

УДК 62-83-52

## СТРУКТУРА АВТОНОМНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ІЗ ЖИВЛЕННЯМ ВІД ПАЛИВНИХ ВОДНЕВО-КИСНЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ

**Колларов О.Ю., асистент***Донецький національний технічний університет*

83000, м. Донецьк, вул. Артема, 58

E-mail: [kollarov@ukr.net](mailto:kollarov@ukr.net)

Рассмотрены варианты построения автономной системы асинхронного электропривода колеса с питанием от водородно-кислородного топливного элемента, а также вопросы регулирования затрат энергии в подобных системах.

**Ключевые слова:** Воднево-кисневий паливний елемент, асинхронний електропривод.

Alternatives of construction of a self-sufficient system of the asynchronous electric drive of a wheel with a supply from the fuel cell, and also questions of expediency and necessity of regulating of expenses of energy for similar systems are observed.

**Key words:** oxygen-hydrogen fuel cell, asynchronous drive.

**Вступ.** Сучасний розвиток науки і техніки дозволяє втілювати в наше повсякденне життя ідеї, що були винайдені сторіччями тому але не могли бути реалізовані, як це сталося із воднево-кисневими паливними елементами. З часом, застосування паливних елементів стало більш широким й набуло промислових масштабів. Особливої уваги заслуговує використання паливних воднево-кисневих елементів в автономних системах електроприводу у якості джерела електричної енергії. Перепоною ж для повсюдного використання паливних елементів є, насамперед, їх вартість й складність регулювання. Автономна система електроприводу із живленням від воднево-кисневих паливних елементів повинна враховувати їх динамічні властивості й особливості функціонування, що є запорукою оптимального використання подібних джерел енергії й подовження їх строку дії, що набуває особливої ваги беручи до уваги вартість останніх.

**Аналіз попередніх досліджень.** Дослідженню й оптимізації роботи паливних воднево-кисневих елементів присвячено багато наукових праць. Дуже широкий спектр питань, пов'язаних з паливними елементами знаходить своє відображення в наукових статтях іноземних й вітчизняних вчених. Найбільш поширеними є питання впливу конверсії кисню й водню, температури навколишнього середовища, температури й вологості реагентів на функціонування паливних елементів. Особливе місце займає дослідження роботи паливних елементів в автономних системах електроприводу, адже екологічна чистота й високий коефіцієнт корисної дії роблять їх привабливими для застосування в автомобільній індустрії. Існують однак певні особливості в роботі паливних елементів, що ставлять свої вимоги до подібних автономних систем. Окреме місце займає питання периферійних пристроїв, що забезпечують нормальне функціонування паливного воднево-кисневого елемента при одночасному живленні

від нього.

**Мета роботи** – обґрунтувати й запропонувати найбільш оптимальну структуру автономної системи асинхронного електроприводу колеса із живленням від воднево-кисневих паливних елементів.

**Матеріал і результати дослідження.** Паливний елемент є електрохімічним джерелом електричної енергії, принцип функціонування якого базується на перетворенні хімічної енергії в електричну завдяки електрохімічній реакції [1].

Основною частиною паливного елемента є мембранно-електродна одиниця (рис. 1), що складається із двох електродів й електроліту, роль якого виконує протонно-провідникова мембрана.

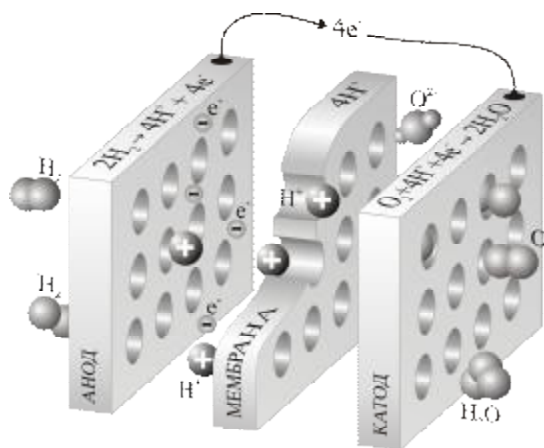


Рисунок 1 – Будова паливного елемента

У паливному елементі водень подається на анод і надходить в електроліт через мікропори у матеріалі електроду. При цьому відбувається розкладання молекул водню на атоми, які в результаті хемосорбції, віддаючи кожен по одному електрону, перетворюються на позитивно заряджені іони, які дифундують через електроліт до позитивного боку елемента [1].

