

регулюються завдяки регулюючим пристроям трансформаторів. Загальновідомо, що АТ використовуються замість триобмоткових трансформаторів з метою зменшення витрат на провідниковий матеріал і збільшення потужності передачі. Але на відміну від триобмоткових трансформаторів, які мають два пристрої регулювання (РПН і ПБЗ), АТ обладнанні лише одним – РПН.

В роботі досліджувалися режими роботи мережі 35 кВ (рис. 2) і 110 кВ (рис. 3).

В програмі PowerFactory [1] створена модель мережі (рис. 4), за допомогою якої виконується розрахунок режиму й оцінюються способи регулювання напруги.

За якими принципами виконується керування режимами роботи електричних систем? Вони добре відомі – це, звичайно, мінімум витрат на генерацію, передачу то споживання електроенергії. Їх називають технологічні втрати. Далі, це надійність роботи електричних систем. Вона визначається у відповідності з категорією надійності споживачів. Наступна – якість електроенергії, показники якої нормуються в технічних документах.

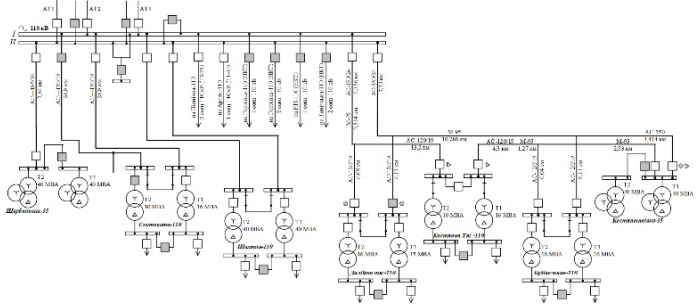


Рисунок 3 – Ділянка мережі

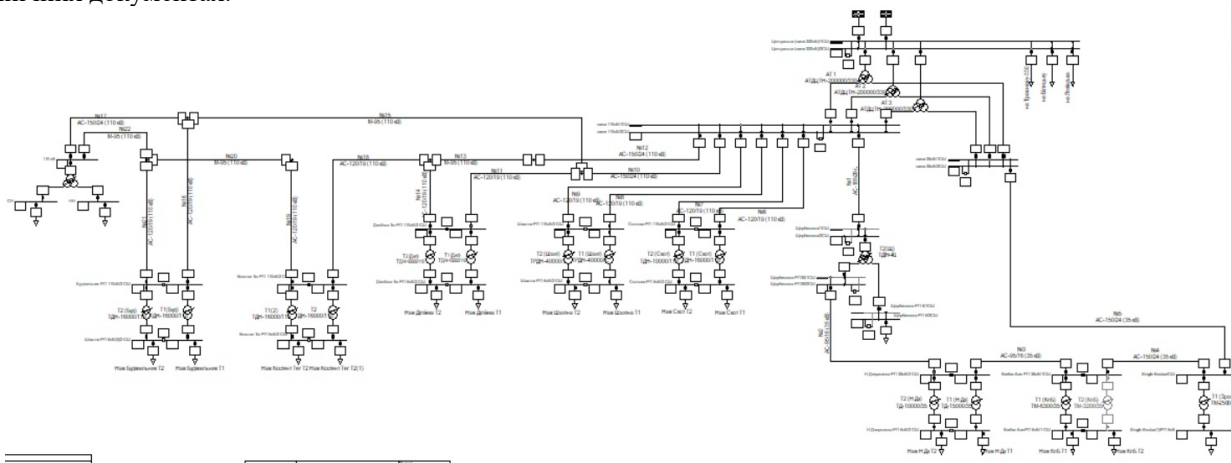


Рисунок 4 – Математична модель мережі 330/110/35 кВ

Розрізняють два поняття:

- якість електроенергії.
- електромагнітна сумісність.

Перший термін – є вузьким поняттям, він представляє електроенергію, як товар, якість якого залежить лише від підприємств, які нею забезпечують. Він розглядає відхилення двох параметрів режимів – частоти та напруги.

Другий термін – більш правильний. Він пояснює, що обладнання, яке функціонує в електричних системах, може створювати недопустимі перешкоди для іншого обладнання через спільну електричну мережу.

Останній термін прийнятий в діючих нормативних документах України, і він регулює параметри електроенергії. Тому актуальним є комплексний підхід до оцінки функціонуючої електричної мережі. На рис. 5 приведені основні типи завад, які можуть виникати в електричних мережах.

Наступне питання: чому виникають ці завади? Чому з кожним роком їх стає все більше?

Зрозуміло, що змінюється промисловість, склад споживачів. Зростає як їх енергоємність, так і їх густина.

Крім того, виникають нелінійні, несиметричні промислові споживачі в металургії, хімічній галузі, які впливають на показники режимів роботи електричних мереж.

Збитки, які виникають через неякісну електроенергію, вимагають компенсації. Тому тема роботи присвячена підвищенню якості електроенергії в функціонуючих електричних мережах є актуальною.

