

**Гнатченко Дмитро Дмитрович**

Старший викладач кафедри інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки,

<https://orcid.org/0000-0002-6584-4525>

Державний торговельно-економічний університет, Київ

**Криворучко Олена Володимирівна**

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки,

<https://orcid.org/0000-0002-7661-9227>

Державний торговельно-економічний університет, Київ

**Вінічук Олександр Сергійович**

Заступник начальника відділу супроводження платформи сервіс-деск,

<https://orcid.org/0009-0002-0964-7567>

АТ "Ощадбанк", Київ

## МЕХАНІЗМИ РЕПЛІКАЦІЙ І БЕКАПУВАННЯ БАЗ ДАНИХ У ХМАРНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

***Анотація.** Розглянуто функціонал розгортання баз даних на хмарних обчислювальних середовищах, основні засоби СУБД MS SQL SERVER для збереження даних у промислових базах даних, а також побудова відмовостійкого кластеру роботи БД на промислових серверах. Розглянуто всі можливі методи синхронізації даних між основною і резервною базою даних, а також методи реалізації бекапування даних у хмару. Дослідження механізмів синхронізації баз даних і бекапування даних, а також побудови відмовостійкого кластеру дасть змогу детальніше розглянути методи збереження даних, синхронізації з резервними базами даних та побудову відмовостійкого кластеру, синхронізацію основної і резервних баз даних. Першочергово розглянуто механізми синхронізації основного і резервного баз серверу. Технологія з високим рівнем доступності баз даних є Always On, яка своєю чергою створює кластер із двох баз даних і уможливорює побудувати відмовостійкий кластер, в якому дві бази даних працюють одночасно і одночасно синхронізуються одна з одною. Застосування технології Transaction Log Shipping (доставка журналів транзакцій) дасть змогу автоматично відправляти резервні копії журналів транзакцій із бази даних-джерела на екземпляр сервера-джерела в одному або кількох баз даних. Під час використання технології синхронізації даних сервери баз даних працюють у режимі Active – StandBy/ReadOnly, тобто основна база завжди буде основною, а за необхідності перемикатиметься на резервну базу даних. Також технологія реплікацій являє собою набір технологій копіювання та поширення даних і об'єктів баз даних між базами даних, а також синхронізацію баз даних для підтримки узгодженості. Отже, побудова відмовостійкого кластеру баз даних допоможе зберегти працездатність інформаційної системи підприємства, навіть якщо один із серверів баз даних повністю втратить свою працездатність.*

**Ключові слова:** база даних (БД); дата центр; ЦОД; відмова стійкість; бекапування; хмарне середовище; AlwaysOn; Transaction Log Shipping; технологія реплікацій

### Вступ

У сучасних умовах майже всі підприємства середнього та великого бізнесу, а також великі державні підприємства всю інформацію про функціонування підприємства, клієнтів, контрагентів, а також всі звіти в контролюючі органи зберігають у базах даних. Ці дані не можна видалити, оскільки вони критично важливі для роботи компаній, а отже, чим більше компанія працює від

дати заснування, тим більша її база даних (БД). Компаніям треба зберігати інформацію про клієнтів, замовлення, товари. Тому актуально постає питання безпеки збереження баз даних, їхня швидкодія, відмовостійкість основної бази даних і кластеру баз даних, а також бекапування баз даних. Особливо бекапування даних актуально в умовах військового стану. Для цього використовуються промислові Дата-центри або ЦОД, різноманітні методи реплікування і бекапування баз даних як в хмару, так і локально на диски.

## Мета статті

Метою статті є дослідження різних механізмів синхронізації баз даних і бекапування даних, а також побудови відмовостійкого кластеру. Також досліджено методи збереження даних, здійснено синхронізацію з резервними базами даних, побудову відмовостійкого кластеру та синхронізацію основної і резервних баз даних, побудову відмовостійкого кластеру серверів БД з бекапуванням даних до хмари.

## Виклад основного матеріалу

В умовах сьогодення дуже актуально стоїть питання збереження, бекапування і зберігання даних. Підприємства, які працюють давно, накопичують велику кількість даних, мають великі бази даних. Втрата таких баз даних спричинює серйозні операційні ризики, тож може призвести до повної зупинки підприємства. Саме тому дуже важливо розробити всі необхідні механізми побудови відмовостійкого кластеру баз даних, а також реалізувати збереження даних на резервні БД сервери і бекапування в хмару.