Кисень, що надходить до катоду, переходить в

електроліт та реагує на поверхні електроду за участі каталізатора [1]. При взаємодії його з іонами водню та електронами, які надходять із зовнішнього ланцюга, утворюється вода [1].

Автономна система електроприводу колеса, крім паливного елемента й допоміжних пристроїв, що забезпечують його нормальне функціонування (зволожувачі реагентів, компресори, охолоджувачі), включає в себе перетворювач напруги, інвертор струму, асинхронний двигун й відповідне навантаження (рис. 2).

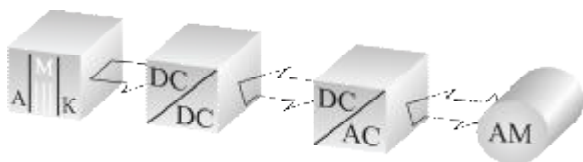


Рисунок 2 – Структура автономної системи

Виходячи із міркувань безпеки роботи паливного елемента рекомендовано використовувати перетворювачі напруги із гальванічним розділенням входу й виходу [4]. Велика потужність навантаження вказує на два, найбільш вірогідні у застосуванні, типи таких перетворювачів напруги: двотактний мостовий перетворювач [2] (рис. 3) або резонансний перетворювач напруги [2] (рис. 4).

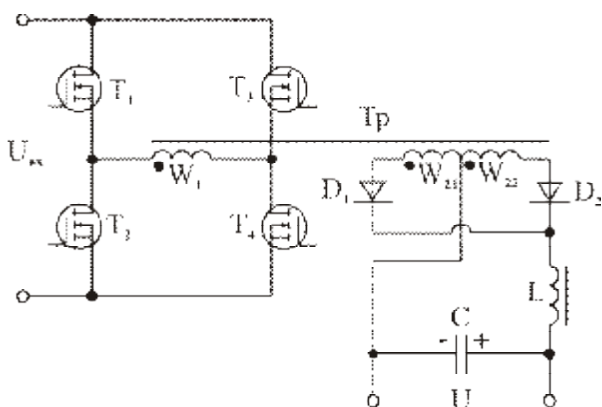


Рисунок 3 – Двотактний мостовий перетворювач напруги

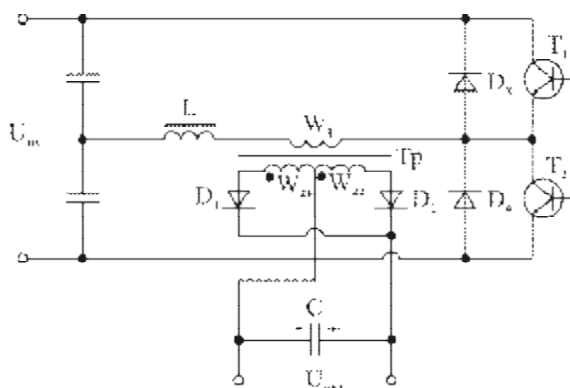


Рисунок 4 – Резонансний перетворювач напруги

Для перетворення постійного струму в змінний можна використати звичайний трьохфазний інвер-

тор на базі трьох двотактних комірок [3] (рис. 5).

Математичне моделювання роботи воднево-кисневого паливного елемента й автономної системи електроприводу колеса в цілому наглядно демонструє залежність коефіцієнту корисної дії й електричної потужності паливного елемента від сили струму (рис. 6).

