

МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ В СИСТЕМІ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ З ОЦІНКОЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВИМИКАЧА

Костерев М.В., д.т.н., проф., Максимчук С.Ю., магістрант
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел енергії

Вступ. Моделювання електромагнітних перехідних процесів є одним із головних завдань для вибору надійної схеми роботи електростанції та комутаційних апаратів. Схема трансформаторних з'єднань між генераторами і розподільчими пристроями основних напруг називається структурною схемою. Вона показує розподіл генераторів між РП різних напруг і зв'язки між РП. В головній електричній схемі виділяють електричну схему власних потреб (ВП) станції [1].

Структурну схему електричної частини електростанції необхідно вибирати на основі техніко-економічних варіантів розрахунків. Проектована станція є ТЕЦ, головною особливістю якої є наявність збірних шин генераторної напруги, до яких приєднані генератори ТЕЦ, живлячі місцевий район електричного навантаження.

Сучасні електричні станції – це важкі технічні підприємства, вартість, яких становить мільйонів доларів, тому забезпечення ефективності капіталовкладень в їх спорудження доволі значні для народного господарства.

При експлуатації електростанцій і інших електроустановок у них досить часто виникають короткі замикання, які є одним з основних факторів порушення нормального режиму роботи електроустановки й енергосистеми в цілому. Струми КЗ із урахуванням дії пристроїв релейного захисту звичайно існують незначний час ($0,05 < t < 5\text{с}$), але їх потрібно ретельно розраховувати, оскільки через їх термічну й динамічну дію можливі серйозні ушкодження електроустаткування й провідників.

Струми КЗ розраховуються з метою вибору електричних апаратів і перевірки їх на динамічну й термічну стійкість; перевірки комутаційних апаратів на здатність, що відключає, а також для вибору уставок релейного захисту й пристроїв автоматики. Розрахунок струмів КЗ і вибір електричних апаратів становить основний зміст другого розділу роботи.

Струм при короткому замиканні може перевищити номінальний струм в ланцюзі у багато разів. У таких випадках ланцюг повинен бути розірваним раніше, ніж температура струмоведучих елементів досягне небезпечних значень. Для захисту обладнання від перегріву і попередження займання у ланцюг включаються апарати захисту (плавкі запобіжники, автоматичні вимикачі), а також налаштовується релейний захист (РЗ), який подає сигнал на відключення вимикачів та спрацювання різного допоміжного обладнання [2].

Часто причиною пошкоджень в електричній частині електроустановок є некваліфіковані дії обслуговуючого персоналу. При виникненні коротких замикань в системі її загальний опір зменшується, що призводить до збільшення струмів в її гілках порівняно з струмами нормального режиму, а це

викликає зниження напруги окремих точок енергосистеми, яке особливо велике поблизу місця короткого замикання. Залежно від місця виникнення і тривалості ушкодження його наслідки можуть мати місцевий характер або відбиватися на всій енергосистемі.

Якщо коротке замикання відбувається у системі власних потреб (ВП) електричної станції, то це є серйозною аварією в електричній частині, яка може призвести до зупинки енергоблоку[3].

Таким чином, наслідки коротких замикань наступні [5]:

1. Механічні та термічні пошкодження електрообладнання.
2. Займання в електроустановках.
3. Зниження рівня напруги в мережі, що веде до зменшення обертаючого моменту електродвигунів, їх гальмування, зниження продуктивності або навіть до їх зупинки.
4. Випадання із синхронізму окремих генераторів, електростанцій і частин електричної системи та виникнення аварій, включаючи системні аварії.
5. Електромагнітне вплив на лінії зв'язку, комунікації тощо.

Аналіз літературних джерел та постановка задачі. Аналізу струмів короткого замикання присвячено чимало робіт(наукових досліджень). У даній роботі розглядається поняття зворотного струму при КЗ від асинхронних електродвигунів, які доповнюють основний струм та мають великий вплив на динамічну стійкість комутаційних апаратів.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи являється моделювання перехідного процесу при КЗ, з використанням генератора випадкових чисел для задання різних початкових значень E_E, X_E, X_{TP} та проведення 120 ітерацій розрахунків. Основним завдання після отримання різних варіантів розвитку ситуації та оцінки реального технічного стану вимикача є визначення надійності роботи схеми власних потреб електростанції та імовірності ризику виникнення аварійної ситуації при відмові обладнання.

Моделювання електричної станції із КЗ на шинах власних потреб.

Розглянемо наступну схему блоку електричної станції зображену на рисунку 1.