*Механізми синхронізації основної і резервних баз даних.* Спочатку розглянемо механізми синхронізації основної і резервного БД серверу. Для синхронізації даних двох і більше БД (де одна основна БД, а інші резервні) використовується три методи: AlwaysOn, TransactionLogShipping, Replications. Розглянемо окремо кожний із них.

*Технологія AlwaysOn* – це технологія з високим рівнем доступності БД. Ця технологія створює кластер із двох баз даних. Вона дає змогу побудувати відмовостійкий кластер, в якому дві бази даних працюють одночасно і одночасно синхронізуються одна з одною.

Відмовостійкий кластер баз даних (failovercluster) – це група серверів в одному домені, сумісна робота яких уможливує підвищити доступність баз даних, навіть за повної відмови одного із серверів.

Така технологія автоматично визначає, який сервер БД буде основний, а який резервний. Фактично технологія AlwaysOn (рис. 2) реалізує режим роботи двох серверів БД у режимі Active – Active, що дає змогу, у разі повної втрати доступності основної БД, автоматично переключитися на резервну БД без втрати даних.

У пропонованого методу синхронізації є один суттєвий недолік, а саме швидкодія самої інформаційної системи, якщо сервери баз даних будуть розміщені територіально в різних регіонах світу. Так, наприклад, якщо основні сервери ІС будуть розміщені в Києві, а сервери БД будуть розміщені основний в Києві, а резервний у Львові, тоді при перемиканні на резервний сервер баз даних затримки в мережі під час роботи з великим обсягом даних призведуть до зниження швидкодії самої інформаційної системи.

