

І. В. Ковальова, канд. техн. наук

## КОНТРОЛЬ СТАНУ ВІДКЛЮЧЕНОЇ ОБМОТКИ ДВОШВИДКІСНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГУНА ТА УПРАВЛІННЯ ЗАХИСНИМ ВІДКЛЮЧЕННЯМ

*Досліджено та проаналізовано процеси у відключеній обмотці двошвидкісного асинхронного двигуна у разі виникнення кола витoku струму на землю. Обґрунтовано принцип реалізації функції управління захисним усуненням ЕРС у відключеній обмотці шляхом визначення інформаційного сигналу у додатковому ємнісно-резистивному приєднанні між заземленим корпусом асинхронного двигуна та його обмоткою статора з подальшим роз'єднанням її трифазної схеми.*

### Вступ

У гірничій промисловості широко застосовуються двошвидкісні асинхронні двигуни (АД) в складі електропривода скребокoвих конвеєрів, що дозволяє отримати номінальний та знижений фіксовані рівні кутової швидкості. Однак наявність двох відокремлених обмоток на одному магнітопроводі створює трансформаторний ефект у разі включення однієї з обмоток, що може призвести до виникнення такого небезпечного стану, як електроураження людини в разі торкання фази відключеної обмотки статора.

У складі електромережі шахтної ділянки обов'язково застосовуються технічні засоби захисту людини від ураження електричним струмом — діляничні рудникові апарати захисного відокремлення кола витoku струму на землю (АЗУР). Їх захисна функція полягає у швидкому визначенні витoku струму на землю та наступному захисному відключенні електромережі з боку діляничної трансформаторної підстанції (КТП), а також обмеженні кількості електрики, що проходить через тіло людини, на рівні не більше ніж 50 мА·с. Однак їх дія не розповсюджується на контроль стану відключеної обмотки статора двошвидкісного двигуна через відсутність електричного зв'язку між обмотками (рис. 1). У зв'язку з цим наукова і практична актуальність полягає у визначенні рівня небезпеки електроураження людини від трансформаторної ЕРС відключеної обмотки статора двошвидкісного АД.

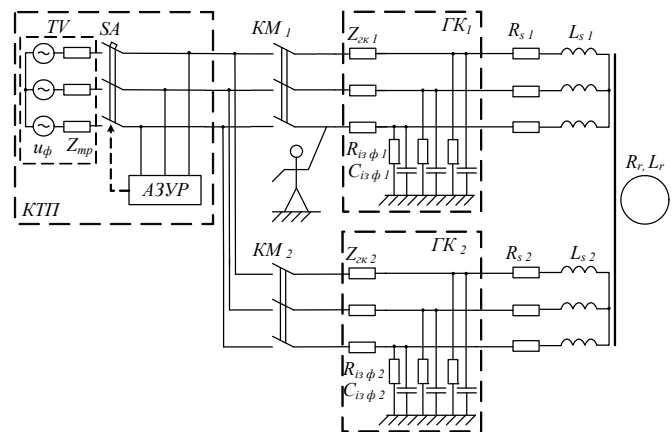


Рис. 1. Електротехнічний комплекс шахтної ділянки із двошвидкісним асинхронним двигуном

У зв'язку з цим наукова і практична актуальність полягає у визначенні рівня небезпеки електроураження людини від трансформаторної ЕРС відключеної обмотки статора двошвидкісного АД.

### Результати досліджень

В умовах лабораторного стенду отримано діаграми зміни ЕРС АД типу ЕДКВФ-315М4 (рис. 2) у відключеній обмотці статора у разі електроживлення іншої. Так, під час роботи двигуна з номінальною кутовою швидкістю в обмотці зниженої швидкості (ОЗШ) генерується трифазна ЕРС, яка представляється двома складовими: високочастотною з частотою  $f_1 = 1650$  Гц, амплітудою  $U_{m1} \approx 142$  В та несучою з частотою  $f_2 = 143$  Гц, амплітудою  $U_{m2} \approx 200$  В (див. рис. 2а). У разі підключення ОЗШ до мережі живлення в обмотці номінальної швидкості (ОНШ) генерується ЕРС частотою  $f = 650$  Гц (див. рис. 2б) [1].

Застосування розгалуженої мережі гнучких кабелів в умовах гірничого підприємства створює передумови для їх механічного ушкодження, що може призвести до електротравматизму

людини у разі торкання її струмоведучих елементів. З метою дослідження впливу ЕРС у відключеній обмотці статора АД на коло витoku струму на землю розроблена та досліджена математична модель.