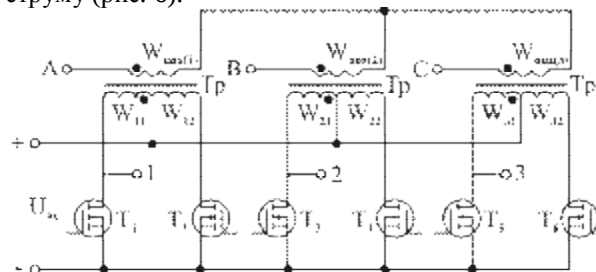


Рисунок 5 – Трьохфазний інвертор струму

Графік залежності коефіцієнту корисної дії й потужності джерела від сили струму, що протікає через паливний елемент, можна умовно розділити на чотири відрізки, поведінка автономної системи електроприводу й паливного елемента, в межах яких, обумовлена, більшою мірою, динамічними властивостями самого паливного воднево-кисневого елемента.

Відомо, що зі збільшенням щільності струму, який протікає через паливний елемент, спостерігається зменшення напруги на його клеммах за рахунок збільшення перенапруги (рис. 7).

Зменшення коефіцієнту корисної дії паливного елемента на відрізок кривої лінії між точками «а» й «б» (рис. 6, 7) обумовлено явищем перехідної поляризації або, що одне й те саме, перенапруги активації в наслідок каталітичних реакцій на електродах паливного елемента при малій щільності струму.

Зниження коефіцієнту корисної дії на відрізок кривої лінії між точками «с» й «d» (рис. 6, 7) є впливом внутрішнього опору паливного елемента (переважно, опору електроліту).

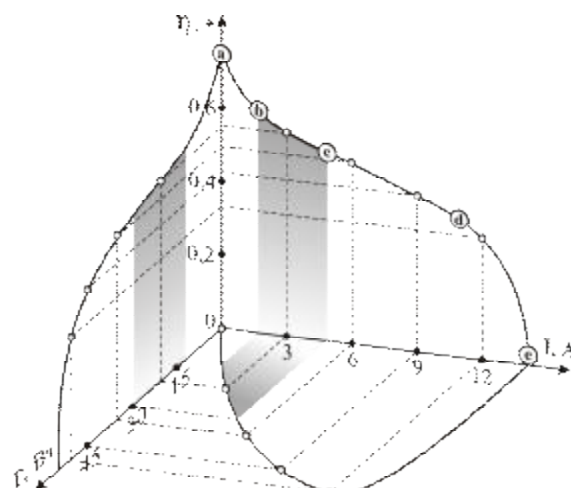


Рисунок 6 – Залежність ККД й потужності паливного елемента від сили струму

Суттєвий спад коефіцієнту корисної дії на відрі-

ку кривої лінії між точками «d» та «e» (рис. 6, 7) - результат дифузійних процесів, що протікають у паливному елементі й спостерігаються при великій щільності струму.

Із вивченням можна стверджувати, що оптимальним діапазоном роботи автономної системи, в цілому, й паливного елементу, зокрема, є відрізок кривої лінії між точками «b» і «c» (рис. 6).

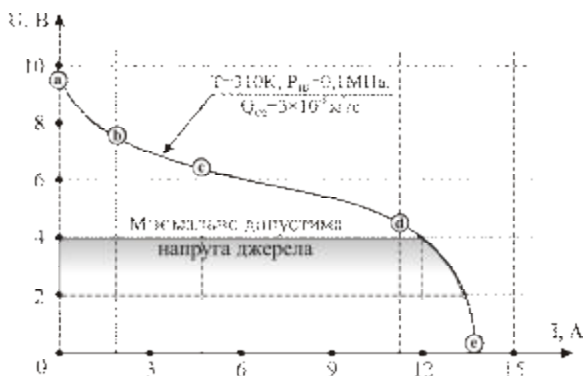


Рисунок 7 – Вольт-амперна характеристика паливного елементу

Отже, основною метою регулювання енергетичних витрат в автономній системі електроприводу із живленням від паливного елементу є підтримка його роботи в оптимальному режимі. Досягти цього без застосування додаткових джерел енергії неможливо, тому структуру системи необхідно вдосконалити шляхом додавання акумуляторної батареї у якості допоміжного джерела електричної енергії (рис. 8).

