

# АВТОМАТИЗАЦІЯ ПІДСТАНЦІЇ 750 кВ ЦЕНТРАЛЬНОГО РЕГІОНУ ОЕС УКРАЇНИ

**Хоменко О.В., доцент, к.т.н., Баширова І.В., магістрант**

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем*

**Вступ.** При проектуванні та експлуатації електроенергетичних систем (ЕЕС) важливо враховувати ймовірність виникнення в них пошкоджень та особливих режимів. Найпоширенішими та найнебезпечнішими пошкодженнями є короткі замикання на елементах ЕЕС, тому що вони можуть спричинити руйнування пошкодженого об'єкта струмами короткого замикання або дугою, що може виникнути в місці пошкодження. Крім того, пониження напруги у вузлових точках ЕЕС в наслідок коротких замикань може вплинути на стійкість електроенергетичної системи, а також на порушення технологічних процесів в ній і у споживачів [1].

Для відокремлення пошкодженого об'єкта, а також для ліквідації деяких особливих режимів, наприклад, перевантажень, застосовують пристрої релейного захисту (для виявлення і відключення пошкодженого елемента) та пристрої автоматики (для відновлення роботи електроенергетичної системи в цілому). Загалом, до основних видів автоматики відносять автоматичне повторне включення (АПВ), автоматичне включення резервного живлення або механізму (АВР) тощо.

**Мета роботи.** Опис та аналіз роботи пристроїв РЗ та автоматизації на ПС 750 кВ “Київська”, моделювання схеми ПС, її усталених та перехідних режимів роботи в програмному середовищі PowerFactory, оцінка процесів, які відбуваються в електричній мережі.

**Матеріали і результати досліджень.** Центральна електроенергетична система (ЦЕС) забезпечує скоординоване функціонування енергосистеми центрального регіону як частини ОЕС України, надійну і ефективну роботу електромереж напругою 330-750 кВ.

В роботі розглядається підстанція ПС-750 кВ «Київська», схема з'єднань ВРП якої показана на рис. 1. Вона входить до складу ЦЕС, здійснює централізоване електропостачання Житомирської, Київської, Чернігівської, Черкаської областей та м. Київ на території площею 110,6 тис. кв. км [2].

ПС 750 кВ “Київська” живиться по лініях ПЛ-750 кВ Вінниця, ПЛ-750 ЧАЕС, ПЛ-750 РАЕС та ПЛ-750 ХАЕС. Для прийому та розподілу електроенергії на ПС використовуються п'ять розподільчих пристроїв – відкриті (ВРП) 750 кВ, 330 кВ та 35 кВ та закриті (ЗРП) 15,75 кВ та 10 кВ, які включають в себе електричні апарати, шини та допоміжні пристрої.

