

## МОДЕЛЮВАННЯ І АНАЛІЗ РЕЖИМІВ РОБОТИ ПС 110/10 кВ «БІЛОГОРОДКА»

**Хоменко О.В., к.т.н., доцент, Мартинюк О.С., магістрант**  
*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем*

**Вступ.** Електроенергія розглядається як предмет продажу та споживання і повинна відповідати визначеним нормам якості [1]. Підвищенню якості електроенергії приділяють велику увагу, тому що вона може суттєво впливати на втрати електроенергії, надійність електропостачання, ефективність технологічних процесів виробництва тощо. Впровадження сучасних технологій у промисловості встановлює нові підвищені вимоги до якості електроенергії та надійності електропостачання споживачів. Підтримання цих норм потребує постійного регулювання відповідних параметрів режиму.

**Мета роботи.** Моделювання та аналіз параметрів режимів роботи підстанції «Білогородка» в ustalених нормальних та післяаварійних режимах і перехідних режимах при значній зміні навантаження і при виникненні КЗ на шинах ПС. Застосовується програмний комплекс PowerFactory.

**Матеріали та результати дослідження.** Сукупність процесів, що відбуваються в енергосистемі і визначають її стан у будь-який момент часу або на будь-якому його інтервалі, називається режимом роботи системи. Він залежить від схеми з'єднання елементів електричної мережі, величини потужностей генерації і навантаження у вузлах. Характеризується параметрами, до яких відносять частоту, напругу, потужності і струми, кути зсуву векторів ЕДС тощо. Режим енергосистеми може бути ustalеним або перехідним, нормальним або післяаварійним [2].

Важливим елементом електричної мережі є електрична підстанція – електроустановка, призначена для прийому, перетворення і розподілу електричної енергії. Вона складається з трансформаторів або інших перетворювачів електричної енергії, розподільних і допоміжних пристроїв, комутаційних апаратів, реакторів, засобів РЗ і автоматики та інших пристроїв управління тощо. Головні схеми підстанцій вибираються з врахуванням схеми розвитку електричних мереж енергосистеми та схеми електропостачання району. Підстанція «Білогородка» є споживчою з двома рівнями напруги 110 кВ і 10 кВ. На підстанції встановлені два понижуючі двохобмоткові трансформатори потужністю 16 МВА кожен – трьохфазні масляні трансформатори типу ТДН-16000/110 кВ з РПН. Трансформатори мають встановлене РПН на стороні високих напруг, для можливості ступінчастого регулювання напруги, без відключення навантаження. Живлення здійснюється від двох вхідних повітряних ліній напругою 110 кВ від підстанції «Бузова» та від підстанції «Тарасівка». На стороні низької напруги 10 передбачається роздільна робота трансформаторів. РП ВН 110 кВ даної підстанції відповідає типовій схемі двох блоків з вимикачами та неавтоматичною перемичкою зі сторони лінії.

Моделювання в PowerFactory дає змогу оцінити процеси, які відбуваються в електричній мережі. На рис. 1 показана модель підстанції «Білогородка» 110/10 кВ в середовищі PowerFactory. Показані результати розрахунку нормального усталеного режиму. Напруга знаходиться в межах норми, відсутні перевантаження на трансформаторах і шинах.

