

постійно працюють водовідливні (дренажні) установки. Більше того, водовідливні установки функціонують і на відпрацьованих та законсервованих шахтах у тому ж режимі що і під час видобутку залізорудної сировини.

В свою чергу гідроакумуючі електростанції (ГАЕС) широко використовуються для зберігання енергії в промислових масштабах по всьому світу, займаючи близько 99% цього ринку. Технології ГАЕС можна використовувати для зберігання «непостійній» енергії поновлюваних джерел (сонячна, вітрова), моментально відпускаючи її в мережу, коли виникає попит - в періоди пікового споживання, або у випадках непередбачених збоїв в електромережі.

Для оцінки реального доступного показника реалізації енергопотенціалу залізорудних підприємств необхідно, перш за все, оцінити можливості в цьому напрямку найбільш впливових на рівень енергоспоживання приймачів електричної енергії конкретного підприємства, а точніше приймачів-регуляторів даного виду енергії.

Таким чином представляє інтерес застосування гідрогенераторів-аккумуляторів, які працюють разом з насосними установками шахт і кар'єрів. При цьому в години максимуму енергосистеми (ранкового і вечірнього) генератор виробляє електроенергію за рахунок енергії води, що спускається з поверхні шахти або кар'єру, поповнюючи водозбірник.

Таким чином для оцінки можливості впровадження мГАЕС в умовах залізорудних шахт та досягнення необхідного рівня енергоефективності в умовах залізорудних підприємств необхідно:

- провести аналіз відомих структур електромеханічних комплексів мГАЕС, їх систем керування та оцінювання перспектив використання в підземних виробках залізорудних шахт;
- провести аналіз існуючих систем водовідливу залізорудних шахт;
- створити електромеханічний комплекс з нетиповою для поверхневих умов структурою лопатей;
- виконати теоретичне обґрунтування та розробити метод енергоефективного електромеханічного перетворення енергії водовідливу шахт в електричну енергію та розроблення методики розрахунку його параметрів для підземної мГАЕС;
- розробити комп'ютерну модель електротехнічного комплексу мГАЕС та дослідити її на стійкість.

Список використаних джерел:

1. Відновлювані джерела електричної енергії в структурах систем електропостачання залізорудних підприємств (аналіз, перспективи, проекти). Монографія / Бойко С.М., Сінчук І.О., Караманиць Ф.І., Ялова А.М., Пархоменко Р.О. під редакцією доктора техн. наук, професора О.М. Сінчука. Кривий Ріг, 2017. 152 с.

ОГЛЯД СЬОМОЇ СЕРІЇ FPGA КОМПАНІЇ XILINX

Жданова Ю. В., студент

Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків.

Науковий керівник: Свид І. В., к.т.н., доцент, завідувач кафедри

ПЛІС компанії Xilinx на сьогодні широко використовуються для вирішення задач різної складності. FPGA 7-ї серії фірми Xilinx об'єднує чотири сімейства:

- 1) Spartan-7,
- 2) Artix-7,
- 3) Kintex-7,
- 4) Virtex-7.

Ці сімейства FPGA 7-ї серії охоплюють широкий спектр системних вимог: від мікросхем малої вартості для пристроїв масового виробництва – до ультрависокого ступеня інтеграції для високопродуктивних систем цифрової обробки сигналів з високою

пропускною здатністю. Дані ПЛІС мають високошвидкісні смуги пропускання, велику кількість логічних елементів, можливості обробки сигналів для різноманітних цифрових пристроїв.