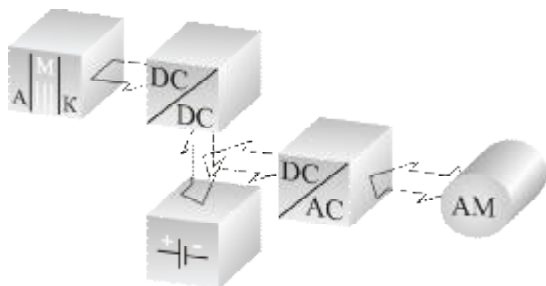


Рисунок 8 – Структура автономної системи

Акумуляторна батарея може виконувати функцію накопичувача електричної енергії, що поступає як від паливного елементу, так й від асинхронного двигуна в генераторних режимах його роботи.

Слід також враховувати, що паливний елемент має власне навантаження - допоміжні пристрої (зволожувачі, охолоджувачі, компресори, мікропроцесорні пристрої), що забезпечують його функціонування й потребують певних енергетичних затрат, які має покрити акумуляторна батарея. Враховуючи вище викладене, пропонується наступна послідовність роботи паливного елементу сумісно із акумуляторною батареєю в межах однієї автономної системи електроприводу (рис. 9).

Математичну модель джерела було перевірено на реальному воднево-кисневому паливному елементі NP50 фірми Heliocentris, потужністю 50 Вт, мак-

симальною вихідною напругою 12 В, максимально допустимою силою струму 14 А, кількістю комірок 10 шт., площею поверхні кожної комірки 0,0049 м<sup>2</sup> й товщиною кожної комірки 0,005 м. Дослідження проводились при температурі навколишнього середовища 25°C.

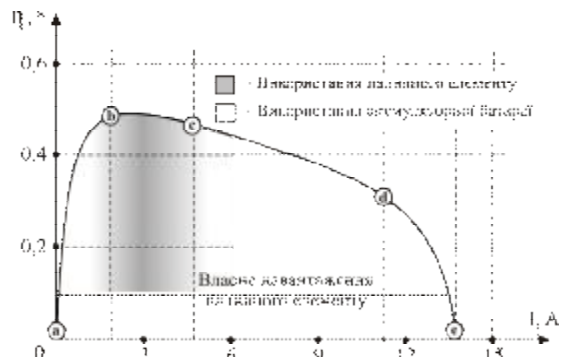


Рисунок 9 – Діаграма застосування джерел електричної енергії

В роботі представлено реальні вольт-амперні характеристики паливного воднево-кисневого елементу NP50, які було знято експериментальним шляхом в лабораторних умовах із використанням блоку електронного навантаження.

**Висновки.** В роботі представлено один із варіантів оптимальної структури автономної системи асинхронного електроприводу колеса із живленням від воднево-кисневих паливних елементів.

Обґрунтовано використання додаткових джерел електричної енергії не тільки для забезпечення нормального функціонування паливного елементу, але й для максимізації коефіцієнту корисної дії автономної системи.

Представлений механізм роботи енергетичної частини автономної системи електроприводу дозволяє уникнути критичних, для паливного елементу, режимів роботи й, тим самим, подовжити термін його дії, що дуже важливо з точки зору вартості подібних джерел електричної енергії.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Fuel Cell Handbook 7<sup>th</sup> Edition, U.S. Department of Energy. - Morgantown: National Energy Technology Laboratory, 2004. – 427 с.
2. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника. – М.: Техносфера, 2005. – 632 с.
3. Розанов Ю.К. Основы силовой электроники. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 296 с.
4. Kaebisch W., Teichert C., Haubrock J., Lindemann A., Styczynski Z. Energiemanagement fuer Brennstoffzellensysteme in Fahrzeugen. - Krim.: 14. International Conference on Problem of Automated Electrodriives, 14. – 17.09.2007.

Стаття надійшла 14.05.2008 р.  
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.  
Родькіним Д.Й.