

УДК 622:621.3

ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМИ СТЕНДУ ДЛЯ ФІЗИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОМУ КОМПЛЕКСІ ДІЛЬНИЦІ ШАХТИ

Василець С.В., асистент

Донецький національний технічний університет

Обґрунтована схема та основні параметри стенда для фізичного моделювання процесів в електротехнічному комплексі дільниці шахти, отримані результати дослідження процесу групового та одиночного вибігу асинхронних двигунів в складі електротехнічного комплексу.

The scheme and key parameters of the stand for physical modelling processes in an electrotechnical complex of a site of mine are proved, the results of research group and single stopway of asynchronous engines in the structure of an electrotechnical complex are received.

Актуальність проблеми та її зв'язок з прикладними задачами. Останнім часом, у зв'язку із підвищенням потужності електродвигунів споживачів технологічної дільниці шахти (ДШ), збільшенням довжини та перетину жил гнучких кабелів, переходом на більш високий рівень напруги (1140 В, в перспективі – 3000 В), функції існуючих апаратів захисту людини від електроураження в умовах електротехнічного комплексу (ЕТК) ДШ виявилися недостатніми. Причиною цього є наявність зворотньої ЕРС асинхронних двигунів (АД) споживачів, негативна дія якої проявляється після захисного відключення напруги живлення в разі виникнення аварійної ситуації. Вказана ЕРС обертання протягом деякого часу після відключення напруги живлення ЕТК підтримує струм в аварійній точці, наприклад – через опір тіла людини, чим збільшує вірогідність електротравматизму.

Актуальність розгляду вказаних процесів обумовлена необхідністю підвищення рівня електробезпеки експлуатації ЕТК ДШ шляхом розробки та впровадження новітніх засобів захисту від негативної дії на аварійну точку з боку зворотньої ЕРС електродвигунів споживачів дільниці.

Проведені раніше теоретичні дослідження дозволили розробити математичну модель, що, при прийнятих припущеннях, описує процеси в ЕТК ДШ після захисного відключення напруги живлення за

наявності однофазного витоку струму на землю [1, 2]. Однак, адекватність розробленої математичної моделі реальним процесам має бути підтверджена експериментально.

Дослідження та публікації. Аналіз процесів, що мають місце під час відключення як одного, так і групи двигунів, наводиться у монографії [3]. Математична модель ЕТК ДШ після захисного відключення напруги розроблена у роботах [1, 2]. Принципи побудови ЕТК ДШ викладені у відповідній нормативно-технічній документації, довідниках та підручниках [4, 5, 6]. Вказаний матеріал є достатнім для обґрунтування структури силової частини експериментального стенда та методики проведення експериментів.

Постановка задачі. Задачею роботи є обґрунтування структури та параметрів стенда для фізичного моделювання процесів в ЕТК з метою визначення реальних параметрів об'єкта дослідження під час захисного відключення напруги живлення та терміна дії зворотної ЕРС сукупності двигунів споживачів ДШ.

Основний матеріал та результати досліджень. Основні функції, що їх має виконувати експериментальний стенд, є наступними: 1) моделювання роботи ЕТК ДШ; 2) комп'ютерно-інтегроване керування елементами дослідницького стенду; 3) осцилографування параметрів ЕТК ДШ з метою подальшої обробки результатів засобами обчислювальної техніки.

Структурно стенд має складатися з силової частини та системи керування. Силова частина стенда, імітуючи низьковольтний електротехнічний комплекс ділянки шахти, повинна наслідувати структуру ЕТК ДШ та складатися з наступних компонентів: асинхронних електродвигунів з короткозамкненими роторами; комутаційної апаратури; гнучких кабелів. Силова частина стенда також повинна включати модель однофазного витоку струму на землю через опір тіла людини. Система керування має забезпечувати: а) передачу команд керування (ввімкнути / вимкнути) від персонального комп'ютера (ПК) до елементів силової частини; б) передачу інформаційних сигналів від датчиків до ПК для вимірювання і обробки зафіксованих параметрів.