Основні ознаки FPGA 7-ї серії фірми Xilinx за сімействами:

1) сімейство FPGA Spartan-7: добре оптимізовані для своєї низької ціною, мають низькою потужністю споживання та високою продуктивністю, пристрою вводу/виводу, має компактне розміщення на платі, що робить даний тип ПЛІС невеликих розмірів;

2) сімейство FPGA Artix-7: оптимізовані та гнучкі при створенні пристроїв із низьким рівнем енергії споживання; використовуються для створення пристроїв, які потребують послідовного використання зовнішніх периферійних пристроїв із високою пропускною спроможністю DSP. Даний тип ПЛІС забезпечує найнижчу ціну виготовлення (загальна вартість матеріалів для виготовлення) для створення високопродуктивних, чутливих до витрат матеріалів цифрових пристроїв;

3) сімейство FPGA Kintex-7: розроблено та оптимізовано для найкращої продуктивності цифрових пристроїв, що розробляються, з 2-кратним покращенням аспектів роботи у порівнянні з попереднім поколінням, за невисоку ціну;

4) сімейство FPGA Virtex-7: розроблено та оптимізовано для найкращої продуктивності цифрових пристроїв, що розробляються, з 2-кратним покращенням аспектів роботи у порівнянні з попереднім поколінням, за невисоку ціну.

Порівняльна характеристика FPGA 7-ї серії фірми Xilinx за сімействами:

1) кількість логічних елементів: Spartan-7 – 102000; Artix-7 – 215000; Kintex-7 – 478000; Virtex-7 – 1955000;

2) розмір блоку RAM: Spartan-7 – 4.2 МБ; Artix-7 – 13 МБ; Kintex-7 – 34 МБ; Virtex-7 – 68 МБ;

3) кількість DSP Slices: Spartan-7 – 160; Artix-7 – 740; Kintex-7 – 1 920; Virtex-7 – 3600;

4) продуктивність DSP. Вимірюється у GMAC за одиницю часу, де GMAC – Gigamultiply-accumulate operations, кількість операцій в секунду: Spartan-7 – 176 GMAC/c; Artix-7 – 929 GMAC/c; Kintex-7 – 2845 GMAC/c; Virtex-7 – 5335 GMAC/c;

5) процесор MicroBlaze. Вимірюється у DMIPs, де Dhrystone Million Instructions Per second, або є кількість мільйонів операцій за одиницю часу: Spartan-7 – 260 DMIPs; Artix-7 – 303 DMIPs; Kintex-7 – 438 DMIPs; Virtex-7 – 441 DMIPs;

6) кількість трансиверів (пристрої для передачі та прийому сигналів): Spartan-7 – відсутні; Artix-7 – 16 шт.; Kintex-7 – 32 шт.; Virtex-7 – 96 шт.;

7) швидкість трансиверів: Spartan-7 – відсутня; Artix-7 – 6.6 Гб/с; Kintex-7 – 12.5 Гб/с; Virtex-7 – 28.05 Гб/с;

8) послідовна пропускна здатність: Spartan-7 – відсутня; Artix-7 – 221 Гб/с; Kintex-7 – 800 Гб/с; Virtex-7 – 2 784 Гб/с;

9) інтерфейс programmable logic controller (PLC): Spartan-7 – відсутній; Artix-7 – x4 Gen2; Kintex-7 – x8 Gen2; Virtex-7 – x8 Gen3;

10) інтерфейс пам'яті: Spartan-7 – 800 Мб/с; Artix-7 – 1 066 Мб/с; Kintex-7 – 1 866 Мб/с; Virtex-7 – 1 866 Мб/с;

11) кількість елементів вводу/виводу: Spartan-7 – 400 шт.; Artix-7 – 500 шт.; Kintex-7 – 500 шт.; Virtex-7 – 1200 шт.;

12) напруга споживання елементів вводу/виводу: Spartan-7 – 1.2-3.3 В; Artix-7 – 1.2-3.3 В; Kintex-7 – 1.2-3.3 В; Virtex-7 – 1.2-3.3 В.

Сімейство FPGA 7-ї серії компанії Xilinx побудовано на основі сучасної, високопродуктивної, низько енергозатратної 28-нм технології high-k metal gate (HKMG).