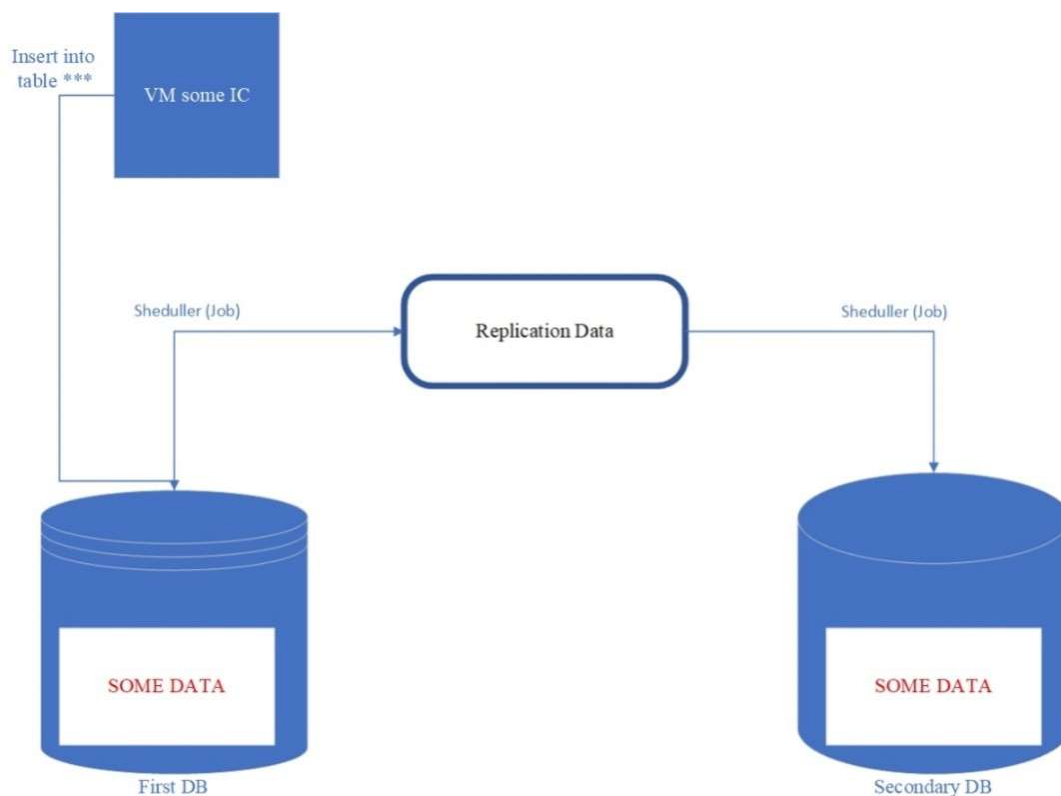


Рисунок 1 – Стандартна модель синхронізації БД  
Джерело: розроблено авторами

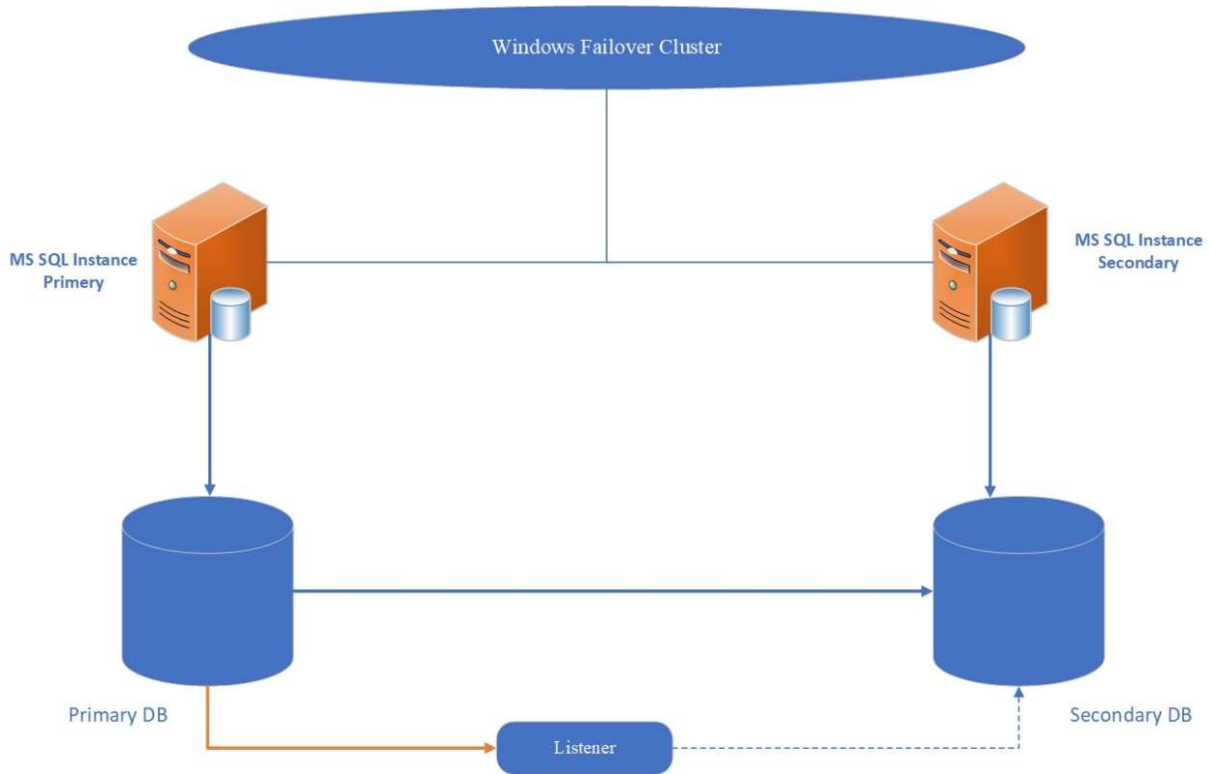


Рисунок 2 – AlwaysOn  
Джерело: розроблено автором

*Особливості технології AlwaysOn*

- Режим роботи баз даних Active – Active дає змогу синхронізувати дві БД без затримок в часі.
- СУБД сама вирішує який сервер буде основний.
- Failovercluster роботи БД.
- У випадку, якщо два сервери БД рознесені між різними ЦОД, то ми отримаємо втрату швидкодії після перемикання на резервний БД сервер.
- Затримки мережі дуже критичні під час роботи з великою кількістю даних.

