

ОБГРУНТУВАННЯ ПРИНЦИПУ ДВОБІЧНОГО ЗНЕСТРУМЛЕННЯ МІСЦЯ УШКОДЖЕННЯ КАБЕЛЯ ЖИВЛЕННЯ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

Дулін І.А., студент; Ковальова І.В., ст.преп., к.т.н.

(ГВУЗ «Донецький національний технічний університет», м. Донецьк, Україна)

В процесі експлуатації шахтного рудникового електрообладнання можливі часті механічні ушкодження гнучких кабелів живлення, що може призвести до виникнення одного з найнебезпечніших аварійних станів у шахті – короткого замикання (к.з.) Величина струму к.з. може досягти декількох тисяч Ампер. А існуюча тенденція до підвищення номінальної напруги живлення та зниження електричного опору силових кіл електрообладнання ще більш сприяє збільшенню струмів к.з. Виділена при цьому теплова енергія може не тільки призвести до пошкодження електрообладнання, але й викликати пожежу або вибух метано – повітряної суміші.

Існуючі технічні рішення (МСЗ, реле витоків та ін.) передбачають певний термін спрацьовування захисту, відповідно до нормативних документів [1], однак, після захисного відключення напруги живлення струмопостачання аварійного силового приєднання буде підтримуватись зворотною ЕРС обертання асинхронних двигунів (АД) раніш ввімкнених споживачів, які переходять до режиму вибігу. В небезпечних умовах шахти цей термін струмопостачання доцільно максимально зменшити.

Цим вимогам відповідає технічне рішення, дія якого основана на роз'єднанні трифазної схеми статора за наявності струму у штучно створеному колі визначення оперативного параметру (ЛВП) між статором двигуна і його заземленим металевим корпусом [2]. Схема ЛВП утворена послідовним з'єднанням конденсаторів $C3 - C4$ і діода $VD1$, що забезпечує: підтримання режиму ізольованої нейтралі мережі за відсутності ушкодження кабелю живлення АД; унеможливлення протікання постійного струму, включаючи оперативний струм дільничного апарата захисту від витоків струму на землю, тобто не впливає на його працездатність.

Функції пристрою знеструмлення кабелю (ПЗК) можуть бути реалізовані схемою, яка наведена на рис. 1.

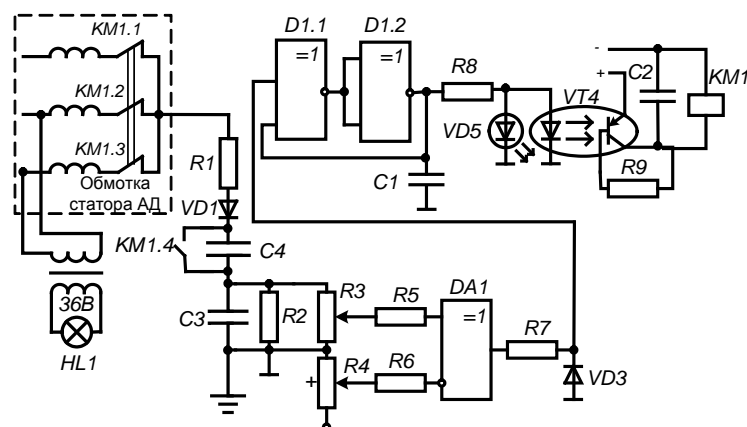


Рисунок 1 – Принципова електрична схема пристрою ПЗК

При подачі напруги у коло статора асинхронного двигуна, загоряється лампа $HL1$, що свідчить про ввімкнення пристрою ПЗК. В момент виникнення ушкодження в кабелі живлення АД створюється імпульс напруги обмеженої тривалості на резисторі $R1$, достатній для приведення в дію реагуючого органу засобу відокремлення зворотного енергетичного потоку асинхронного двигуна, за рахунок чого напруга у конденсаторі $C3$ перетворюється у

пропорційну напругу на резистор $R2$ і порівнюється із уставкою мінімального рівня, що знімається з резистора $R4$. За наявності струму в колі конденсатора $C3$, компаратор $DA1$ формує логічну «одиницю», яка запам'ятовується тригерною ланкою $DI.1 - DI.2$ і через оптрон $VD4$ вмикає проміжкові реле, яке своїми контактами вмикає силовий комутаційний апарат $KM1$. Конденсатор $C2$ задіяний для затримки на відключення цього реле на невеликий термін, достатній для гасіння зворотного енергетичного потоку АД. При цьому загоряється світлодіод $VD5$, який свідчить про спрацювання пристрою. Повернення ПЗК до початкового стану здійснюється розрядом конденсатора $C4$ шляхом замикання слаботочного контакту $KM1.4$ силового комутаційного апарату.

Процеси, що відбуваються в мережі АД при ушкодженні в кабелі живлення, а також при спрацюванні ПЗК можуть бути досліджені засобами комп'ютерного моделювання. Скористаємося розширенням SimPowerSystem системи MATLAB.