Практичний інтерес викликає дослідження зміни кількості електрики в колі витoku струму на землю у відключеній обмотці статора асинхронного двигуна за умови застосування кабелів найрозповсюдженіших марок з урахуванням їх довжини та перерізу, якими визначаються ємнісні опори ізоляції конкретного кабелю. Для моделювання взяті марки КГЕШ перерізом  $70 \text{ мм}^2$ ,  $50 \text{ мм}^2$  та  $35 \text{ мм}^2$  довжиною від 10 до 300 м.

Отримані діаграми зміни кількості електрики в колі витoku струму (рис. 3) на землю дозволяють зробити висновок про небезпеку електроураження людини у разі її торкання фази відключеної обмотки двошвидкісного АД. При цьому із збільшенням довжини та перерізу кабелю небезпека підвищується.

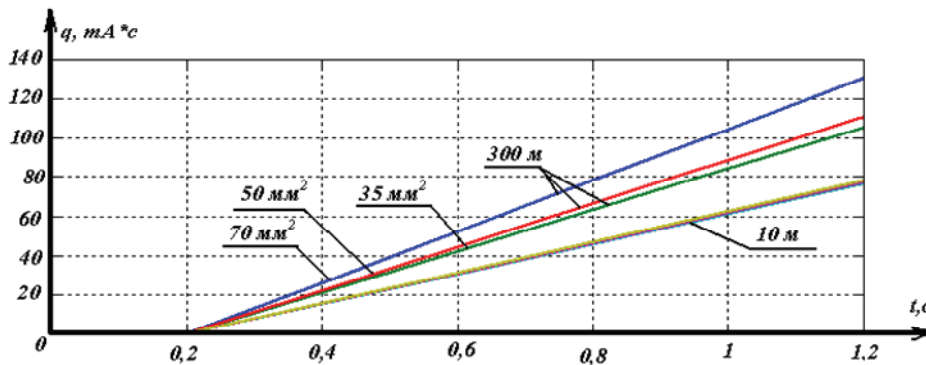


Рис. 3. Діаграми зміни кількості електрики в колі витoku струму на землю у відключеній обмотці двошвидкісного асинхронного двигуна

Оскільки існуючі апарати захисту не реагують на виникнення кола витoku струму на землю у відключеній обмотці, це потребує впровадження відповідних захисних пристроїв. З огляду на специфіку експлуатації шахтної електромережі ці пристрої повинні мати такі властивості:

- пристрій визначення кола витoku струму на землю у відключеній обмотці статора не може порушувати режим ізолюваної нейтралі в робочому стані обмотки і впливати на роботу дільничного засобу захисту від витoku струму на землю;
- функція визначення кола витoku струму на землю у відключеній обмотці статора має виконуватись автономно і не передбачати інформаційний зв'язок з комутаційною і захисною апаратурою з боку підстанції електроживлення дільниці.

Цим вимогам відповідає технічне рішення, дія якого основана на роз'єднанні трифазної схеми статора за наявності струму у штучно створеному ланцюзі визначення оперативного параметра (ЛВП) між обмоткою статора двигуна і його заземленим металевим корпусом (рис. 4а) [2, 3].

Приєднання ЛВП здійснюється між загальною точкою трьох активних опорів  $R1-R3$ , з'єднаних за схемою «зірка», що підключені до ввідів статорної обмотки, та заземленим корпусом двигуна. Розмикальні контакти виконавчого комутаційного апарата  $SF$  приєднані до силового вводу статора двигуна безпосередньо, з боку підключення кабелю живлення. Конфігурація схеми (ЛВП) наведена на рис. 4б, де ланка з конденсаторів  $C1-C2$  і діода  $VD1$ : підтримує режим ізолюваної нейтралі мережі за відсутності однофазного витoku струму на землю, унеможливає протікання постійного струму, включаючи оперативний струм апарата захисту від витоків струму на землю (тобто, не впливає на його параметри); в момент виникнення однофаз-

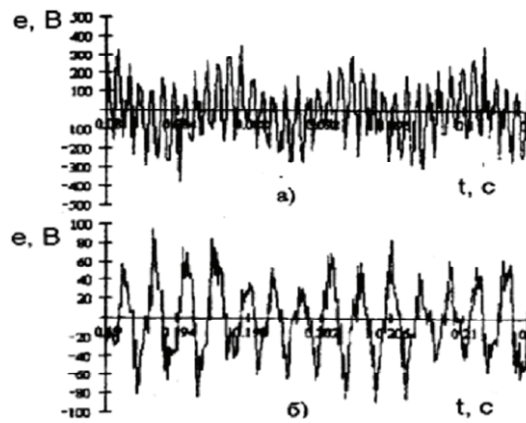


Рис. 2. Осцилограми вторинних ЕРС асинхронного двигуна в обмотках: а – зниженої швидкості; б – номінальної швидкості