Технологія *Transaction Log Shipping*, або доставка журналів транзакцій, уможливає автоматично відправляти резервні копії журналів транзакцій із бази даних-джерела на екземпляр сервера-джерела в одному або кількох баз даних-отримувачів на окремих екземплярах сервера-отримувача. Резервні копії журналів транзакцій застосовуються до кожної з баз даних-отримувачів індивідуально. Необов'язковий третій екземпляр сервера, відомий як сервер моніторингу, веде журнал і перевіряє стан операцій резервного копіювання та відновлення, а за необхідності видає попередження, якщо в цих запланованих операціях відбувається збій.

При використанні технології синхронізації даних сервери баз даних працюють в режимі Active – StandBy/ReadOnly, тобто основна база завжди буде основною, а за необхідності перемикнути на

резервну БД треба вивести її із StandBy режиму шляхом відновлення із log файлу. Тобто на відміну від Always On, нам потрібно підготувати резервну БД до роботи, тож ми втрачаємо дані за час до 15 хв. При цьому в нас відсутні проблеми із швидкістю інформаційної системи.

На рис. 3 наведено схему роботи такої зв'язки. Є основний сервер (Primary), з яким працює інформаційна система. На ньому налаштовано задачу, що за завданням кожні 15 хв знімає лог всіх транзакцій, які записували, оновлювали, видаляли в таблицях (dml транзакції) і транзакцій, які змінювали, створювали, видаляли таблиці бази даних (ddl запити).

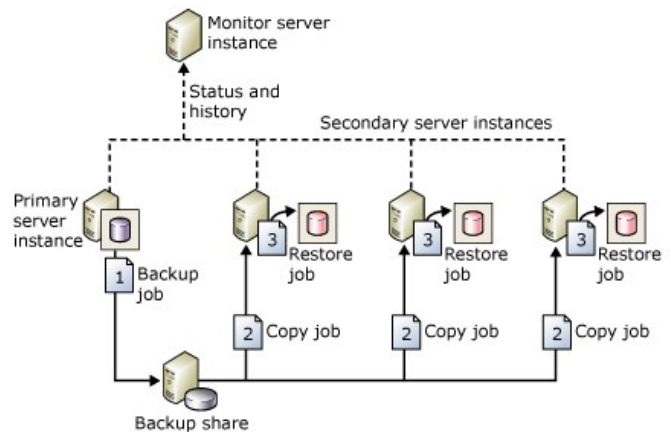


Рисунок 3 – Transactionlogshipping  
Джерело: [2]

На резервному сервері баз даних спочатку запускається задача на копіювання цього файлу на резервний сервер, а потім запускається задача на відновлення логу транзакцій на резервній БД, тобто всі запити, які за 15 хв були виконані на основній БД, виконуються на резервній БД. Окремо працює задача, яка кожні 15 хв моніторить роботу даного процесу. У цій зв'язці до основного БД серверу може бути доєднано більше двох резервних серверів на різних ЦОД.

*Особливості технології доставки журналів транзакцій*

– БД на резервному сервері працює в режимі StandBy/ReadOnly.

– Доставка журналів працює по шедуллеру раз на 15 хв.

– При перемиканні на резервну БД обов'язково потрібно вивести БД із режиму StandBy шляхом відновлення із лог-файлу.

– При перемиканні на резервну БД, у випадку розгортання серверів ІС на другому ЦОД, затримки мережі будуть відсутні.

*Технологія реплікації* являє собою набір технологій копіювання та поширення даних і об'єктів баз даних між базами даних, а також синхронізацію баз даних для підтримки узгодженості. Використовуючи реплікацію, можна розповсюджувати дані в різних, а також видалених або мобільних користувачах, через локальні або глобальні мережі, через комутаційне з'єднання, через бездротові з'єднання та через Інтернет (рис. 4).

Розглядувана технологія дає змогу копіювати на підписаний на реплікацію сервер окремі, виділені в діалоговому вікні, таблиці або повністю всю базу даних.

Пропонований метод реалізується шляхом підписання бази-підписника на публікації реплікацій бази-видавця. Працюють реплікації через задачі, які запускаються агентом SQL сервера кожні 15 хв.