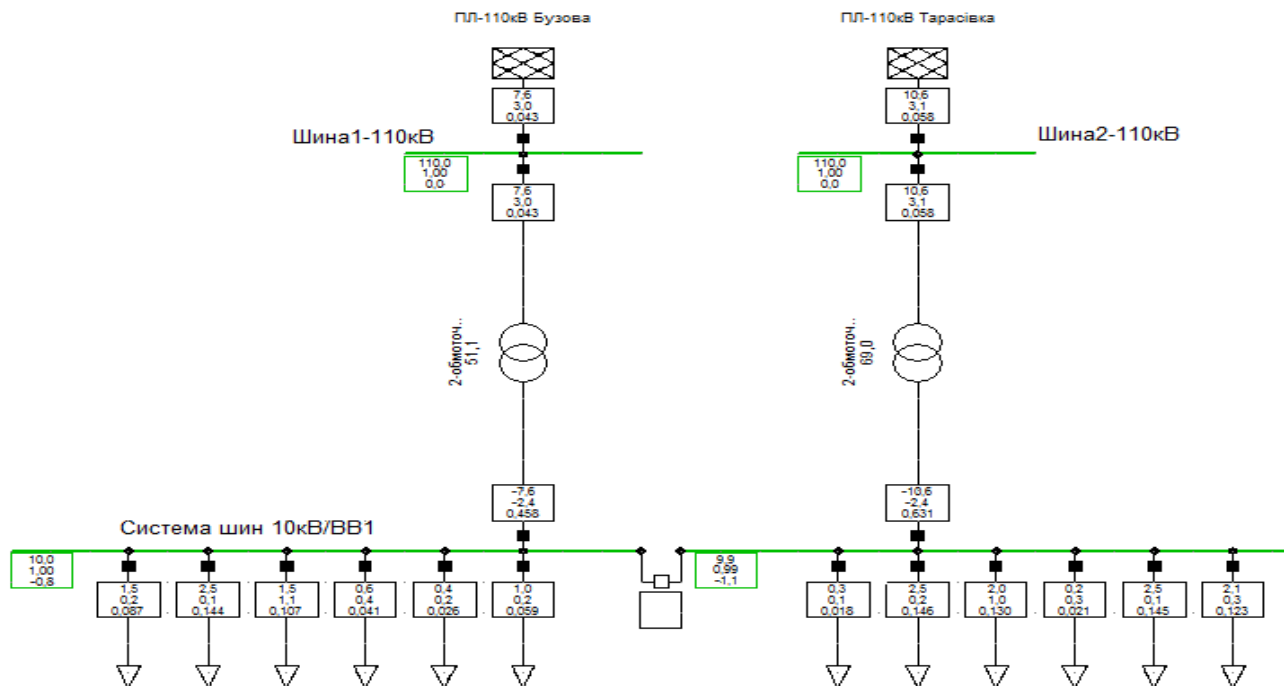


Рисунок 1 – Модель ПС «Білогородка» в середовищі PF

Проведено серію розрахунків усталених і перехідних режимів:

1. Моделюється ситуація збільшення навантаження на 200% на 2с.ш.10кВ в комірці №9 ПС «Білогородка» на 5-й секунді. Виконавши розрахунок ми отримали значення напруги (рис. 2). Отримаємо спад напруги на 5-й секунді моделювання. Для швидкого регулювання напруги використовується РПН на трансформаторах. Даний пристрій ступінчасто регулює коефіцієнт трансформації, змінюючи кількість підключених регулювальних відгалужень і цим регулює напругу, наближаючи її до норми при змінах режимів навантажень на приєднаннях. При цьому напруга піднімається ступінчасто, використано 9 відгалужень для збільшення напруги, але цього не достатньо для забезпечення її нормального рівня.

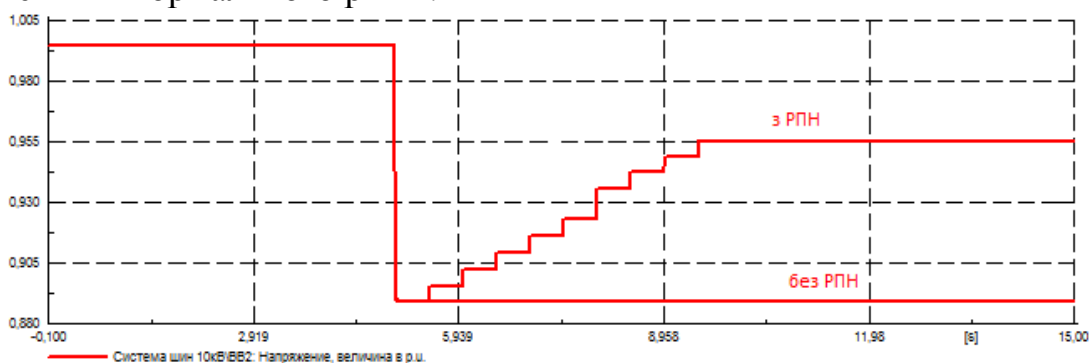


Рисунок 2 – Характеристика зміни напруги при збільшенні навантаження

2. Розрахунок коротких замикань в PowerFactory дозволяє моделювати як одиночні, так і множинні пошкодження практично необмеженої складності. Виконаємо моделювання перехідного режиму роботи в електричній мережі при КЗ на шині 10 кВ. Виникає спад напруги на цій шині, після витримки часу в 1 сек. автоматичне повторне ввімкнення повертає нормальний режим роботи. Виконавши розрахунок ми отримали значення параметрів (рис. 3).