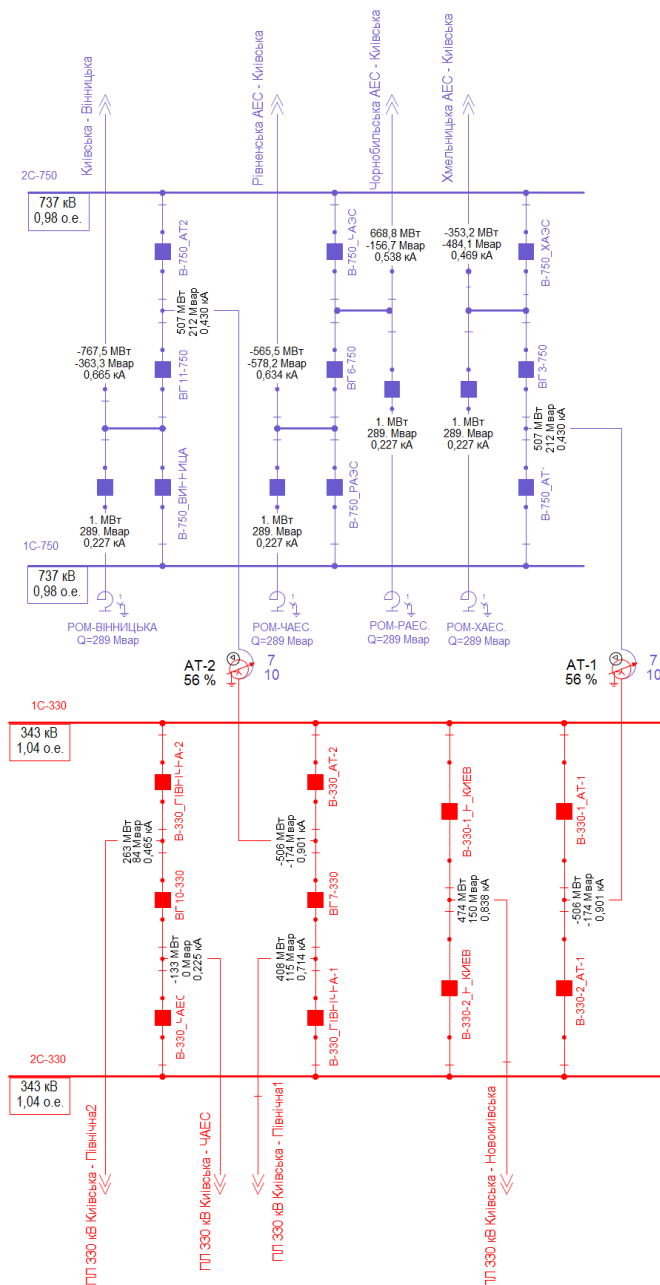


Рисунок 1 – Усталений режим роботи нормальної схеми електричних з'єднань ПС-750 кВ «Київська» при максимальних навантаженнях в програмному комплексі PowerFactory

На ПС «Київська» встановлені два автотрансформатори АТ-1 та АТ-2 типу АОДЦТН-333000/750/330/15.75 кВ [2]. Вони складаються з трьох фаз, понижують напругу з 750 кВ до 330 кВ та 15,75 кВ і передають енергію по лініях 330 кВ "Київського кільця" для електропостачання Києва та Київської області.

ВРП-750 кВ виконаний схемою з двома системами шин та трьома вимикачами на два приєднання ("полоторна" схема). Така схема дозволяє проводити ремонт та ревізію вимикачів, шин та роз'єднувачів без порушення роботи приєднань, що забезпечує високу надійність роботи ПС.

Схема має чотири приєднання: ПЛ-750 кВ Київська - ХАЕС, ПЛ-750 кВ Київська - ЧАЕС, ПЛ-750 кВ Київська - Вінниця, ПЛ-750 кВ Київська - РАЕС.

ВРП 330 кВ представлений у вигляді схеми 3/2 (“полуторна” схема) та схемою з двома вимикачами на одне приєднання (приєднання обмотки АТ-1 та лінія ПС 330 кВ Київська - Новокиївська). Загалом схема має чотири приєднання: ПЛ-330 кВ Київська - Північна2, ПЛ-330 кВ Київська - ЧАЕС, ПЛ-330 кВ Київська -Північна1, ПЛ-330 кВ Київська - Новокиївська.

ВРУ 35 кВ призначене для резервного живлення власних потреб підстанції. ЗРУ 10 кВ виконане у вигляді трисекційної системи шин.

Автоматизована система управління технологічними процесами ПС (АСУ ТП) - сукупність технічних і програмних засобів, призначених для автоматизації керування технологічним обладнанням на підстанції, управлінням навантаженням в нормальних та аварійних режимах, пристроями АПВ та АВР [3].

АСУ ТП підстанції 750 кВ “Київська” (рис. 2) виконано на базі інформаційної технології MicroSCADA АВВ з управлінням комутаційними апаратами через мікропроцесорні пристрої РЗА закордонних та вітчизняних виробників.



Рисунок 2 – Візуалізація схеми з’єднань ПС-750 кВ “Київська” засобами АСУ ТП

АСУ ТП на ПС 750 кВ “Київська” забезпечує ефективне оперативно-диспетчерське управління підстанцією в нормальних, аварійних та післяаварійних режимах.

