

# РОЗДІЛ 1. КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИМИ СИСТЕМАМИ

## АВР МАГІСТРАЛІ РЕЗЕРВНОГО ЖИВЛЕННЯ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ АЕС

Дмитренко О.О., к.т.н., доцент, Бондарчук Д.В., магістрант  
*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем*

**Вступ.** Система власних потреб (ВП) станції призначена для забезпечення електроенергією всіх споживачів власних потреб в нормальному і аварійному режимах, що не супроводжується втратою зовнішніх джерел електропостачання.

Нормальний режим роботи станції неможливий без надійної та безпечної роботи ВП, адже пошкодження в даній системі призводить не лише до порушення роботи станцій, але й до аварійного стану енергосистеми в цілому.

Тому схеми електропостачання ВП електричних станцій виконуються відповідно до усіх вимог щодо надійності. Яка в свою чергу забезпечується використанням сучасних швидкодіючих засобів релейного захисту, автоматичного регулювання збудження генераторів, використанні автоматичного вводу резерву (АВР) та самозапуску електродвигунів.

Для надважливих елементів схеми живлення передбачається від спеціальних автономних джерел електроживлення. В якості яких використовуються акумуляторні батареї з статичними (інверторами) і автоматизовані дизель генератори.

**Мета роботи.** Дослідження автоматичного включення резерву магістралей резервного живлення Запорізької АЕС (ЗАЕС).

**Матеріали дослідження.** ЗАЕС складається з 6-ти блоків мільйонників (1000 МВт), ВП блоку є складною системою з різними типами обладнання, Навантаження схеми складають різні насоси подачі води, двигуни, основним елементом є головний циркуляційний насос (ГЦН) [1]. В нормальному режимі живлення ВП забезпечується генераторною напругою 24 кВ від 4-х секцій 6,3 кВ ВП (ВА, ВВ, ВС, ВD), що підключені до робочих джерел живлення через робочі вводи ВП до обмоток НН двох трансформаторів ВП (ТВП). Секції ВА, ВВ, ВС, ВD є секціями нормальної експлуатації, варто відміти що є ще дві групи секцій – це системи надійного електропостачання нормальної експлуатації та система аварійного електропостачання. Що разом з різними категоріями споживачів створюють надійну та чітку систему електропостачання у нормальному режимі роботи та у разі аварійних ситуацій. При виведенні робочого джерела в ремонт або при пошкодженнях та їх аварійному відключенні передбачається застосування для кожної секції ВП пристрою автоматичного включення резервного (АВР) джерела живлення шляхом відключення робочого вводу ВП та включення резервного.

Кількість магістралей резервного живлення приймається рівним числу секцій 6 кВ. Так, для енергоблоку з реактором ВВЕР-1000 кількість магістралей

резервного живлення приймають рівним чотирьом – VL, VM, VN, VP [2]. Резервні магістралі підключаються до резервних трансформаторів власних потреб, які виконуються з розщепленими обмотками низької напруги. При цьому кожна обмотка низької напруги підключається до однієї магістралі резервного живлення. Кожен резервний трансформатор виконується у вигляді групи, що складається з двох трансформаторів. У свою чергу VL, VM, VN, VP є підключеними до секцій нормальної експлуатації VA, VB, VC, VD відповідно, що забезпечує надійну роботу цих шин. Кількість секцій 6 кВ вибрано за кількістю ГЦН, що підключаються по одному до кожної секції для більшої стійкості роботи енергоблоку.

Сьогоднішня система АВР функціонує наступним чином. При виникненні аварійної ситуації в першу чергу відбудеться зниження напруги на шинах ВП 6,3 кВ що призведе до запуску органом мінімальної напруги автоматичного введення резерву через резервні робочі вводи. В такому випадку при наявності напруги зі сторони резервного живлення та введеного в дію перемикача АВР виконується вимкнення робочого живлення секції, після чого відбувається автоматичне включення резервного живлення. На сьогоднішній день МРЖ (вводи МРЖ 6,3 кВ та секційні вимикачі МРЖ) не забезпечені системами АВР. Всі необхідні роботи для живлення секції за допомогою МРЖ від резервного трансформатору власних потреб (РТВП) іншого блоку, виконуються вручну персоналом станції. У свою чергу ручне управління вимикачами МРЖ може призвести до великої перерви у електропостачанні механізмів ВП з подальшим неуспішним самозапуском електродвигунів. В результаті – висока ймовірність зупинки одного або кількох блоків, що з урахуванням їх потужності (1000 МВт кожний), може привести до катастрофічних наслідків в ОЕС України.