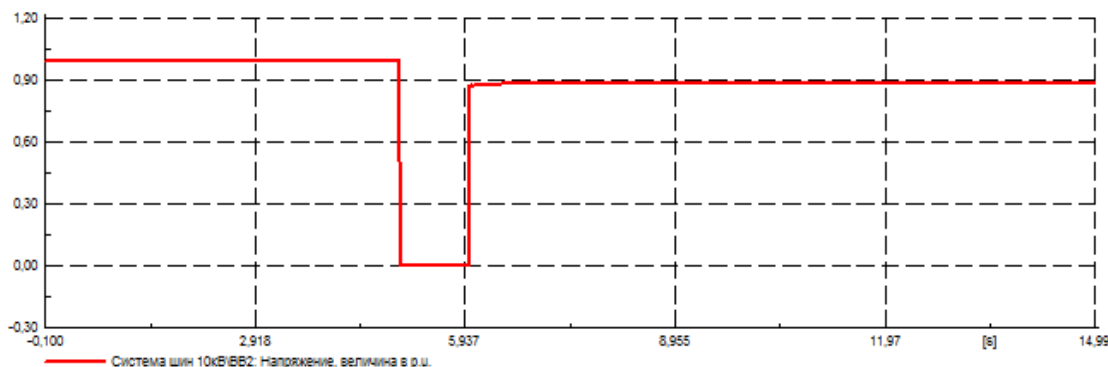


Рисунок 3 – Характеристика зміни напруги при КЗ на 2с.ш. 10 кВ

3. Виконаємо моделювання наступного режиму роботи в електричній мережі при КЗ на відхідній лінії 10 кВ. Виникає різкий спад напруги в на 5-й секунді моделювання, після витримки часу автоматичне повторне ввімкнення повертає нормальний режим роботи. Виконавши розрахунок ми отримали значення параметрів напруг (рис. 4).

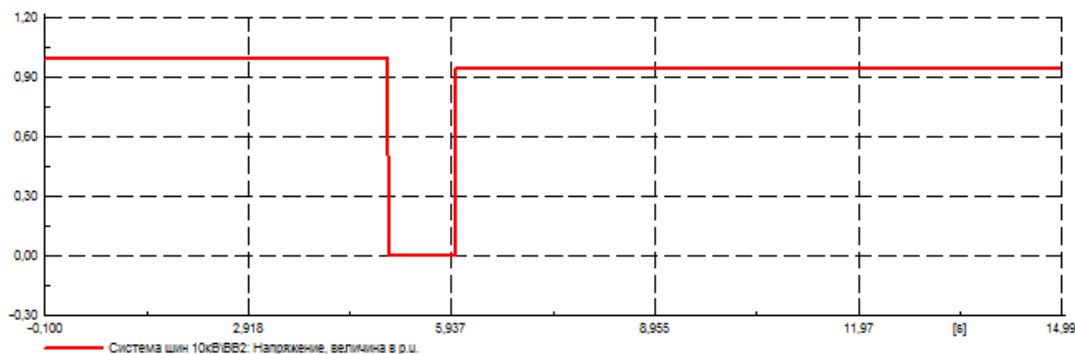


Рисунок 4 – Характеристика зміни напруги при КЗ на відхідній лінії 10 кВ

Відключимо трансформатор Т-1. Увімкнувши ШЗВ, переведемо живлення всіх секцій шин на робочий трансформатор Т-2 і проведемо моделювання відповідних ситуацій для цього випадку.

4. Виконаємо моделювання наступного режиму роботи в електричній мережі: збільшення навантаження на 200% на 2с.ш.10кВ в комірці №9 ПС «Білогородка» на 5-й секунді при вимкненому трансформаторі Т-1. Виконавши розрахунок ми отримали значення параметрів напруг (рис. 5).