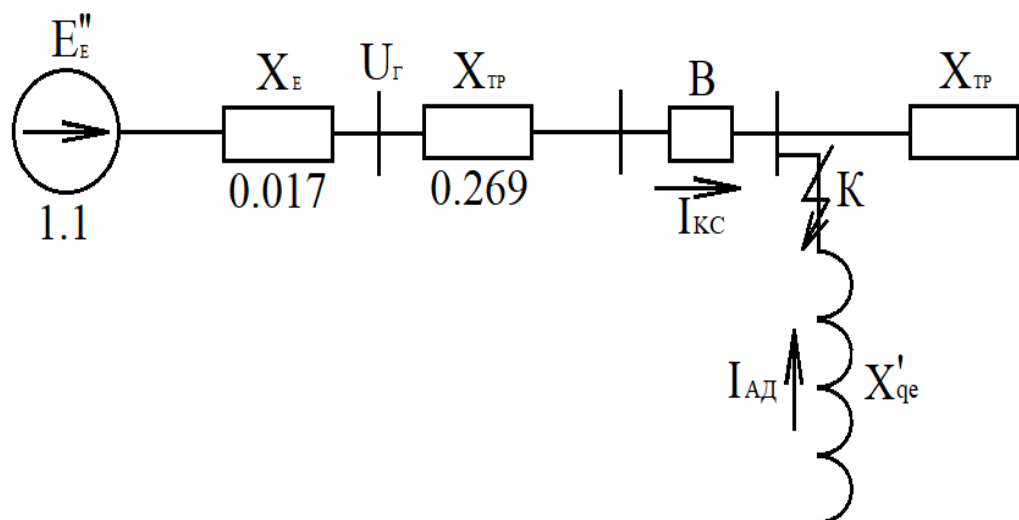


Рисунок 1 – Схема блоку електростанції

Початкове значення періодичної складової струму КЗ від електродвигуна визначається за аналогією з синхронними генераторами за виразом [5]:

$$I_{п,0,д} = \frac{E''_{\Phi}}{x''_d},$$

Величини E''_{Φ} і x''_d не задаються в каталогах, але у них вказується кратність пускового струму двигуна $I_{*пуск}$, рівна відношенню пускового струму $I_{пуск}$ до його номінального струму $I_{ном}$. Пряме включення електродвигуна в мережу розглядається в теорії електричних машин як КЗ за опором x''_d . На цій підставі в практичних розрахунках приймають:

$$I_{п,0,д} = I_{пуск} = I_{*пуск} * I_{ном}.$$

На відміну від генераторів запас електромагнітної і кінетичної енергії електродвигунів малий і періодична складова струму КЗ, створювана ними, швидко згасає:

$$I_{п,t,д} = I_{п,0,д} * e^{\frac{-1}{T'_d}},$$

де T'_d - постійна часу загасання струму КЗ (періодичної складової) від електродвигунів.

Аперіодична складова струму КЗ від електродвигуна описується звичайним виразом:

$$i_{a,t,д} = \sqrt{2} * I_{п,0,д} * e^{\frac{-1}{T_{A,д}}},$$

де $T_{A,д}$ – постійна часу затухання аперіодичного струму для ланцюга струму.

Ударний струм від двигуна:

$$i_{уд} = \sqrt{2} * I_{п,0,д} * k_{уд},$$

де $k_{уд}$ - ударний коефіцієнт, який визначається звичайним шляхом за відомим $T_{A,д}$.

Ударний струм КЗ:

$$i_y = i_{y,c} + i_{y,д} = \sqrt{2}I_{п,0,c}k_{y,c} + \sqrt{2}I_{п,0,д}k_{y,д}.$$

На основі спостережень по вимірювальним, діагностичним пристроям, історії експлуатації, огляду об'єкта встановлюється наявність ознак, які характеризують технічний стан об'єкту.

Кожна ознака визначається множиною дискретних значень $X_l = \{x_1, \dots, x_n\}$, $l = T, K$.

Ці ознаки в термінах теорії нечітких множин називаються лінгвістичними змінними.

Наприклад:

$A_1 = \langle \text{механічний ресурс вимикача} \rangle$

$A_2 = \langle \text{комутаційний ресурс вимикача} \rangle$

$A_3 = \langle \text{tg}\delta \text{ вводів вимикача} \rangle$

Під час діагностики було встановлено, що вимикач не придатний для подальшої роботи через незадовільний стан ізоляції вводів і був виведений в ремонт. Виконали оцінку технічного стану вимикача та перевірку на динамічну стійкість по сумарних струмах.

Висновок. В умовах реально існуючої моделі блоку електростанції, проведено моделювання струмів короткого замикання та оцінку технічного стану вимикача, розглянуто зворотній струм від асинхронних двигунів, вони досягають 38% струму від енергосистеми. Тому дуже важливо постійно слідкувати за станом вимикача для того щоб мінімізувати ризики виникнення аварійної ситуації при відмові обладнання, що може призвести до зупинки блоку.

Перелік посилань

1. Питання побудови нечітких моделей оцінки технічного стану об'єктів електричних систем: моногр. / М.В. Костерев, Є.І. Бардик.-К.:НТУУ "КПІ", 2011.-148с. українською мовою
2. Бардик Є.І., Костерев М.В., Літвінов В.В. Нечітке моделювання технічного стану високовольтних вимикачів енергосистем// Наукові вісті НТУУ "КПІ", 2011, №1.-с.12-18.
3. Костерев М.В., Бардик Є.І., Літвінов В.В. Нечітко-статистичний підхід до оцінювання експлуатаційної та режимної надійності об'єктів підсистем електроенергетичної системи // Наукові праці ДНТУ. Серія "Електротехніка і енергетика". - 2013, №1.-с.122-128.
4. Веников В.А. Электромеханические переходные процессы в электрических системах. – М.,Госэнергоиздат, 1958.
5. Сыромятников И.А. Режимы работы асинхронных и синхронных электродвигателей / И.А. Сыромятников. – М.: Госэнергоиздат, 1963. – 527 с.