

УДК 621.647.1:621.316.1

В.С. Дзюбан, перший зам. директора дирекції ЗАТ „Донецьксталь” -
металургійний завод”, докт. техн. наук, проф.,

А.В. Горохов, начальник сектора електрообладнання ОС ТОВ
«ТЕСКО» (м. Київ),

С.А. Руссіян, асистент

ДВНЗ „Донецький національний технічний університет”

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ДІЛЬНИЧНОЇ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ ШАХТИ НА СТІЙКІСТЬ РОБОТИ АПАРАТА АЗУР-5 ПРИ КОМУТАЦІЇ КАБЕЛЬНОГО ВІДГАЛУЖЕННЯ

Досліджено вплив процесів в електромережі дільниці шахти при комутації кабельного відгалуження на параметри стійкості функціонування апарата захисту від струмів витоку на землю

шахтна електрична мережа, виток струму на землю, апарат захисту, процес комутації, електричні параметри, дослідження

Постановка задачі та її актуальність. У вугільній промисловості України почався процес переведення систем електропостачання дільниць шахт на більш високий рівень номінальної напруги із 1140 В на 3,3 кВ. Цей крок обумовлений необхідністю підвищення енергетичних показників шахтних дільничних електричних мереж, а також актуальністю зменшення енерговитрат в елементах системи електропостачання. Однак, запровадження мережевої напруги більш високого номінального рівня ускладнює задачі дотримання заданих нормативних параметрів електробезпеки експлуатації шахтних дільничних електротехнічних комплексів і потребує корекції параметрів засобів захисту від електроураження. Однією з основних задач у цьому напрямі є мінімізація кількості хибних спрацьовувань апаратів захисту (АЗ) від витоків струму на землю, обумовлених комутаційними перехідними процесами в дільничній мережі. Це потребує додаткових досліджень з метою створення наукової бази при вирішенні питань удосконалення функціональних властивостей АЗ як на етапі проектування вказаних пристроїв захисту, так і при модернізації вже існуючих.

Аналіз досліджень і публікацій. Результати досліджень перехідних процесів у дільничних електричних мережах, що впливають на роботу апаратів захисту від витоків струму на землю, розглянуті в [1; 2]. Ці дослідження проводилися стосовно до електричних мереж,

переважно, при напрузі 660 В і в подальшому поширені на мережі з напругою 1140 В. При напрузі 3,3 кВ істотно змінилася система захисту та приєднання АЗ до мережі, зокрема комутаційний апарат АЗ підключається до обмоток силового трансформатора. Це дозволяє підключити апарат захисту до нульової точки трансформатора, а не до фаз мережі. Забезпечення необхідної швидкодії 50 мс [2] вирішується запровадженням додаткового виконавчого органу і т. д. У цілому, створюється структура принципово нового засобу захисту від витоків струму на землю в шахтній дільничній мережі напругою 3,3 кВ – апарату АЗУР–5, схема якого має суттєві відмінності від схем АЗ серій АЗУР–1 та АЗУР–4 і потребує додаткових досліджень щодо впливу на неї комутаційних перехідних процесів дільничної мережі.

Постановка задачі. Задачею досліджень є аналіз особливості впливу факторів, обумовлених конфігурацією електромережі дільниці шахти, на зміну оперативного параметра апарата захисту від витоків струму на землю типу АЗУР-5 при комутації кабельного відгалуження.

Основний матеріал і результати дослідження. Структура електротехнічного комплексу передбачає його електроживлення в режимі ізольованої нейтралі напругою 3,3 кВ частоти 50 Гц і представлена схемою заміщення (рис. 1). Схема передбачає наступні структурні елементи: А1 – вторинна обмотка дільничного трансформатора, ємність мережі і коло однофазного витоку струму на землю; А2 – компенсуючий дросель; А3 – вимірювальне коло апарата захисту від витоку струму на землю АЗУР-5.

