

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет електроенерготехніки та автоматики

Кафедра автоматизації енергосистем

«На правах рукопису»
УДК 621.311

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Анатолій МАРЧЕНКО

«16» травня 2023 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

**за освітньо-науковою програмою «Управління, захист та
автоматизація енергосистем»**

**зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»**

**на тему: «Повітряний накопичувач енергії як засіб регулювання
частоти в електроенергетичній системі»**

Виконав:

студент VI курсу, групи ЕК-11мн
Касіч Микита Юрійович

Науковий керівник:

декан ФЕА, д. т. н., професор,
Яндульський Олександр Станіславович

Рецензент:

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

Київ – 2023 року

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація складається з 93 аркушів пояснювальної записки, в які міститься 4 розділи, 14 таблиць, 42 рисунки, 17 джерел посилення та 1 додаток. Графічна частина дисертації представлена на 8 технічних плакатах.

Актуальність теми – технології відновлюваної енергетики набувають все більшого поширення. Введення значної кількості відновлюваних джерел енергії в загальний баланс генерації енергосистеми негативно впливає на якість роботи електроенергетичної системи, зокрема сприяє зменшенню сумарної інерції. Тому виникає необхідність підвищувати ефективність роботи електричних мереж. Одним із можливих вирішень проблеми є використання накопичувачів енергії, отже тема є актуальною.

Мета дослідження – підвищення регулювальних властивостей електроенергетичних систем шляхом використання повітряних накопичувачів енергії.

Об'єкт дослідження – процеси в розподільних електричних мережах з відновлюваними джерелами енергії та повітряними накопичувачами енергії; властивості повітряних накопичувачів енергії.

Предмет дослідження – можливість використання повітряних накопичувачів для підвищення ефективності роботи розподільних електричних мереж з відновлюваними джерелами енергії.

Методи дослідження – методи аналізу електричних процесів у розподільних мережах та електроенергетичних системах, та термодинамічних процесів у пневматичних двигунах; методи параметричного синтезу; моделювання з використанням програмного комплексу MATLAB/Simulink.

Наукова новизна одержаних результатів:

1. Розроблено модель повітряного накопичувача енергії, яка на відміну від існуючих враховує властивості пневматичного двигуна, що дозволило дослідити роботу повітряних накопичувачів у різних режимах;
2. Отримано нові результати роботи повітряного накопичувача паралельно з електроенергетичною системою та ізольовано від неї, що дозволили встановити параметри налаштування, при яких накопичувач здатний виконувати задані функції;
3. Проведено аналіз зміни сумарної інерції енергосистеми України при зміні складу генеруючих потужностей, які показали що подальше збільшення частки відновлюваних джерел енергії призведе до збільшення швидкості зміни частоти, якщо не використовувати додаткові засоби посилення стійкості енергосистеми.

Практичне значення одержаних результатів:

1. Розроблено алгоритм керування повітряним накопичувачем енергії, який враховує особливості роботи накопичувача в режимі паралельної роботи з електроенергетичною системою та ізольовано від неї.
2. Розроблено структурну схему та експериментальну установку повітряного накопичувача енергії, та проведено експериментальне дослідження її роботи, які можуть бути використані як основа для конструювання накопичувачів більшої потужності.

Ключові слова: ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, ІНЕРЦІЯ ЕНЕРГОСИСТЕМИ, ПОВІТРЯНИЙ НАКОПИЧУВАЧ ЕНЕРГІЇ, РОЗПОДІЛЬНІ ЕЛЕКТРИЧНІ МЕРЕЖІ, СПІРАЛЬНИЙ ПНЕВМАТИЧНИЙ ДВИГУН.

ABSTRACT

The master's thesis consists of 93 pages of explanatory note which includes 4 sections, 14 tables, 42 figures, 17 references and 1 annex. The graphic part is presented on 8 technical posters.

Relevance of the topic – renewable energy technologies are becoming more common. Increasing quantity of the renewable sources of energy has a negative impact on the quality of power system operation process, including decrease of the amount of system inertia. Therefore, efficiency of the electrical network operation needs to be improved. One of the possible solutions of the considered issue is the implementation of energy storages, what makes the topic of the thesis relevant.

The purpose of research is to increase adjusting properties of electric power systems using compressed air energy storages.

Object of research – processes in electric power distribution networks with renewable sources of energy and compressed air energy storages; properties of compressed air energy storages.

Subject of research – possibility of the use of compressed air energy storages in order to increase the operation efficiency of electric power distribution networks with renewable sources of energy.

Methods of research – analysis of electric processes in distribution networks and electric power systems; analysis of thermodynamic processes in pneumatic motors; parametric synthesis; modeling using MATLAB/Simulink software.

Scientific novelty of obtained results:

1. Model of the compressed air energy storage was designed. Unlike existing, developed model takes into account features of the pneumatic motor, allowing to study the operation of compressed air energy storage in different modes;
2. New results were obtained in process of studying of compressed air energy storage operation isolated from power system and in parallel, which allowed to determine tuning parameters of regulators;

3. Analysis of the change of power system inertia was conducted, showing that further increasing of the role of renewable sources of energy will cause an increasing of the rate of change of frequency, if no additional tools of sustainability increasing will be implemented.

Practical significance of obtained results:

1. Algorithm of compressed air energy storage control was developed, which takes into account features of energy storage operation in isolated and parallel modes.
2. Structural diagram and experimental unit of compressed air energy storage were developed, and conducted experimental study of its operation, that allows to use it as the basis of the future design of higher power energy storages.

Keywords: COMPRESSED AIR ENERGY STORAGE, ELECTRIC POWER DISTRIBUTION NETWORKS, POWER SYSTEM INERTIA, RENEWABLE SOURCES OF ENERGY, SCROLL AIR MOTOR.