Наведений перелік основних вимог до функцій та структури експериментального стенда реалізований у розробленому лабораторному стенді, що отримав назву "СТВ" (стенд для дослідження вибігу двигунів). Схема стенда (рис. 1) дозволяє проводити дослідження спільної роботи АД з короткозамкненими роторами, а також виявляти вплив ЕРС обертання групи двигунів в режимі вибігу на струм витоку

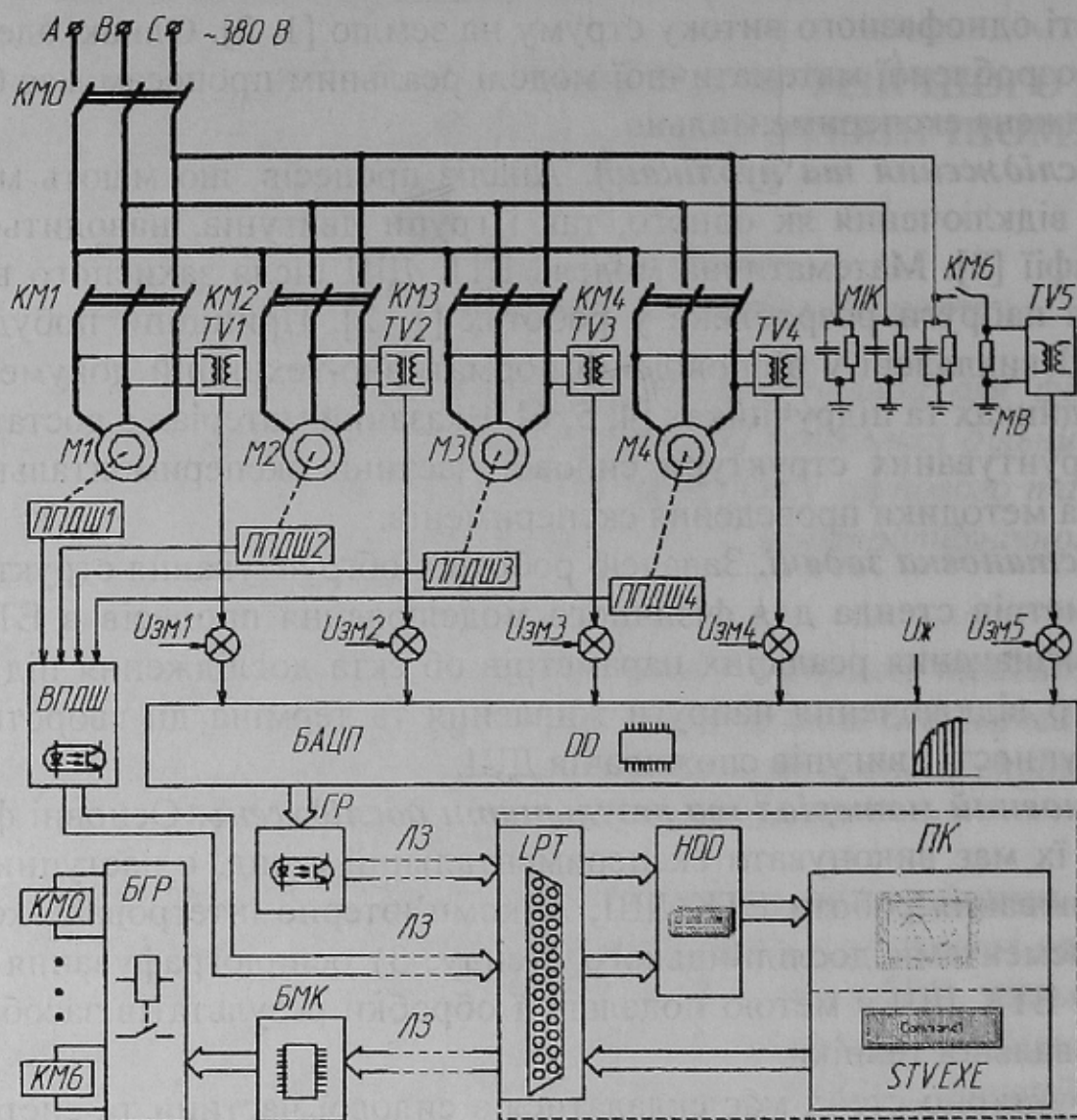


Рис. 1. Схема силової частини станда у сукупності з функціональними схемами каналів керування та реєстрації даних

через модель однофазного виточу струму на землю. Стенд СТВ дозволяє виконувати комутацію АД у реальному часі або програмно засобами ПК. Схема станда дозволяє одночасно підключати до ПК дванадцять датчиків (вісім аналогових – датчики струму або напруги та чотири дискретних – датчики швидкості) та виводити на екран ПК осцилограми зміни параметрів, що реєструвалися.