При розробці даної теми була сформована розрахункова модель електричної схеми підстанції в програмному середовищі PowerFactory, проведено моделювання усталених та перехідних режимів її роботи.

Моделювання в PowerFactory дає змогу оцінити процеси, які відбуваються в електричній мережі. Розрахунок параметрів усталеного режиму роботи нормальної схеми електричних з’єднань ПС показав, що напруга знаходиться в межах норми, відсутні перевантаження на трансформаторах і

шинах (рис.1). Моделювався режим максимальних навантажень о 17:00 год, де видно, що отримані значення відхилення напруг на шинах входять в допустимі межі  $\pm 5\%$   $U_{ном}$ . В нормальному режимі роботи ЕЕС при максимальних навантаженнях збільшуються перетоки потужності, що викликає більші втрати потужності у системі. Це є основним чинником зниження напруги у вузлах.

В роботі було досліджено перехідний (аварійний) режим, а саме визначався трифазний струм КЗ на ПЛ-330 кВ Київська - Новокиївська, де відстань до місця КЗ на лінії складає 41,5 км від ПС "Київська" (рис. 3).

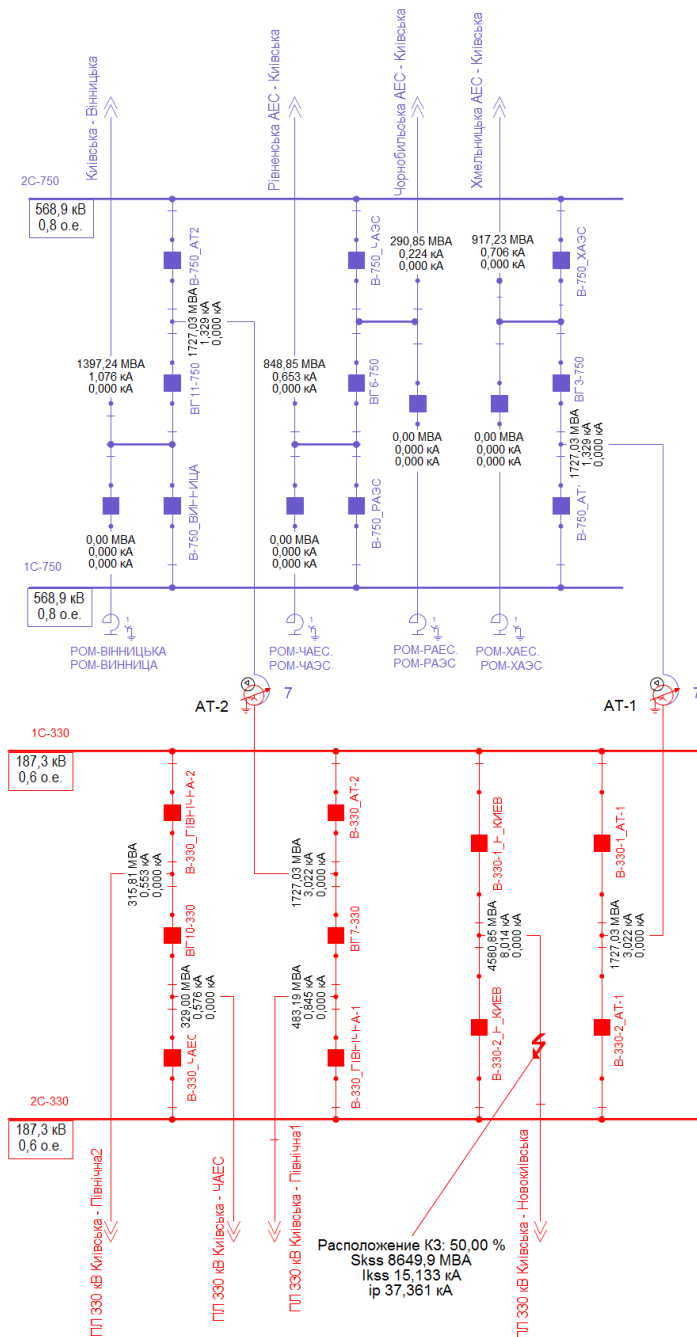


Рисунок 3 – Результати розрахунку трифазного струму КЗ на ПЛ-330 Київська - Новокиївська засобами PowerFactory

В роботі змодельована робота АПВ ПЛ-330 кВ «Київська - Новокиївська». АПВ ліній з двостороннім живленням має деякі особливості, що визначаються наявністю напруги по обох кінцях лінії. Особливість полягає в тому, що АПВ лінії повинно проводитися лише після того, як вона буде відключена по обидва боки, що необхідно для деіонізації повітряного проміжку в місці пошкодження [4].