У зв'язку з даною проблемою було виконано наступне моделювання у середовищі PowerFactory. Було розглянуто ситуацію з поступовим навантаженням на резервне джерело живлення двигунами, що к нашому випадку на реальній АЕС відповідають головним циркуляційним насосам.

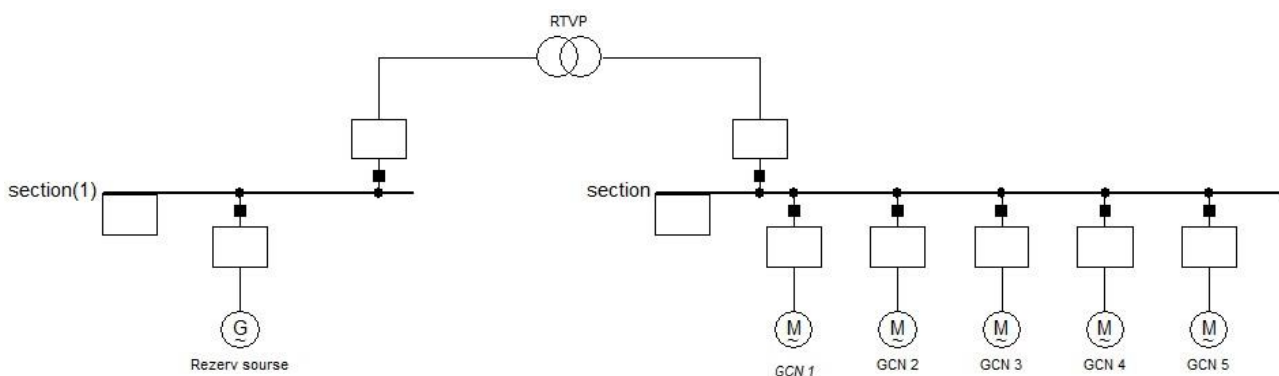


Рисунок 1 – Спрощена схема резервного живлення системи ВП АЕС

Схема складається з джерела живлення, що представлений генератором, резервним трансформатором власних потреб, та двигунами, що виступають у якості навантаження і є головними циркуляційними насосами. Підключення ГЦН у якості навантаження виконано з інтервалом 7 секунд. Моделювання було

виконано у 2 етапи та має результати приведені у відносних одиницях для більшої наглядності.

