

## МОДЕЛЮВАННЯ І АНАЛІЗ РЕЖИМІВ РОБОТИ ПС 110-35-10 кВ «СОЛОМ'ЯНСЬКА»

**Хоменко О.В., к.т.н., доцент, Усата Т.В., магістрант**  
*НТУУ «КПІ», кафедра автоматизації енергосистем*

**Вступ.** Показники якості електроенергії повинні відповідати визначеним нормам, які забезпечують можливість впровадження сучасних технологій у відчизняній промисловості. Дотримання цих норм потребує постійного аналізу та регулювання відповідних параметрів режимів роботи електричної мережі.

**Мета роботи.** Моделювання, дослідження та аналіз режимів напруг на шині підстанції “Солом’янська” в усталених та перехідних режимах навантажень. Використовуються засоби програмного комплексу PowerFactory.

**Матеріали і результати досліджень.** Однією з важливих характеристик якості електроенергії є відхилення напруги в пунктах живлення споживачів. Стале відхилення напруги є локальним показником якості електричної енергії, регулювання рівня напруги може здійснюватися як на електричних станціях при виробництві, так і в ЕС при транспортуванні та розподілі електроенергії.

В енергосистемах застосовуються різноманітні засоби та методи регулювання напруги. До них відноситься зміна опору мережі, потоків реактивної потужності, коефіцієнтів трансформації силових трансформаторів, використання вольтодобавочних трансформаторів, зміна напруги синхронних генераторів на підстанціях та інші. Основними пристроями, якими забезпечується підтримання режиму напруги, являються трансформатори з регульованим під навантаженням коефіцієнтом трансформації, конденсаторні батареї, реактори, синхронні компенсатори, генератори електростанцій тощо. Ці пристрої оснащуються регуляторами, які забезпечують підтримання напруги на певному рівні.

Основними засобами регулювання напруги в електричних мережах є силові трансформатори з пристроями регулювання під навантаженням (РПН). За допомогою РПН можливо перемикають відгалуження, змінюючи тим самим коефіцієнт трансформації під навантаженням. Недоліками трансформаторів з РПН є їх висока вартість і обмежена кількість перемикачів, що знижує якість та надійність регулювання.

Моделювання та регулювання режимів напруги виконані на прикладі підстанції “Солом’янська”. На підстанції відбувається пониження напруги від 110 кВ до 35 та 10 кВ трансформаторами типу ТДТН-40000/110 з РПН. Даний пристрій ступінчасто регулює коефіцієнт трансформації, змінюючи кількість підключених регулювальних відгалужень і цим регулює напругу, повертаючи її до норми при змінах режимів навантажень на приєднаннях.

На рис. 1 показано схему підстанції “Солом’янська”, яка змодельована в середовищі PowerFactory. Показані результати розрахунку нормального

усталеного режиму. Напряга на всіх шинах підстанції знаходиться в межах норми, відсутні перевантаження на трансформаторах, шинах, реакторах. На підстанції нормальний режим роботи, відповідно сталий рівень напруги.

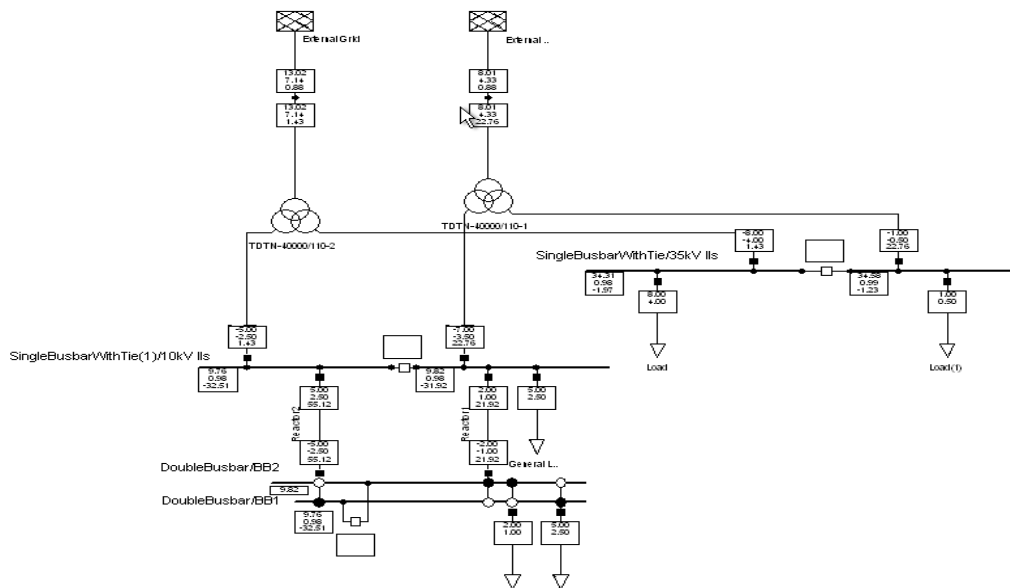


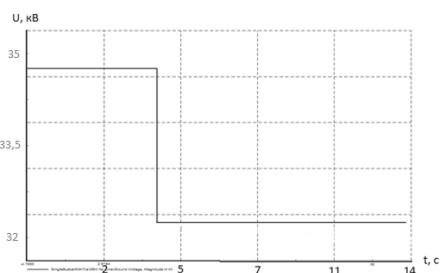
Рисунок 1 – Схема підстанції “Солом’янська”