Розрахунки доцільніше проводити у відносних одиницях [5]. Напруга при цьому розраховується за виразом (1):

$$U_{в.о.} = \frac{U}{U_{НОМ}}, \quad (1)$$

де  $U$  - напруга системи;  $U_{НОМ}$  - номінальна напруга.

При трифазному КЗ на ПЛ-330 кВ Київська - Новокиївська, та відключенні ПЛ, напруга на 1С-750 кВ та 1С-330 кВ зростає до 741 кВ (0,988 в.о.) та 346,5 кВ (1,050 в.о.) відповідно (рис.4, а). При ТАПВ, час дії якого 4,4 сек, відбулося відновлення живлення міжсистемних зв'язків шляхом автоматичного включення вимикачів, відключених пристроями релейного захисту, тобто значення напруги стабілізувалось до 343,87 кВ (1,039 в.о.).

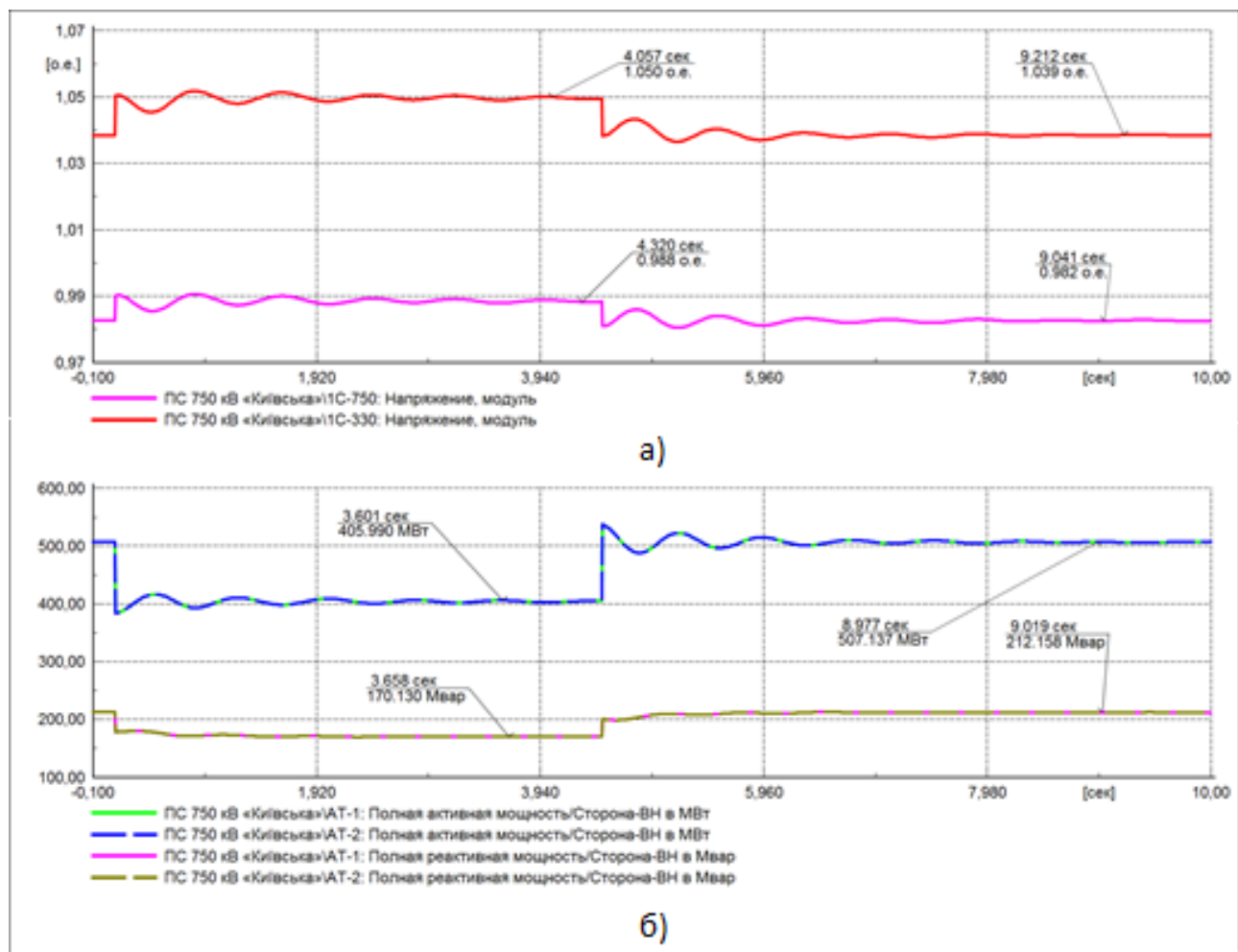


Рисунок 4 – Графіки перехідних процесів при аварійному відключенні ПЛ-330 кВ Київська-Новокиївська в програмному комплексі PowerFactory: а) зміна модуля напруги; б) зміна потужності.

Повна активна потужність АТ-1 та АТ-2 знизилась з 507 МВт до 405,990 МВт, після ТАПВ стабілізувалась до значення 507,137 МВт (рис. 4, б). Повна реактивна потужність АТ-1 та АТ-2 аналогічно: спочатку “пішла” на спад з 212 Мвар до 170,130 Мвар, в результаті часу дії ТАПВ (4,4 сек.) значення зросло до стабільного 212,158 Мвар (рис. 4, б).

**Висновки.** Автоматизація електричних підстанцій являється вкрай важливим засобом забезпечення надійного і якісного електропостачання споживачів. Враховуючи швидкоплинність процесів в електроенергетичних системах, функціонування їх без пристроїв автоматизації неможливе.

Підстанція 750 кВ “Київська” споруджена для енергопостачання споживачів Центральної електроенергетичної системи НЕК «Укренерго», знаходиться у місті Макарів Київської області та займає площу 52 гектари.