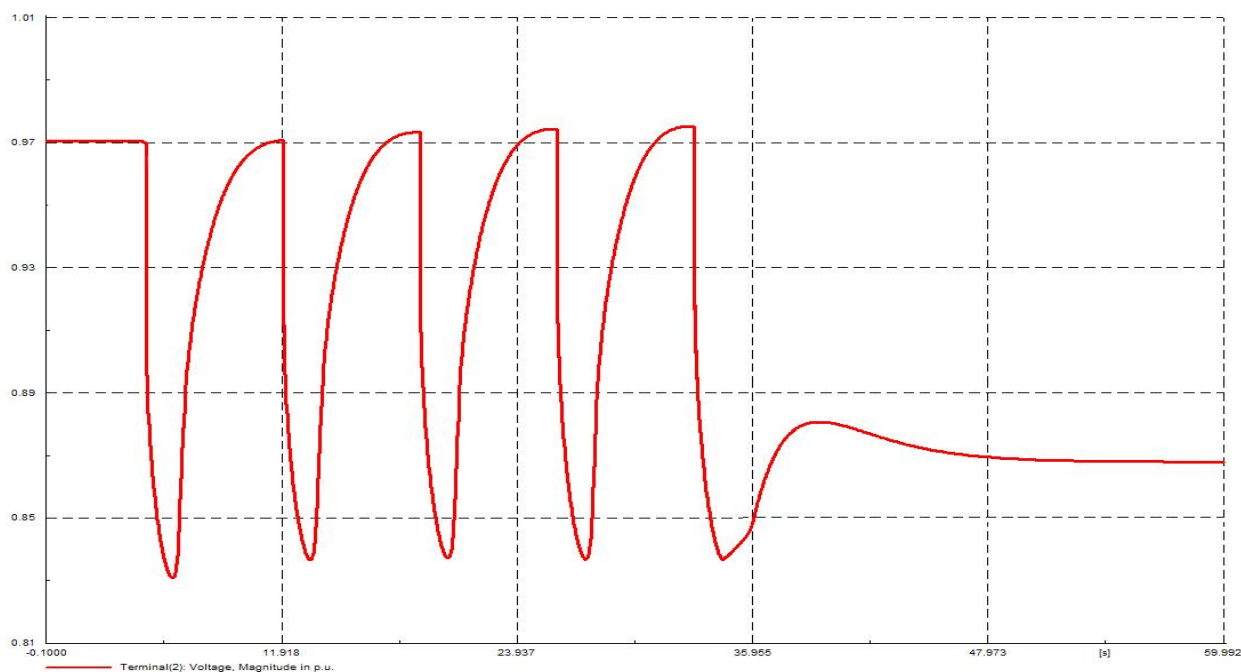


Рисунок 2 – Графік напруги резервного джерела живленням без умови блокування перевантаження

На рис. 1-2 зображено перший етап моделювання. До джерела живлення через 5 секунд нормального режиму роботи було під'єднано один із ГЦН, що спричинило навантаження та відповідно просідання напруги на джерелі живлення, проте потужності було достатньо щоб покрити дане навантаження, тому напруга протягом певного часу виходила на номінальний рівень, як і видно на графіку. Після чого через 2 секунди було підключено ще один ГЦН, що створило аналогічну ситуацію, як і для наступних ще двох двигунів, які були підключенні через аналогічні проміжки часу. Відмінну ситуацію спостерігаємо при підключенні 5-го ГЦН, що спричиняє знову ж таки просідання напруги, проте цього разу потужності джерела живлення не вистачає щоб покрити дане навантаження, і як видно з графіки напруга не виходить на номінальний рівень, а «зависає» на рівні близько  $0,8U_{ном}$ . Що призведе до аварійної ситуації на лише у системі ВП, але й для всієї атомної електростанції в цілому [3]. Даного ненормального режиму роботи можна було б уникнути, якби на МРЖ було встановлено АВР, що виконано згідно з відповідними нормами. А саме, для запобігання "зависання" напруги в алгоритми роботи АВР МРЖ вводиться блокування АВР по потужності підключення навантаження.

Розглянемо другий етап моделювання, у якому розглянемо випадок блокування введення резерву для 5-го ГЦН. На рис. 3 спостерігаємо нормальний режим роботи ВП, коли до резервного живлення підключили лише 4 ГЦН, таким чином відбулося надання всього можливого резервного живлення для секцій ГЦН без втрати системи електропостачання.