Сімейство FPGA 7-ї серії компанії Xilinx забезпечує значне збільшення продуктивності системи із пропускною здатністю елементів вводу/виводу до 2,9 Тб/с, близько двох мільйонів логічних елементів, а також 5,3 ТМАС/s DSP, при цьому споживаючи на 50% менше потужності, ніж цифрові пристрої, які побудовано на основі

попереднього покоління сімейства FPGA, що пропонує реальну альтернативу використання ASSP та ASIC. Сімейство FPGA 7-ї серії компанії Xilinx має: подвійні 12-бітові аналого-цифрові перетворювачі (XADC) загального призначення, з продуктивністю 1 млн. вибірок в секунду; вбудовані датчики контролю температури і напруги; блоки DSPc помножувачем 25x18, 48-бітовим акумулятором і предсуматором для високопродуктивної фільтрації, включаючи можливість оптимальної побудови фільтрів з симетричними коефіцієнтами; блоки управління та синтезу сигналів синхронізації, що дозволяють забезпечити високу точність сигналів і низький рівень джиттера; широкий набір режимів конфігурації, включаючи можливість шифрування конфігураційної послідовності за алгоритмом AES (256 біт) з HMAC/SHA-256 аутентифікацією; вбудований модуль виявлення та корекції одноразової помилки. Всі типи корпусів 7-ї серії доступні в «безсвинцевому» виконанні (Pb-free), а деякі типи також доступні і в «свинцевому» виконанні.

Всі мікросхеми FPGA 7-ї серії компанії Xilinx мають загальну архітектуру, що організовано у вигляді стовпців функціональних блоків одного типу. Така архітектура отримала назву оптимізований кремнієвий модульний блок. Крім того, технологія стекових кремнієвих між'єднань компанії Xilinx, що використовується у деяких мікросхемах сімейства Virtex-7, дозволяє вводити в архітектуру FPGA наступний структурний рівень, завдяки чому можна створювати FPGA дуже високої щільності та продуктивності.

За ствердженням представників компанії Xilinx в FPGA 7-ї серії втілено всі світові досягнення в області розробки архітектур FPGA.

Список використаних джерел:

1. Соловьев В. В. Архитектуры ПЛИС фирмы XILINX: CPLD и FPGA 7-й серии / В. В. Соловьев. – Москва: Горячая линия - Телеком, 2016. – 392 с.
2. Свид І. В., Литвиненко О. В., Білоцерківець О. Г. Особливості проектування цифрових пристроїв на базі FPGA Xilinx в САПР Vivado HLx Design Suite. // Спеціалізована виставка «KharkivProm Days. Виробництво і ефективність». Збірник матеріалів форуму секції «Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології». – Харків, ХНУРЕ, Виставкова компанія ADT, 2019. – С. 43-44.
3. Семенец В. В. Проектирование цифровых систем с использованием языка VHDL : учеб. пособие / В. В. Семенец, И. В. Хаханова, В. И. Хаханов ; МОН Украины, ХНУРЭ. – Харьков : ХНУРЭ, 2003. – 492 с.
4. Семенец В. В. Технология межсоединений электронной аппаратуры: учеб. для вузов / В. В. Семенец, Джон Кратц, И. Ш. Невлюдов, В. А. Палагин. – Х. : изд. «СМИТ», 2005. – 432 с.
5. Spartan-7 FPGAs Data Sheet: DC and AC Switching Characteristics. DS189 (v1.9) March 13, 2019. – Xilinx, 2019. – 58 p.
6. Artix-7 FPGAs Data Sheet: DC and AC Switching Characteristics. DS181 (v1.25) June 18, 2018. – Xilinx, 2018. – 64 p.
7. Kintex-7 FPGAs Data Sheet: DC and AC Switching Characteristics. DS182 (v2.16.1) August 7, 2018. – Xilinx, 2018. – 70 p.
8. Virtex-7 T and XT FPGAs Data Sheet: DC and AC Switching Characteristics. DS183 (v1.28) March 13, 2019. – Xilinx, 2019. – 78 p.
9. 7 Series FPGAs Data Sheet: Overview. DS180 (v2.6) February 27, 2018. – Xilinx, 2018. – 18 p.
10. Series DSP48E1 Slice. User Guide. UG479 (v1.10) March 27, 2018. – Xilinx, 2018. – 58 p.
11. 7 Series FPGAs. Configuration. User Guide. UG470 (v1.13.1) August 20, 2018. – Xilinx, 2018. – 180 p.