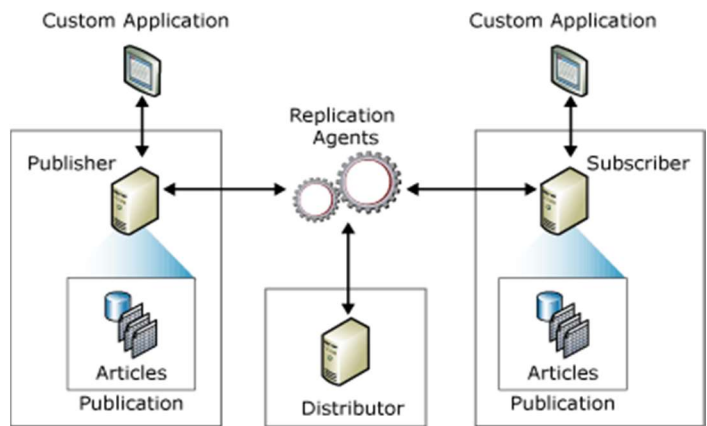


Рисунок 4 – Механізм реплікації  
Джерело: [4]

*Особливості роботи реплікації*

– Реплікаціями можна налаштувати реплікування декількох таблиць бази даних або всі відразу (рис. 5).

– Відбувається по шедуллеру, стандартно раз на 15 хв.

– Резервна база даних перебуває в режимі Active і приймає дані по підписці на основну.

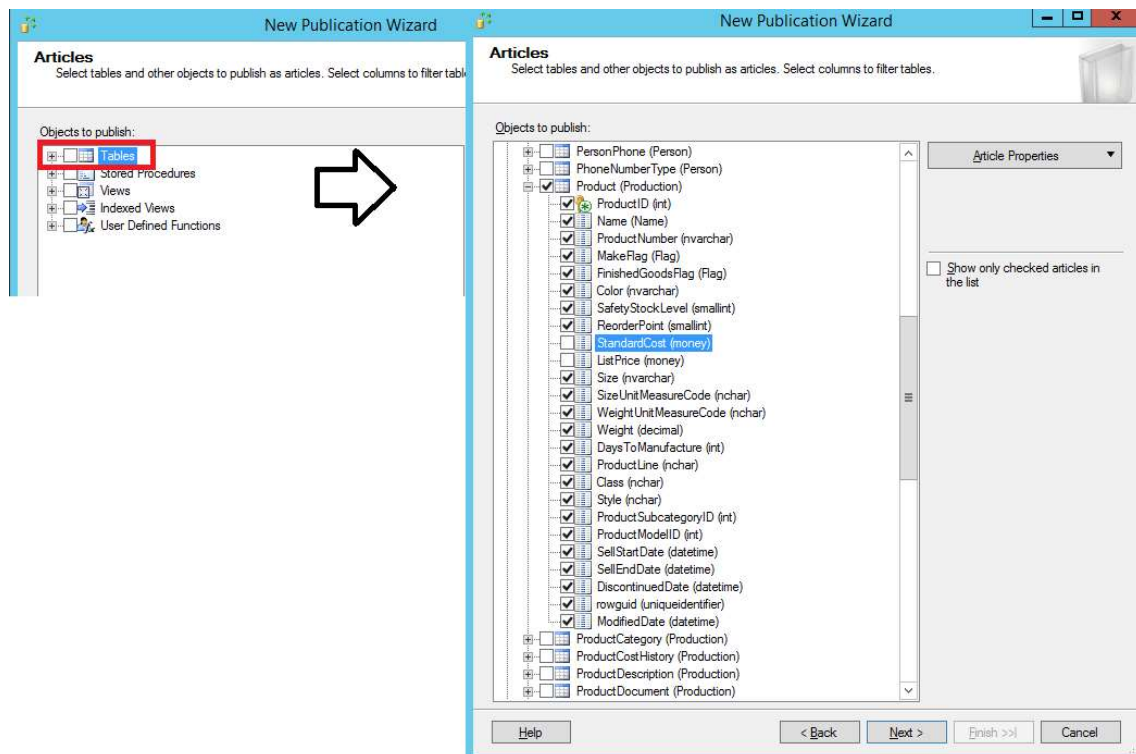


Рисунок 5 – Налаштування реплікації  
Джерело: [4]

*Бекапування баз даних.* Після розгляду методів синхронізації основної і резервних баз даних, можна розглянути варіанти бекапування, які допоможуть краще і безпечніше зберегти дані.