Так вже повелося в нашій країні, що надійність розподільних електричних мереж недооцінюється. Замислюватися починають лише тоді, коли: вдарить грім, розгуляється вітер, замате дороги, дерева впадуть на повітряні лінії, ожеледь на проводах й електрообладнанні, і т. і.. А після надзвичайної ситуації, яку ціною



Рисунок 5 – Основні типи завад

неімовірних зусиль вирішують, про розподільні електричні мережі знов забувають. Причина одна – нестача коштів у підприємств енергетичного сектора на реконструкцію та модернізацію обладнання. Тому як кажуть: а віз і нині там. Добре відомо, що реальний технічний стан більшості розподільних електричних мереж є незадовільним, що призводить до ще більш прискореного їх зносу. Стан розподільних електричних мереж можна змінити, якщо збільшити щорічні вливання грошових коштів на реновацію і розвиток розподільних електричних мереж. Фінансуються вони здебільшого за рахунок тарифів на електроенергію для споживачів, які як не сумно констатувати, не дають можливість повністю замінити обладнання, а дозволяють лише ремонтувати старе. Іншого результату не слід й очікувати, бо замість тих коштів, що потрібні, отримують значно менше. І так з року в рік. Тому тема модернізації обладнання підстанцій розподільних електричних мереж є актуальною.

Існує навіть індекси, які позначають надійність (рис. 6). Сучасні українські підприємства намагаються покращити ці показники.

Об'єднана енергосистема України (ОЕС) повинна якісно і надійно транспортувати електричну енергію з регіонів, де значна концентрація генерації (електричних станцій) до тих регіонів, де ця електроенергія споживається [2]. В наш час відбувається трансформація економіки країни, внаслідок якої, зростає частка відновлювальних джерел енергії (ВДЕ), тому змінюється географія генерації електроенергії.

В той же час, енергетичний сектор нашої країни характеризується високим ступенем зносу основного обладнання (60% і більше) і значними втратами електроенергії (до 20%). З урахуванням вище вказаного виникає реальна загроза системи енергетичної безпеки країни. Завдяки переосмисленню енергетичної політики зараз значна увага приділяється розвитку енергетики в наступних напрямках: по-перше, енергозабезпеченості, яка характеризує безперебійне постачання електричної енергії відповідної якості; по-друге, енергодоступності, яка характеризує енергоощадність електроенергії; й енергоприйнятності, яка характеризує мінімальний вплив енергетики на навколишнє середовище.

В роботі виконаний розрахунок як сталого режиму, так й аварійного. Для ділянки мережі напругою 110 кВ джерелом живлення є шини 110 кВ ПС Центральна, які працюють роздільно. Ділянка мережі 35 кВ – мережею з двобічним живленням. Першим джерелом є шини 35 кВ ПС Центральна, а другим – шини 35 кВ ПС Щербинівка, яка в свою чергу, живиться від другої системи шин 110 кВ ПС Центральна. Відомо, що за умовами обмеження струмів короткого замикання, мережі напругою 35 кВ не можуть працювати в режимі замкненої мережі. Тому на підставі розрахунків визначається точка економічного поточкорозподілу, в якій доцільно розмикати мережу в нормальному режимі, а на вимикачі передбачити пристрій автоматичного введення резерву (АВР).

Висновки.

В роботі виконано моделювання усталених й аварійних режимів. Обґрунтована оптимальна оперативна схема електричної мережі з метою покращення надійності електропостачання і забезпечення бажаного рівня напруги на шинах споживачів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.

1. DIgSILENT PowerFactory 15 User Manual Online Edition / DIgSILENT GmbH, Germany, 2013 – 1427 c

REFERENCES

1. DIgSILENT PowerFactory 15 User Manual Online Edition / DIgSILENT GmbH, Germany, 2013 – 1427 c

Надійшла до редколегії 27.10.2020

Рецензент: Нікіфоров А. П.

N. TIUTIUNNYK, G. SHEINA

State Institution of Higher Education “Donetsk National Technical University”

Analysis of voltage regulation devices. The paper considers an electrical substation with a voltage of 330/110/35 kV. Means of voltage regulation on the substation autotransformer are investigated. The paper considers the means of voltage regulation on autotransformers of the 330/110/35 kV substation to ensure uninterrupted power supply and the desired voltage level on the busbars of consumers. The choice of the optimal version of the on-load tap-changer of the autotransformer is shown. The electric network with voltage of 110 and 35 kV is considered. The power supply center is substation 330 kV. The connection between voltages is provided by three three-phase autotransformers of the ATDCTN-200000/330/110 type. Autotransformers are used instead of three-winding transformers to reduce the cost of conductive material and increase transmission power, but unlike three-winding transformers, they have only one voltage control device - load control regulation. Steady-state and emergency modes are investigated.

The PowerFactory program has created a network model, which is used to calculate the mode and evaluate the methods of voltage regulation. On the basis of calculations the point of economic flow distribution in which it is expedient to open a network in a normal mode, and on the switch to provide the device of automatic input of a reserve is defined. The principles of control of modes of operation of electrical systems are investigated: minimum costs for generation, transmission and consumption of electricity (technological losses), reliability of operation of electrical systems, quality of electricity. The purpose of this work is to substantiate the optimal operational scheme of the electrical network, the study of the modes of operation of the 330/110/35 kV network. The simulation of steady and emergency modes is performed in the work. The optimal operational scheme of the electric network is substantiated in order to improve the reliability of power supply and ensure the desired level of voltage on the busbars of consumers.

Keywords: *substation, autotransformers, electric network, voltage, steady modes, emergency modes, operational scheme.*