Таблиця 1 - Параметри підключених до станда двигунів

Двигун	Тип	Номинальна потужність, кВт	Кількість пар полюсів
M1	DK16 (Німеччина)	1,5	2
M2	BAO – 51 – 4	7,5	2
M3	BAO – 51 – 4	7,5	2

Силова частина станда (рис. 1) передбачає наявність головного контактора (KM0), що моделює роботу силової контактної групи автоматичного вимикача діль-

ниці, та контакторів чотирьох споживачів (КМ1–КМ4). До спільної частини електромережі під'єднано модель ізоляції кабельної мережі (МК) та модель однофазного витоку (МВ). Контактор КМ6 моделює підключення провідності струму витоку.

Функціонально стенд СТВ складається з двох каналів: каналу керування (КК) та каналу реєстрації даних (КРД). Останній, у свою чергу, складається з аналогового та дискретного субканалів. Канал керування складається з блоку мікроконтролера (БМК), який за допомогою лінії зв'язку (ЛЗ) під'єднано до паралельного порту (LPT) ПК, та блоку гальванічної розв'язки (БГР). БМК дешифрує команди, що надходять від ПК, та передає їх у БГР, який видає команди керування на котушки силових контакторів КМ0–КМ5 та на КМ6.

Схема аналогового субканалу КРД дозволяє реєструвати миттєві значення лінійної напруги на вихідних затискачах контакторів КМ1–КМ4 та напруги на МВ (останній параметр дозволяє визначити величину струму витоку). Для цього використовуються трансформаторні датчики напруги TV1 – TV5, що, окрім функції масштабування сигналу, забезпечують також гальванічне відділення ланцюгів вимірювання від силових. Сигнали за напругою, що знімаються із вторинних обмоток датчиків напруги, після додавання напруги зміщення $U_{змі}$, надходять до АЦП мікроконтролера DD, де відбувається квантування за часом. Отримана інформація через оптронну гальванічну розв'язку ГР та відповідну лінію зв'язку надходить до порту LPT комп'ютера. Основні параметри застосованого аналогового субканалу КРД наступні: кількість рівнів квантування сигналу: 254; частота дискретизації сигналу: 1,39 кГц (тактовий інтервал складає $7,2 \cdot 10^{-4}$ с).

Дискретний субканал КРД призначений для вимірювання швидкості обертання роторів двигунів. Він складається з первинних перетворювачів датчика швидкості (ППДШ) та вторинного перетворювача датчика швидкості (ВПДШ). Принцип дії ППДШ полягає у пере-тинанні інфрачервоного світлового потоку лопаттю, що закріплена на роторі двигна. При опитуванні датчика з заданою частотою формується послідовність імпульсів, період повторення яких визначає частоту обертання ротора АД. ВПДШ забезпечує підсилення та гальванічну розв'язку вихідних сигналів ППДШ.