Перше – це реалізація бекапування. Якщо в компанії використовується два і більше серверів баз даних, які синхронізуються між собою одним із варіантів описаних вище, то бекапи слід виконувати на обох серверах баз даних. Після створення бекапу, який рекомендовано створювати вночі задачею, його слід перемістити на певний шар у хмарі, і бажано

зробити декілька таких файлових шарінгів на різних ЦОД. Після цього бажано копію бекапів зберігати на окремих жорстких дисках, які будуть відключені від обладнання після запису бекапу. Таким чином у випадку навіть повного знищення ЦОД, або атакою вірусу на мережу вдасться зберегти більшість важливої інформації.

На рис. 6 зображено діалогове вікно налаштування бекапування. У цьому вікні можна налаштувати шляхи бекапування, час початку створення бекапу і налаштувати задачу на створення бекапу.

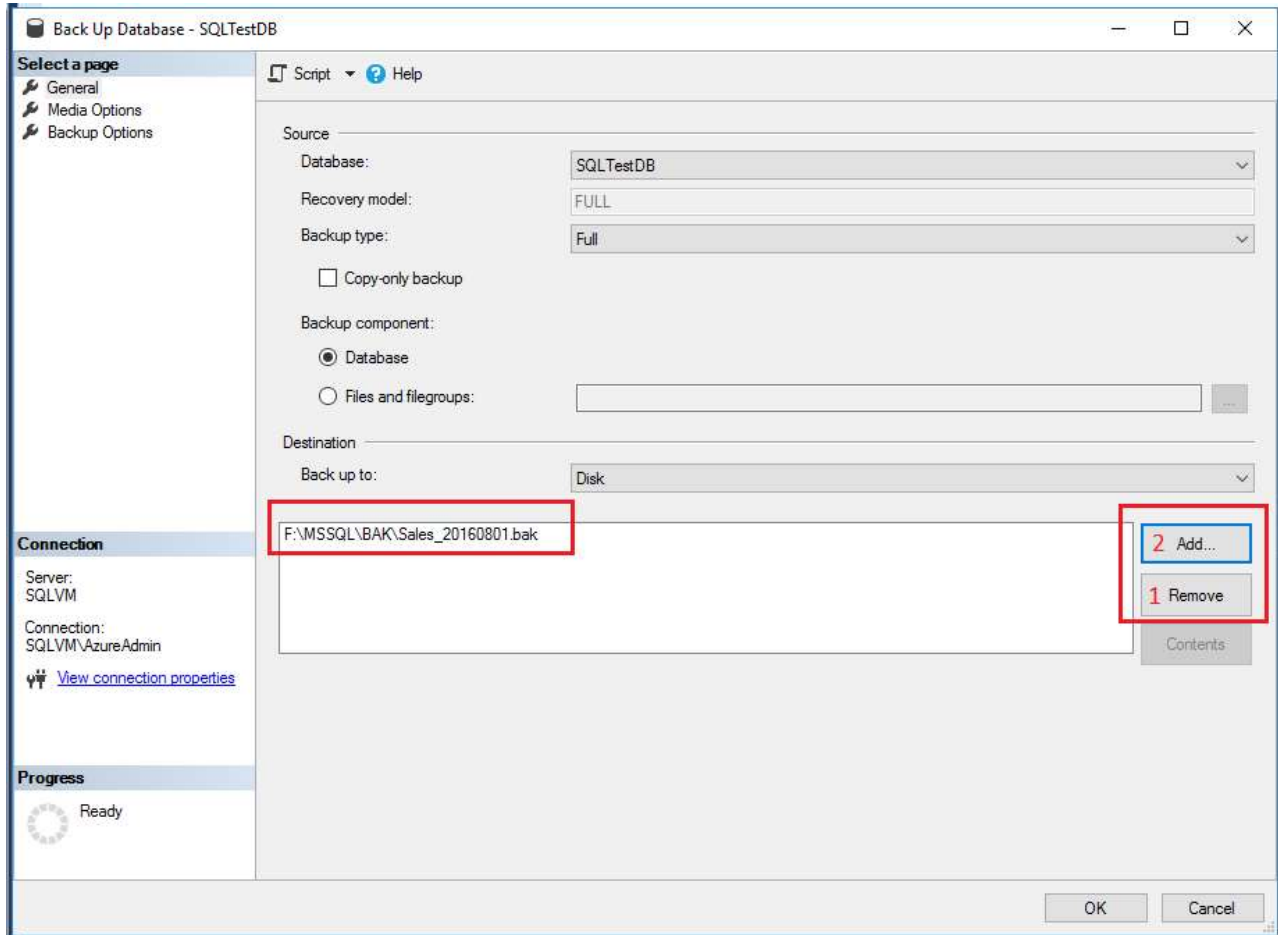


Рисунок 6 – Налаштування бекапування

Джерело: [5]

## Висновки

Побудова відмовостійкого кластеру баз даних дасть змогу зберегти працездатність інформаційної системи, навіть якщо один із серверів баз даних повністю втратить свою працездатність. Звісно, завжди можливі операційні ризики із втратою даних,

але головна задача статті – це мінімізувати ризики втрати даних, забезпечити надійне збереження даних і побудови відмовостійкого кластеру серверів баз даних для мінімізації часу простої інформаційної системи, яка працює з цією базою даних, особливо, якщо вона критично-важлива для підприємства.

## Список літератури

1. Відмовостійкий кластер БД AlwaysOn MS SQL SERVER. URL: <http://surl.li/tfsox> (Дата звернення: 14.04.2024).
2. TransactionlogshippingMS SQL SERVER. URL: <http://surl.li/tfsyu> (Дата звернення: 14.04.2024).
3. Configurere plication between two fully connected servers. URL: <http://surl.li/tfsqq> (Дата звернення: 14.04.2024).
4. Replication Publishing Model Overview. URL: <http://surl.li/tfsrx> (Дата звернення: 14.04.2024).