ного витоку на землю (через опір  $R_{\text{вит}}$ ) створює імпульс напруги обмеженої тривалості на резисторі  $R_4$ , достатній для приведення в дію реагуючого органу (РО). Це створює умови спрацьовування захисту з мінімізацією тривалості провідного стану між мережею і землею в момент її ушкодження. Для повернення схеми в початковий стан після спрацьовування виконується шунтування конденсатора  $C_1$  слабботочним контактом виконавчого пристрою  $SF$ .

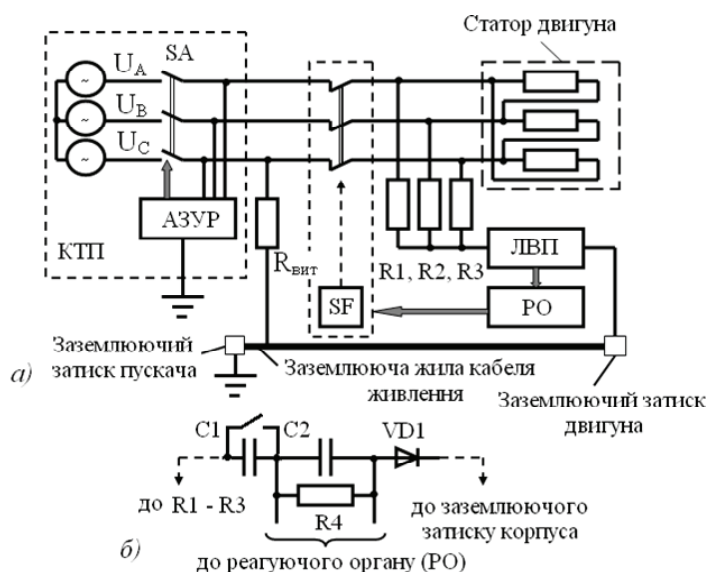


Рис. 4: а – схема підключення засобу відокремлення трансформаторної ЕРС асинхронного двигуна; б – варіант ланцюга визначення оперативного параметра засобу відокремлення трансформаторної ЕРС

## Висновки

Отриманими кількісними показниками обґрунтовано доцільність відокремлення ЕРС у відключеній обмотці двошвидкісного асинхронного двигуна як засобу підвищення електробезпеки в разі виникнення кола витоку струму на землю в цій обмотці.

Запропоновано метод управління захисним знеструмленням електромережі дільниці шахти, який полягає у відокремленні ЕРС у відключеній обмотці двошвидкісного асинхронного двигуна на основі визначення інформаційного параметра у ємнісно-резистивному приєднанні між заземленим корпусом АД та його обмоткою статора з подальшим роз'єднанням її трифазної схеми. Це дозволяє підвищити рівень електробезпеки під час експлуатації рудникового електрообладнання.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мартынюк Л. В. Исследование возможности электропоражающего фактора отключенной обмотки двухскоростного асинхронного двигателя при его эксплуатации в шахтной электросети / Л. В. Мартынюк, К. Н. Маренич // Автоматизация технологических объектов та процесів. Пошук молодих : XII міжнар. наук.-техн. конф., 17—20 квітня 2012 р. : зб. наук. праць. — Донецьк : ДонНТУ, 2012. — С. 349—351.
2. Пат. 95757 (UA), МПК (2006.01) H02H 3/10 H02H 7/08. Пристрій захисту від впливу асинхронного двигуна на точку короткого замикання в кабелі живлення / К. М. Маренич, І. В. Ковальова, І. О. Лагута, С. В. Василець. — № 2010 13816; заявл. 22.11.2010; опубл. 25.08.2011, Бюл. № 16.
3. Пат.КМ 71661 (UA), МПК (2012.01) H02H 3/00 Пристрій захисту від впливу зворотного енергетичного потоку асинхронного двигуна на точку короткого замикання в кабелі живлення / І. О. Лагута, І. В. Ковальова, К. М. Маренич. — № 2011 14935; заявл. 16.12.2011; опубл. 25.07.2012, Бюл. № 14.

Рекомендована кафедрою електричних станцій та систем

Стаття надійшла до редакції 17.10.12  
Рекомендована до друку 30.10.12

**Ковальова Інна Володимирівна** — старший викладач.

Кафедра «Гірнична електротехніка і автоматика ім. Р. М. Лейбова», ДВНЗ Донецький національний технічний університет, Донецьк