Моделюються наступні ситуації:

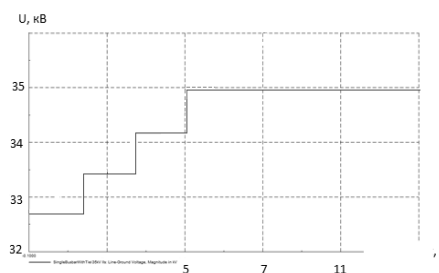
1) перевантаження підстанції при збільшенні навантаження на 300% на 4-й секунді моделювання. Отримаємо спад напруги (Рис.2,а). Для швидкого регулювання напруги використовується РПН на трансформаторах, напруга при цьому піднімається ступінчасто. Використано 4 відгалуження для збільшення напруги, Але цього не достатньо для забезпечення її нормального рівня (Рис.2,б).

2) КЗ на шині 35 кВ. Виникає спад напруги на цій шині (Рис.3,а), автоматичне повторне ввімкнення (АПВ) з невеликою витримкою часу поверне нормальний режим роботи (Рис. 3,б).

3) КЗ на відхідній лінії 35 кВ (Рис. 3,в). Отримаємо спад напруги (стрибок струму) в мережі, який ліквідує АПВ (як в попередньому випадку).



а



б

Рисунок 2 – а) зміна напруги при перевантаженні без РПН  
б) регулювання напруги трансформатором з РПН

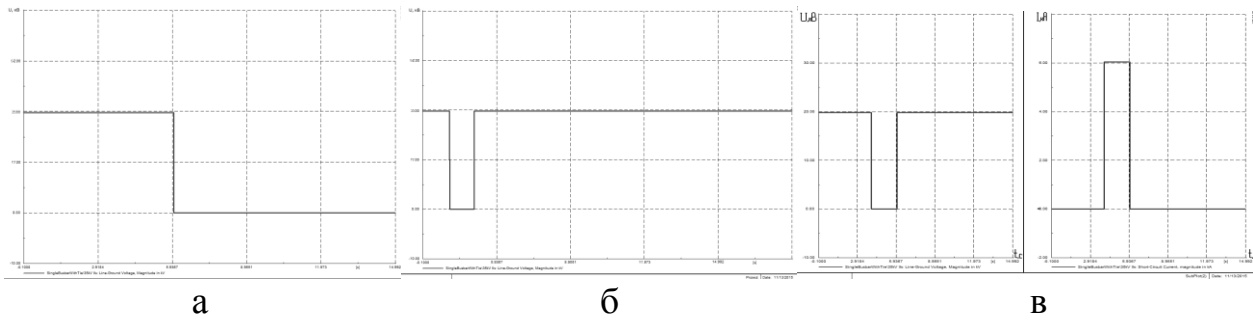


Рисунок 3 – а) спад напруги при КЗ на шині 35 кВ; б) повернення нормального режиму за допомогою АПВ при ліквідації КЗ; в) спад напруги та стрибкоподібна зміна струму при КЗ на відхідній лінії 35 кВ

Для останньої ситуації перехідний процес матиме вигляд, що показаний на рис. 4. Затухання струму короткого замикання відбувається за 3 секунди процесу.

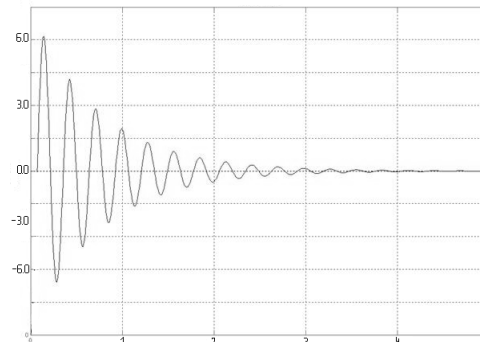


Рисунок 4 – Перехідний процес при короткому замиканні на відхідній лінії 35 кВ

Відключимо один з трансформаторів. Увімкнувши ШЗВ, переведемо живлення всіх секцій шин на робочий трансформатор і проведемо моделювання відповідних ситуацій для цього випадку.