5. Create a Full Data base Backup. URL: <http://surl.li/tfsss> (Дата звернення: 14.04.2024).
6. Гнатченко Д. Д. Моделювання інтелектуальної системи підтримки внутрішнього аудиту суб'єкта господарювання. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2023. № 54. С. 114 – 121, [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2023.54.114-121](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.54.114-121).
7. Петренко Л. Цифрова безпека в структурі цифрової компетентності майбутнього викладача педагогічного закладу вищої освіти: змістовий компонент. *Освіта дорослих: теорія, досвід, перспективи*. 2023. Т. 23. №. 1. С. 98–109.
8. Цюцюра М. І., Криворучко О. В., Мединська Т. М. Структура інформаційних потоків в інформаційній системі виробничого підприємства. *Управління розвитком складних систем*. 2019. Вип. 37. С. 205 – 209, [dx.doi.org\10.6084/m9.figshare.9783248](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.9783248).
9. Цюцюра М. І., Кулеба М. Б., Гоц В. В., Лященко Т. О. Інформаційні технології оцінювання знань студентів при дистанційному навчанні на основі хмарних технологій. *Управління розвитком складних систем*. 2019. № 38. С. 111–116. DOI: 10.6084/m9.figshare.11340653.
10. Власенко, Л. О., Грибков С. В., Савченко Т. В. Проектування інформаційної системи захисту промислової інформації з урахуванням тенденцій Industry 4.0. *Управління розвитком технологій : тези доповідей дев'ятої міжнар. наук.-практ. конференції 28 березня 2022 р., м. Київ*. Київ : КНУБА, 2022. С. 61–62.

Стаття надійшла до редколегії 24.05.2024

**Hnatchenko Dmytro**

Senior lecturer of the department of software engineering and cyber security,

<https://orcid.org/0000-0002-6584-4525>

State University of Trade and Economics, Kyiv

**Kryvoruchko Olena**

DSc (Eng.), Professor, Head of the Department of Software Engineering and Cybersecurity,