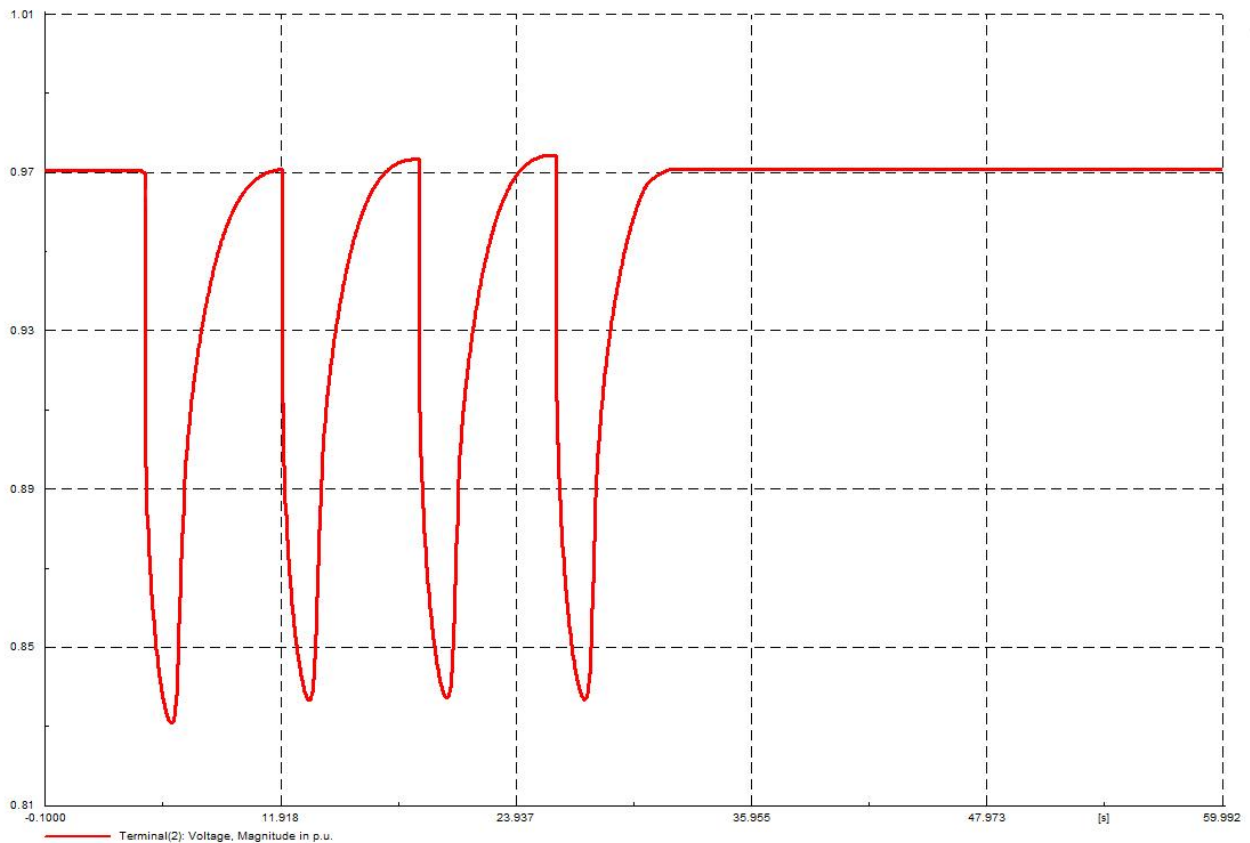


Рисунок 3 – Графік напруги резервного джерела живлення за умови блокування перевантаження

Даний графік показує уникнення аварійної ситуації, яка економить не лише час на відновлення аварії, експлуатаційні витрати, але й збереження енергосистеми України у нормальному режимі роботи та надійне електропостачання для споживачів.

**Висновки.** Отже ВП є важливою складовою електростанції від якої залежить нормальний режим роботи енергосистеми України в цілому, тому схема повинна бути обладнана АВР МРЖ для більшої надійності та безпеки та має задовольняти всі вище розглянуті вимоги та проблеми. В подальших дослідженнях буде виконано математичне моделювання всіх можливих режимів роботи ВП та МРЖ з перевіркою достатності блокування АВР.

#### Перелік посилань

1. Лагутін В.М., Тепля В.В., Вишневський С.Я., Власні потреби електричних станцій. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 102 с.
2. ЗАЕС. АВР магістралей резервного живлення та автоматизована система збору інформації і управління вимикачами 6 кВ. Том 1. Книга 3 / Чеботарьова О.Є., Хмельовський П.М. – Одеса 2015. – З/П-13935-2015-01-ПЗ.3
3. Анализ режимов длительного понижения напряжения и частоты в системе собственных нужд и выбор уставок АВР и запуска дизель-генераторов / Лагускер В.М., Эпштейн И.М., Гусев В.П. //Научно-Производственный Центр «Энергоконт» – Москва, 1998.