На рис. 2 представлена відповідна SimPowerSystem-модель, що складається з наступних частин:

1. Вторинна обмотка рудничної трансформаторної підстанції - ТСВП-630 ($R_{тр} = 0,017\text{ Ом}$, $X_{тр} = 0,0776\text{ Ом}$);
2. Кабельна лінія довжиною 200 м (кабель марки КГЕШ 3*50, $R_k = 0,394\text{ Ом/км}$, $L_k = 0,26 \cdot 10^{-3}\text{ Гн/км}$, $C_k = 0,67 \cdot 10^{-6}\text{ Ф/км}$);
3. Асинхронний двигун (1ЭКВ3,5-200, $U_n = 660\text{ В}$, $P_n = 200\text{ кВт}$);
4. Автоматичний вимикач ($t_{ср} = 2\text{ мс}$);
5. Резистори $R1-R3 - 20000\text{ Ом}$, резистор $R4 - 2000\text{ Ом}$;
6. Ємність $C1 - 0,5 \cdot 10^{-6}\text{ Ф/км}$, $C2 - 0,60 \cdot 10^{-6}\text{ Ф/км}$.

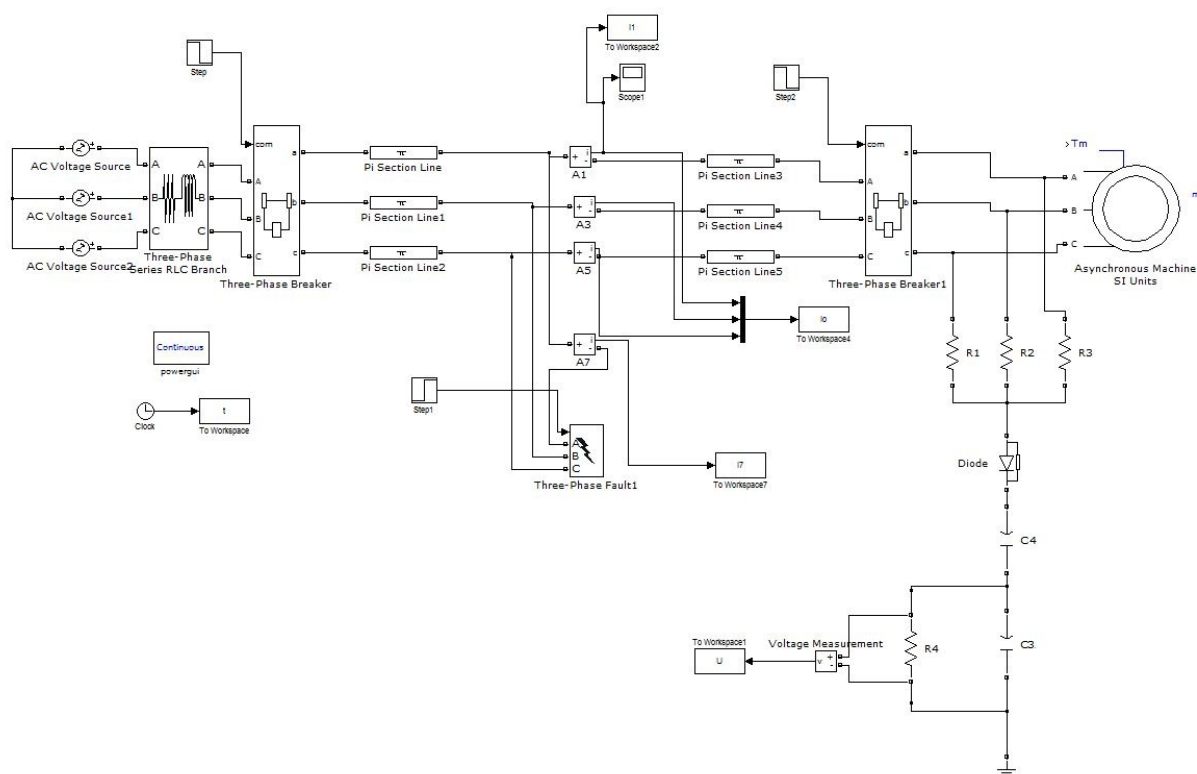


Рисунок 2 – SimPowerSystem – модель дільничної мережі з пристроєм ПЗК

Були промодельовані 2 види к.з. і отримані відповідні залежності зміни струму в місці ушкодження (з урахуванням захисного усунення зворотних енергетичних потоків та без):

1. Однофазне к.з. (фаза А) на землю – струм к.з. в колі замикання вимірний – амперметром А7 (рис. 3);
2. Двофазне к.з. між фазами А і В - струми к.з. виміряні: у фазі А – амперметр А1, у фазі В – амперметр А3, та фазі С – амперметр А5 (рис. 4).