Отже, об'єктом дослідження є процеси зміни електричних параметрів у вимірювальному колі апарата АЗУР – 5 які мають місце за умови впливу процесів комутації силових приєднань мережі. Це потребує дослідження відповідної математичної моделі. В процесі її створення мають бути визначені вузли схеми і прийняті наступні співвідношення між потенціалами відповідних точок (1-7):

$$\varphi_1 > \varphi_1 > \dots > \varphi_7. \quad (1)$$

Згідно законів Кірхгофа, диференційне рівняння, що описує фрагмент А1 має вигляд:

$$\frac{du_{12}}{dt} = \frac{1}{C_A + C_B + C_C} \left(i_6 - \frac{u_{12} + u_m \sin(\omega t - \frac{4\pi}{3})}{R_{\text{до}}} - u_m \omega (C_A \cos(\omega t) + C_B \cos(\omega t + \frac{2\pi}{3}) + C_C \cos(\omega t - \frac{4\pi}{3})) \right) \quad (2)$$

Різниця потенціалів між вузлами 1 - 3 визначається виразом:

$$u_{13} = \varphi_1 - \varphi_3 = -L_K \frac{di_6}{dt} - R_K i_6, \quad (3)$$

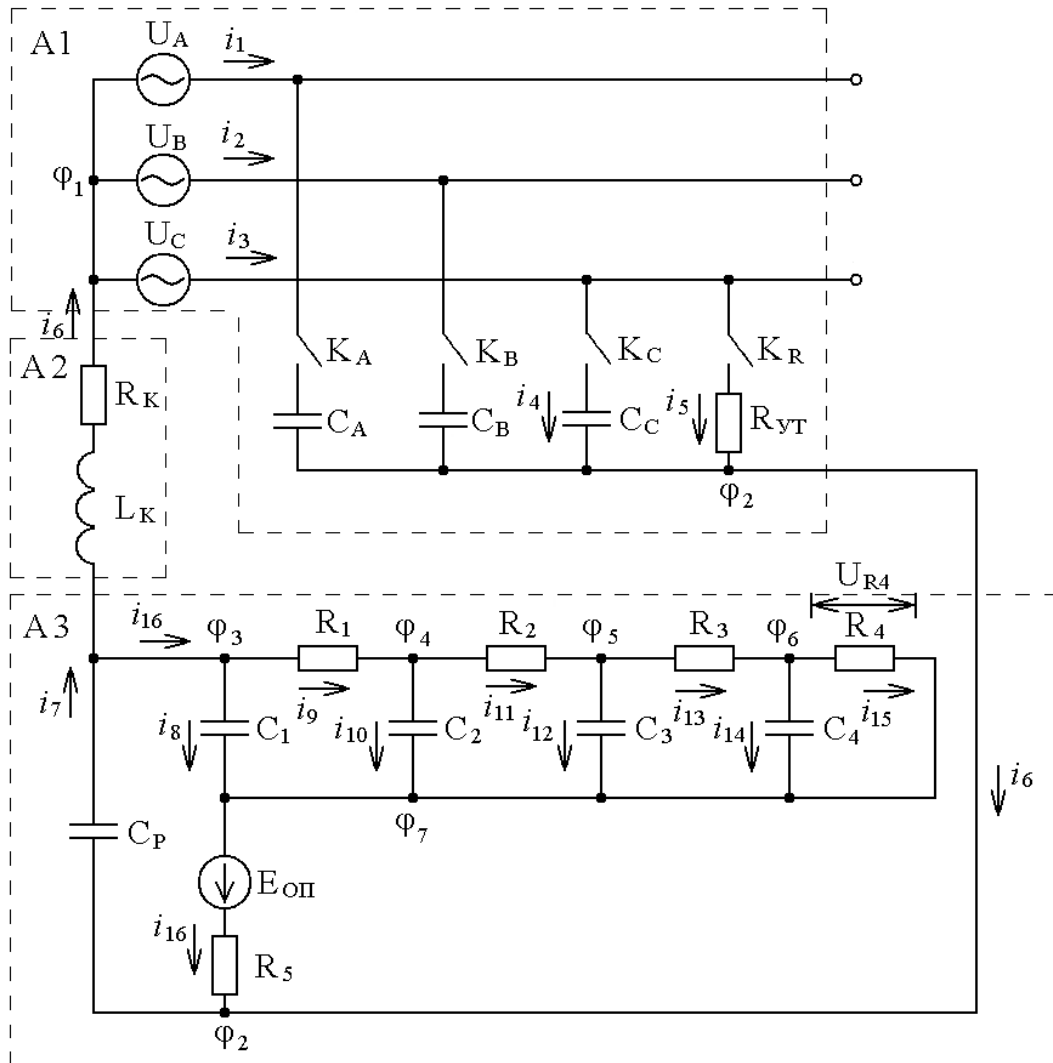


Рисунок 1 - Схема заміщення шахтної дільничної електромережі напругою 3,3 кВ з апаратом захисту від витоків струму на землю АЗУР-5

Таким чином, миттєві значення струму i_6 можуть бути виражені через параметри дроселя приєднання АЗУР-5 до мережі (фрагмент А2):

$$\frac{di_6}{dt} = \frac{-u_{13} - R_K i_6}{L_K} \quad (4)$$

Математичний опис вимірювальної частини АЗУР-5 (фрагмент А3) визначається системою диференціальних рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{du_{23}}{dt} = \frac{1}{C_p} \left(i_{\bar{i}} + \frac{E_{\bar{i}\bar{i}} - u_{23} - u_{37}}{R_{\bar{i}\bar{i}}} \right); \\ \frac{du_{37}}{dt} = \frac{R_1(E_{\bar{i}\bar{i}} - u_{23}) - u_{37}(R_1 + R_{\bar{i}\bar{i}}) + R_{\bar{i}\bar{i}} u_{47}}{C_1 R_1 R_{\bar{i}\bar{i}}}; \\ \frac{du_{47}}{dt} = \frac{u_{37}R_2 + u_{57}R_1 - u_{47}(R_1 + R_2)}{C_2 R_1 R_2}; \\ \frac{du_{57}}{dt} = \frac{u_{47}R_3 + u_{67}R_2 - u_{57}(R_2 + R_3)}{C_3 R_2 R_3}; \\ \frac{du_{67}}{dt} = \frac{u_{57}R_4 - u_{67}(R_3 + R_4)}{C_4 R_3 R_4}. \end{array} \right. \quad (5)$$

