потужності на ВЕС пов'язано з кліматичними умовами,

тому потрібно враховувати, що швидкість вітру не є сталою, а змінюється. Як наслідок буде змінюватись величина виробленої потужності, що може бути причиною порушень в роботі системи.

Для забезпечення безпечної роботи системи необхідно передбачити резерв потужності в системі (наприклад, на звичайних електростанціях) для покриття дефіциту потужності у разі раптового відімкнення потужної вітрової станції або нездатності вітрової станції генерувати потужність у зв'язку з кліматичними умовами.

1. *EU Directive 2001/77/EC on the promotion of the electricity produced from renewable energy source in the internal electricity market.* [Online]. Available: http://europa.eu.int/comm/energy/res/legislation/electricity_en.htm. 2. *Reza M., Schavemaker P.H., Kling W.L., Van der Sluis L.A. Research program on intelligent power systems: self-controlling and self-adapting power systems equipped to deal with the structural changes in the generation and the way of consumption // 17th International Conference on Electricity Distribution Barcelona, 12–15 May 2003. – P. 123–128.* 3. *Діалоговий Автоматизований Комплекс Аналізу Режимів (ДАКАР).* [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: www.dakar.eleks.com. 4. *Коновал В.С. ДАКАР – комплекс програм для дослідження режимів роботи інтелектуальних енергетичних систем / В.С. Коновал, А.Б. Козовий, О.І. Скрипник, Т.О. Товстяк // Праці Інституту електродинаміки НАН України. Спеціальний випуск. – К., 2011. – С. 56–64.* 5. *Janusz Brozek, Piotr Jedynak. Wybrane problemy wspolpracy farm wiatrowych z systemem elektroenergetycznym // XIX Seminarium «Zastosowanie komputerow w nauce i technice» 2009». – Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki PG, ISSN 1425-24 5766, Nr 26/2009. – P. 21–24.* 6. *R.R. Londero, C.M. Affonso, M.V.A. Nunes. Impact of Distributed Generation in Steady State, Voltage and Transient Stability – Real Case 2009 IEEE Bucharest Power Tech Conference, June 28th – July 2nd, Bucharest, Romania. – P. 34–37.*

УДК 621.313.333

А.С. Куцик, Р.Р. Курка, В.С. Ішкеєв

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра ЕАП

Національний лісотехнічний університет України,
кафедра АВПЕТ

РЕАЛІЗАЦІЯ ДИНАМІЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЕЛЕМЕНТІВ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ НА МІКРОКОНТРОЛЕРАХ

© Куцик А.С., Курка Р.Р., Ішкеєв В.С., 2012

Описано застосування методу середньокрокових напруг для формування цифрових динамічних моделей елементів електромеханічних систем (на прикладі двигуна постійного струму) та їх реалізацію на мікроконтролері.

Ключові слова: *цифрова модель, електромеханічна система, мікроконтролер.*

The application of method of middle-step voltages for forming of digital dynamic models of elements of the electromechanics systems (on the example of d.c. motor) and their realization on a microcontroller is described in the article.

Key words: *digital model, electromechanical system, microcontroller.*

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень

Більшість сучасних систем керування реалізуються в цифровому вигляді на базі мікроконтролерів, сигнальних мікропроцесорів чи програмованих логічних контролерів. У своїй