На підстанції встановлено модернізоване обладнання, дистанційне управління усіма апаратами керується по АСУ ТП на базі інформаційної технології MicroSCADA ABB. Це забезпечує зменшення навантаження для обслуговуючого персоналу, підвищення надійності роботи електрообладнання, підвищення швидкості виконання технічних операцій та ефективну організацію оперативно-диспетчерського управління підстанцією в нормальних, аварійних/післяаварійних режимах і диспетчерсько-технологічного управління процесами експлуатації обладнання ПС та прилеглих електричних мереж.

На моделі підстанції 750 кВ “Київська”, яка була сформована в програмному середовищі PowerFactory, були проаналізовані параметри усталених та перехідних режимів роботи ПС в різних режимно-схемних ситуаціях.

#### Перелік посилань

1. Возна Н. Я. Метод структуризації інформаційних потоків для відображення технологічних станів на електричній підстанції / Н. Я. Возна., 2018. – 8 с. – (УДК 681.514:621.029).
2. Подстанция Киевская: прощание Киева с Чернобылем [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://delo.ua/business/podstancija-kievskaja-proschanie-kieva-s-chernobylem-314924/>.
3. АСУ ТП підстанцій [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://eknis.net/ua/solutions/substation-automation/>.
4. Беркович М. А. Автоматика энергосистем / М. А. Беркович, В. А. Гладышев, В. А. Семенов. – Москва: Энергоатомиздат, 1991. – 240 с. – (3-е изд., перераб. и доп.).
5. Использование относительных единиц при расчете систем электроприводов [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://elenergi.ru/ispolzovanie-otnositelnyx-edinic-pri-raschete-sistem-elektroprivodov.html>.