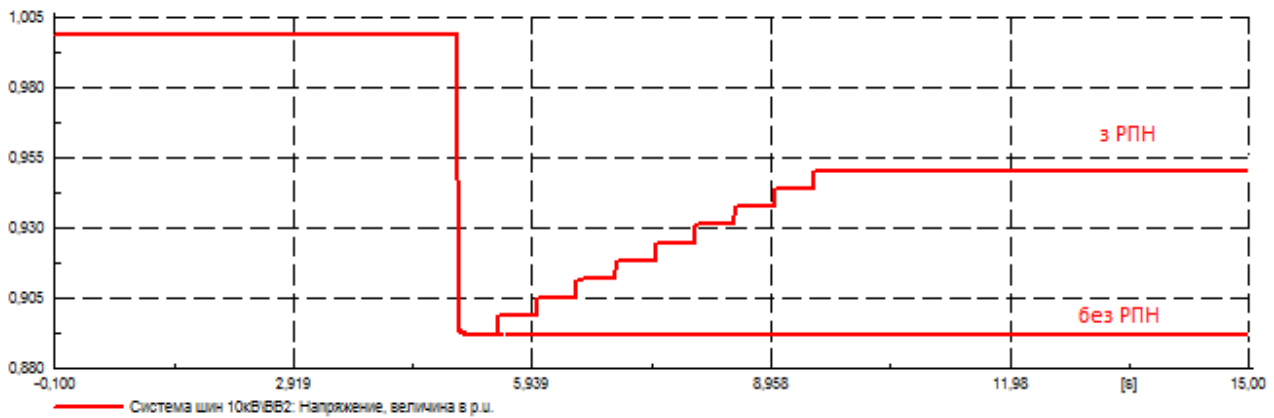


Рисунок 5 – Характеристика зміни напруги при збільшенні навантаження на 2с.ш. 10кВ ПС «Білогородка» при вимкненому Т-1

5. Виконаємо моделювання перехідного режиму в електричній мережі при КЗ на шині 10 кВ та вимкненому трансформаторі Т-1. Виконавши розрахунок ми отримали значення параметрів напруг (рис. 6).

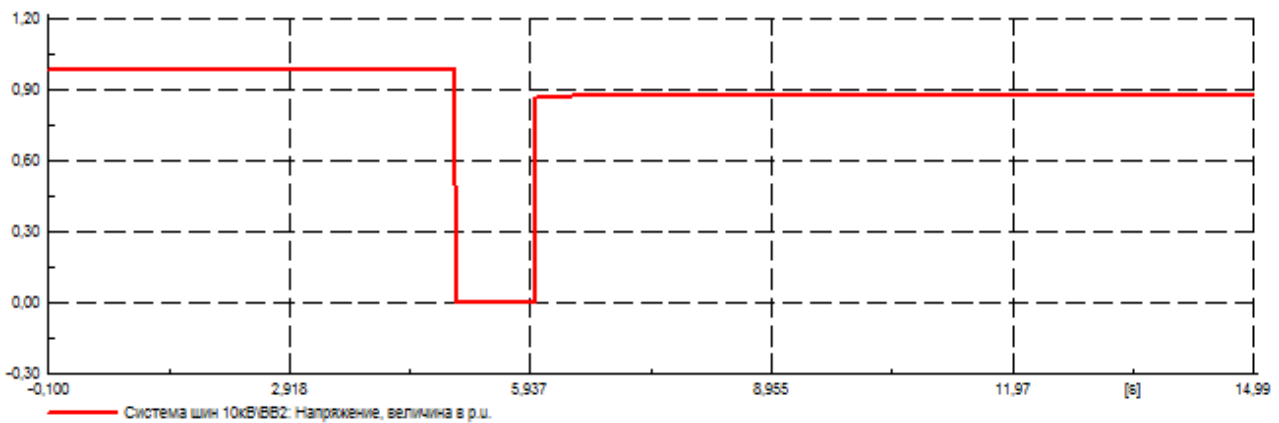


Рисунок 6 – Характеристика зміни напруги при КЗ на 2с.ш. 10 кВ при вимкненому Т-1

**Висновки.** Проведено моделювання режимів роботи мережі. Отримано графічні характеристики зміни напруги в часі при різних режимах роботи. При перевантаженнях, трансформатори з РПН автоматично і швидко змінюють коефіцієнт трансформації і відновлюють необхідний рівень напруги на шинах ПС «Білогородка» При КЗ на шині або лінії повернення до нормального режиму відбувається за допомогою автоматичного повторного ввімкнення.

#### Перелік посилань

1. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения: ГОСТ 13109-97-ГОСТ 13109-97. – [Ввуд. 1999-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1998. – 33с.
2. Маркович И.М. Режимы энергетических систем .- М.: Энергия, 1969. – 352с.
3. Грабко В.В. Моделі і засоби регулювання напруги за допомогою трансформаторів з пристроями РПН. – УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. – 109с.
4. PowerFactory. Руководство пользователя. DIgSILENT, PowerFactory. Версия 14.0. Gomarigen, Germany. Сентябрь 2011. – 1192с.