<https://orcid.org/0000-0002-7661-9227>

State University of Trade and Economics, Kyiv

**Vinichuk Oleksandr**

Deputy chief of the support department of the service-desk platform,

<https://orcid.org/0009-0002-0964-7567>

JSC "OSCHADBANK", Kyiv

**MECHANISMS OF REPLICATION AND BACKUP OF DATABASES IN THE CLOUD ENVIRONMENT**

**Abstract.** *The functionality of deploying databases on cloud computing environments, the main tools of the MS SQL SERVER DBMS for saving data in industrial databases, as well as the construction of a fault-tolerant database cluster on industrial servers are considered. All possible methods of data synchronization between the main and backup database, as well as methods of data backup to the cloud are considered. Researching the mechanisms of database synchronization and data backup, as well as the construction of a fault-tolerant cluster, will allow to consider in more detail the methods of data storage, synchronization with backup databases and the construction of a fault-tolerant cluster, synchronization of the main and backup databases. Mechanisms for synchronizing the main and backup database of the server are primarily considered. The technology with a high level of database availability is AlwaysOn, which in turn creates a cluster of two databases and allows you to build a fault-tolerant cluster in which two databases work simultaneously and are simultaneously synchronized with each other. Application of Transaction Log Shipping technology will automatically send backup copies of transaction logs from the source database to the source server instance in one or more databases. When using data synchronization technology, database servers work in Active – StandBy/ReadOnly mode, that is, the main database will always be the main one, and if necessary, switch to the backup database. Also, replication technology is a set of technologies for copying and distributing data and database objects between databases, as well as synchronizing databases to maintain consistency. Accordingly, the construction of a fault-tolerant database cluster will allow maintaining the functionality of the enterprise's information system even if one of the database servers completely loses its functionality.*

**Keywords:** *database (DB); data center; CTS, fault tolerance; becketing; cloud environment; AlwaysOn; Transaction Log Shipping; replication technology*

### References

1. Fault-tolerant AlwaysOn MS SQL SERVER database cluster. URL: <http://surl.li/tfsox> (Date of application: 14.04.2024).
2. TransactionlogshippingMS SQL SERVER. URL: <http://surl.li/tfspy> (Date of application: 14.04.2024).
3. Configurere plication between two fully connected servers. URL: <http://surl.li/tfsqq> (Date of application: 14.04.2024).
4. Replication Publishing Model Overview. URL: <http://surl.li/tfsrx> (Date of application: 14.04.2024).
5. Create a Full Data base Backup. URL: <http://surl.li/tfsss> (Date of application: 14.04.2024).
6. Hnatchenko, D., (2023). Modeling of the intelligent support system for the internal audit of the business entity. *Management of Development of Complex Systems*, 54, 114–121, [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2023.54.114-121](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2023.54.114-121).
7. Petrenko ,L. (2023). Digital security in the structure of digital competence of the future teacher of a pedagogical institution of higher education: content component. *Adult education: theory, experience, perspectives*, 23, 1, 98–109.
8. Tsiutsiura, Mykola, Kryvoruchko, Olena & Medinskaya, Tatyana., (2019). Structure information flow in information systems manufacturing enterprises. *Management of development of complex systems*, 37, 205–209, [in Ukrainian], [dx.doi.org\10.6084/m9.figshare.9783248](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.9783248).
9. Tsiutsiura, Mykola, Kuleba, Mykola, Gots, Vladislav & Lyashchenko, Tamara., (2019). Information technology assessment of students' knowledge in distance learning based on cloud technologies. *Management of Development of Complex Systems*, 38, 111–116, [dx.doi.org\10.6084/m9.figshare.9788564](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.9788564).
10. Vlasenko, L. O., Hrybkov, S. V., Savchenko, T. V., (2022). Designing an information system for the protection of industrial information taking into account Industry 4.0 trends. Management of technology development: abstracts of reports of the ninth international Scientific and practical conference on March 28, 2022, Kyiv. Kyiv: KNUBA. Pp. 61–62.

---

### Посилання на публікацію

- APA Hnatchenko, D., Kryvoruchko, O. & Vinichuk, O. (2024). Mechanisms of replication and backup of databases in the cloud environment. *Management of Development of Complex Systems*, 58, 146–152, [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2024.58.146-152](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.58.146-152).
- ДСТУ Гнатченко Д. Д., Криворучко О. В., Вінчук О. С. Механізми реплікацій і бекапування баз даних у хмарне середовище. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2024. № 58. С. 146 – 152, [dx.doi.org\10.32347/2412-9933.2024.58.146-152](https://doi.org/10.32347/2412-9933.2024.58.146-152).