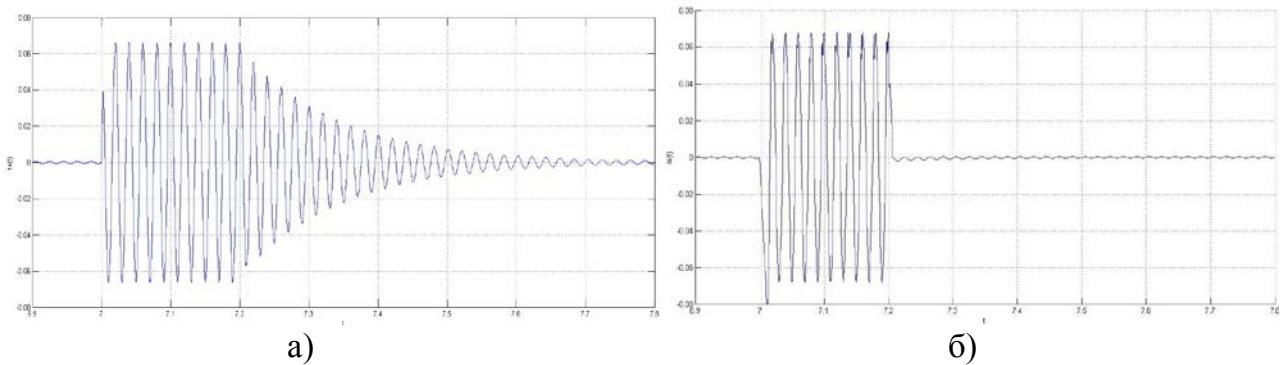


Рисунок 3 – струм к.з. в аварійному колі при однофазному к.з. фази А на землю (амперметр А7): а) без спрацьовування ПЗК; б) із спрацьовуванням ПЗК

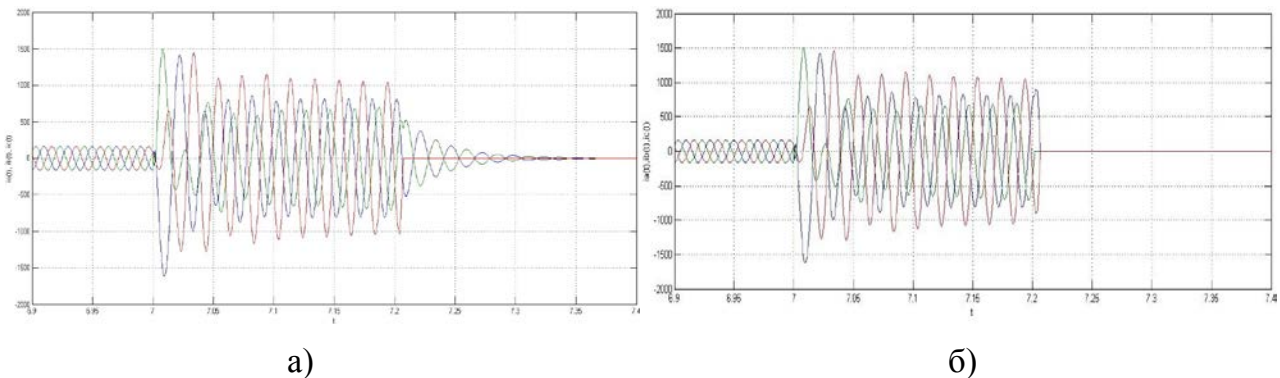


Рисунок 4 – струм к.з. у фазах А, В, С при двофазному к.з. між фазами А і В на землю (амперметри А1, А3, А5): а) без спрацьовування ПЗК; б) із спрацьовуванням ПЗК

Також був отриманий інформаційний сигнал у вимірювальному колі пристрою ПЗК (напруга на резисторі R_2) в разі виникнення вказаних аварійних станів (рис. 5).

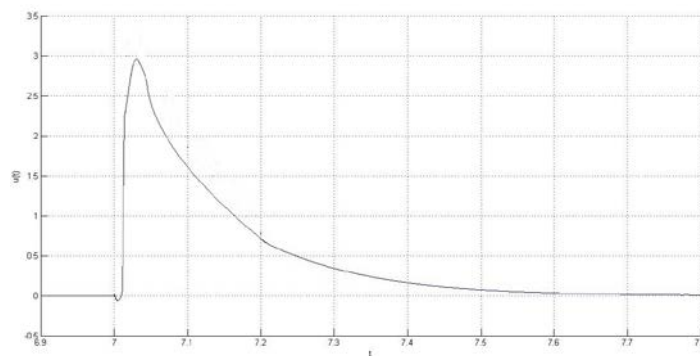


Рисунок 5 – Інформаційний сигнал у вимірювальному колі пристрою ПЗК

Отримані залежності (рис. 5) свідчать про здатність запропонованого пристрою ПЗК своєчасно виявляти виникнення аварійного стану к.з., а захисне усунення зворотних енергетичних потоків АД пристроєм ПЗК дозволяє істотно зменшити час протікання аварійного процесу (рис. 3,4).

Перелік посилань

1. Правила безпеки у вугільних шахтах: затверджено наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду 22.03.2010 N 62. – К., 2010.
2. Патент на КМ 73720 (UA), МПК (2006.01) H02H 3/08 Пристрій захисту від впливу зворотного енергетичного потоку асинхронного двигуна на точку ушкодження в кабелі живлення / К.М. Маренич, І.В. Ковальова, І.О. Лагута – у 2012 01848. Заявл. 20.02.2012. Опубл 10.10.2012. Бюл. №19.