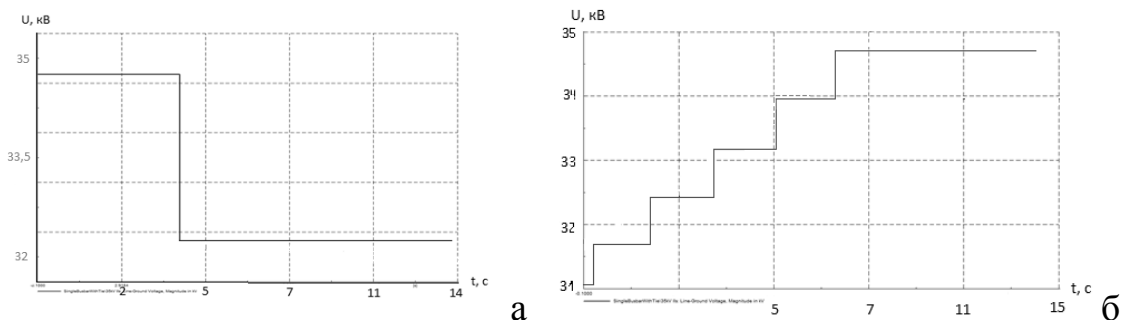


Рисунок 5 – а) зміна напруги при перевантаженні без РПН  
б) регулювання напруги трансформатором з РПН

В даному випадку необхідна більша кількість перемикачів відпайок РПН

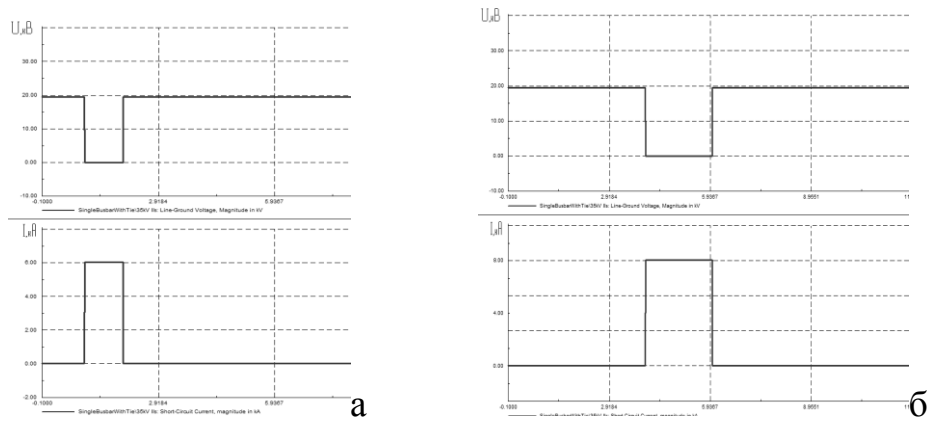


Рисунок 6 – а) спад напруги та стрибкоподібна зміна струму при КЗ на шині 35 кВ та ліквідація КЗ АПВ

б) спад напруги та стрибкоподібна зміна струму при КЗ на відхідній лінії 35 кВ та ліквідація КЗ АПВ

Аналогічно, для останньої ситуації отримаємо графік перехідного процесу (Рис. 7). Затухання струму КЗ відбувається за 2,5 сек.

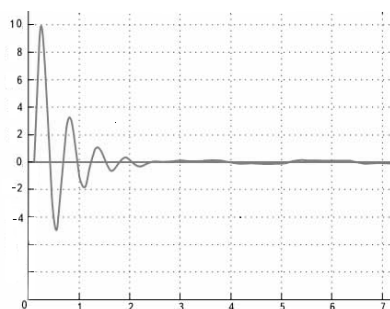


Рисунок 7 – Перехідний процес при короткому замиканні на відхідній лінії 35 кВ при відключенні одного з трансформаторів на підстанції

**Висновки:** при зміні напруги при перевантаженнях трансформатори з РПН автоматично і швидко змінюють коефіцієнт трансформації і відновлюють необхідний рівень напруги на шинах ПС. Відповідно, при КЗ повернення до нормального режиму відбувається за допомогою АПВ, яке при нестійкому КЗ спрацює через невелику витримку часу (<3сек.). Перехідні процеси при цьому мають значну амплітуду і затухають за час роботи АПВ.

#### Перелік посилань

1. Грабко В.В. Моделі і засоби регулювання напруги за допомогою трансформаторів з пристроями РПН. – УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. - 109с.
2. Справочник по проектированию электроэнергетических систем / В. В. Ершевич, А. Н. Зейлигер, Г. А. Илларионов и др.; Под ред. С. С. Рокотяна и И. М. Шапиро. – 3-е изд., перераб. и доп.- М.: Энергоатомиздат, 1985.- 352 с.
3. Лежнюк П.Д., Комар В.О. Регулювання напруги в електричних системах. Навчальний посібник МОН України, Вінниця: УНІВЕРСУМ - Вінниця, 2008 – 171 с.
4. PowerFactory. Руководство пользователя. DIgSILENT, PowerFactory. Версия 14.0. Gomaringen, Germany. Сентябрь 2011.- 1192с.