Вирази (2), (4), (5) являють собою математичну модель шахтної дільничної електромережі з апаратом захисту від витоків струму на землю АЗУР-5.

Прийmemo наступні припущення:

- у мережі діє лінійна трифазна номінальна напруга 3,3 кВ (діюче значення), частотою 50 Гц;
- активний опір ізоляції кабелю $R_{\infty} = 105$ кОм/фазу;
- ємність ізоляції мережі - 0,15 мкФ/фазу.

Результати моделювання дозволили отримати діаграми зміни напруги на резисторі R4 оперативного кола апарату захисту (контрольований параметр), обумовленого комутаційним перехідним процесом (рис. 2).

Аналіз графіка показує що одночасне відключення дільниці мережі ємністю 0,15 мкФ/фазу з однофазним витокм 105 кОм обумовлює перевищення напруги спрацьовування на вимірювальному елементі тривалістю, приблизно, 170 мс і, як наслідок, виникнення хибного спрацьовування апарату захисту. Одним з варіантів подолання цього ефекту є створення затримки реакції пристрою на підвищення напруги на реагуючому елементі. Однак, затримка на цей час свідомо суперечить вимогам [1]. У цьому випадку більш прийнятним рішенням може стати підвищення рівня оперативної напруги, і як наслідок, підвищення рівня оперативного струму. З характеру кривої напруги на вимірювальному елементі впливає, що миттєве значення напруги не суттєво перевищує поріг спрацьовування пристрою. Отже, досить на декілька відсотків від існуючого рівня підвищити оперативну напругу, щоб уникнути

помилкових спрацьовувань, викликаних комутаційним перехідним процесом у дільничній мережі шахти. У випадку застосування в апаратах захисту в режимі блокувального реле витоків та у режимі безперервного контролю ізоляції одного й того ж самого джерела оперативної напруги, необхідно обрати цей рівень мінімально можливим, щоб уникнути порушення параметрів іскробезпеки та вимог до сили вимірювального струму.

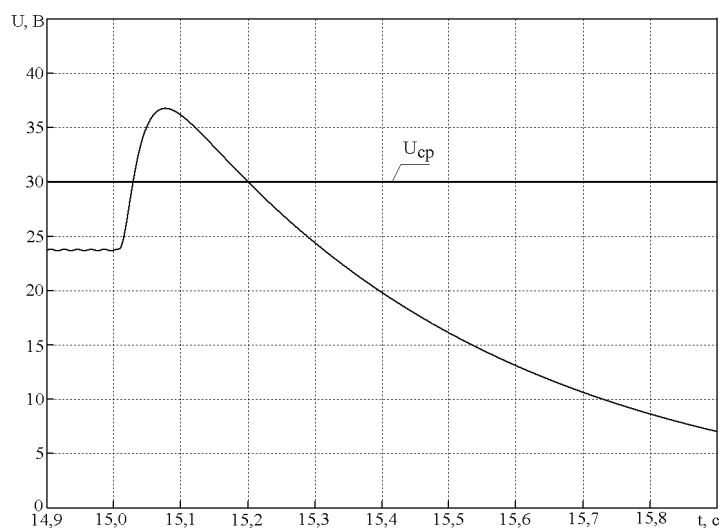


Рисунок 2 - Діаграма напруги на вимірювальному елементі апарату захисту від витоків струму на землю при відключенні відгалуження

Висновки і напрями подальших досліджень. Методами математичного моделювання встановлена принципова спроможність виклику хибного спрацьовування апарату захисту від витоків струму на землю в дільничній мережі напругою 3,3 кВ при комутаційному перехідному процесі, обґрунтована доцільність вживання додаткових заходів із перешкоджання вказаній функції впливу. Одним з них може бути підвищення оперативної напруги АЗ на декілька відсотків у порівнянні з існуючим рівнем, що не призведе до порушення параметрів іскробезпеки та вимог до сили вимірювального струму засобу захисту від витоків струму на землю в шахтній дільничній мережі номінальною напругою 3,3 кВ.

У подальшому є доцільним виконання експериментальних досліджень з метою підтвердження дієздатності запропонованих технічних рішень із забезпечення стійкості роботи апарату АЗУР-5 при комутаційних перехідних процесах в шахтній дільничній електричній мережі напругою 3,3 кВ.

Список літератури

1. Дзюбан В.С. Взрывозащищенные аппараты низкого напряжения / Дзюбан В.С. – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 240 с.
2. Требования к изготовлению рудничного взрывозащищенного электрооборудования на напряжение 3(3,3) кВ. Министерство угольной промышленности Украины – Макеевка, 2007. – 30 с.

В.С.Дзюбан, А.В. Горохов, С.А. Руссиян. Влияние параметров участковой электросети шахты на устойчивость работы аппарата АЗУР-5 при коммутации кабельного ответвления. Исследовано влияние процессов в электросети участка шахты при коммутации кабельного ответвления на параметры устойчивости функционирования аппарата защиты от утечек на землю.

шахтная электрическая сеть, утечка тока на землю, аппарат защиты, процесс коммутации, электрические параметры, исследования

V. Dzyuban, A. Gorohov, S. Russijan. Influence of parametres of local mining electrical grid to stability of functioning of the device AZUR-5 in case of commutation of cable branch. Processes which take place in the local mining electrical grid if cable branch is switch on to this system, are considered, also their influence on stability of functioning of the device for protection against leakage currents is investigated

mining electrical grid, leakage current, device for protection, commutational processes, electrical parametres, analyse

Стаття надійшла до редакції 21.04.2011 р.

Рецензент: проф. каф. ГЕА ДонНТУ д-р техн. наук, проф.

Є.Б.Ковальов

© Дзюбан В.С., Горохов А.В., Руссиян С.А., 2011

В.С. Дзюбан,
перший зам. директора дирекції
ЗАТ „Донецьксталь” - металургійний завод”,
докт. техн. наук, проф.,

А.В. Горохов, начальник сектора
електрообладнання ОС ТОВ «ТЕСКО» (м. Київ),

С.А. Руссіян, асистент
ДВНЗ „Донецький національний технічний університет”