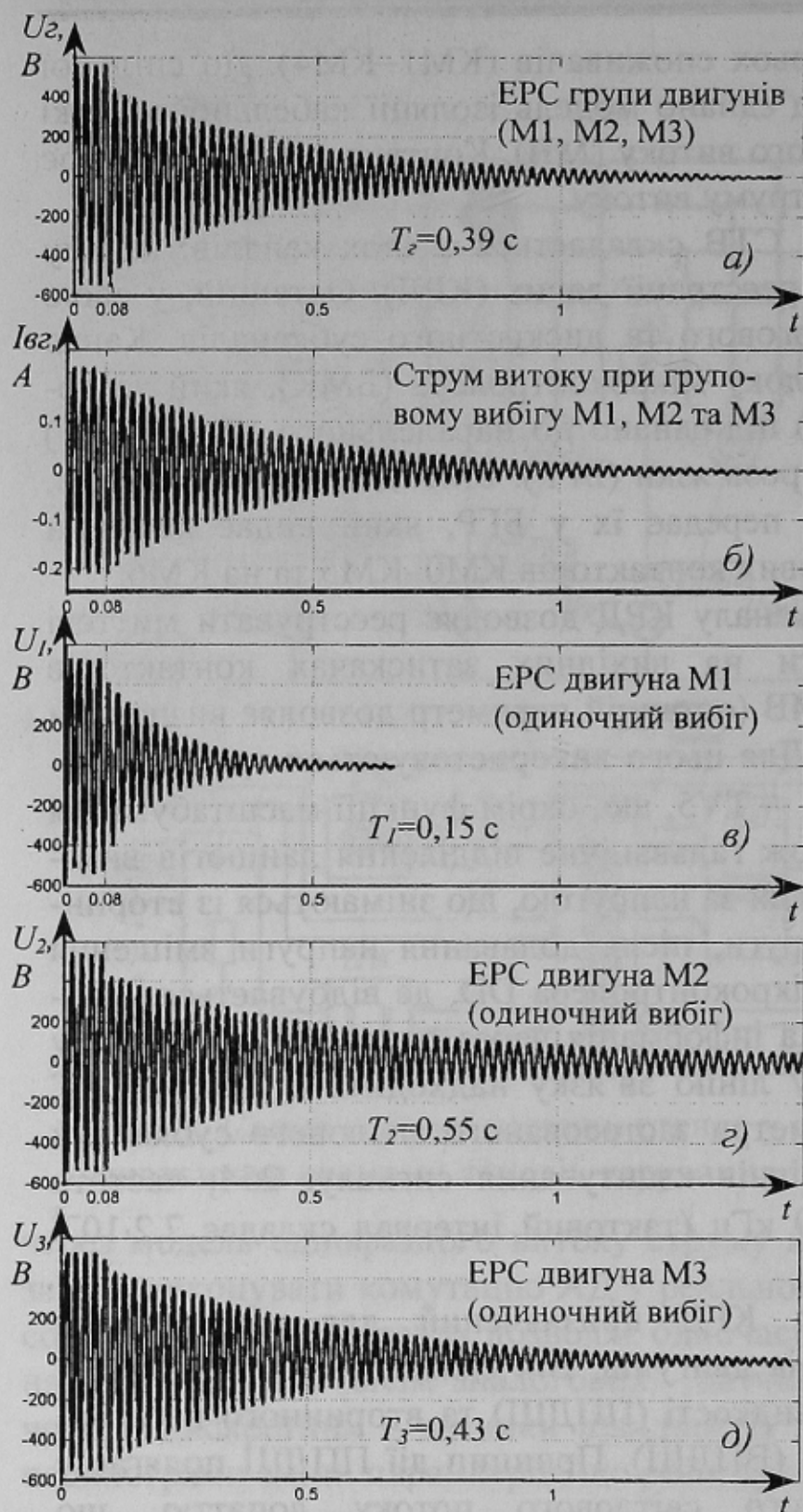


Рис. 2. Діаграми, отримані в результаті експерименту: напруга у загальній частині мережі (а) при груповому вибігу двигунів М1–М3 та струм однофазного витоку (б) (дослід 1); лінійні напруги двигунів М1–М3 (в–д) при одиночному вибігу (досліди 2–4)

Для керування стендом за допомогою комп'ютера розроблений програмний комплекс, до складу якого входить головна програма (файл STV.EXE), допоміжні програми та файли ресурсів.

За допомогою розробленого стенда СТВ проведені дослідження групового та одиночного вибігу АД. Дослідження проводилися для випадку підключення до СТВ двигунів М1–М3 (рис. 1.) Параметри АД наведені у табл. 1. Прийнято, що ємність та активний опір ізоляції фази кабельної мережі складають, відповідно, 1 мкФ та 1 МОм, опір однофазного витоку струму складає 1 кОм. Дослідження проводилися за наступних умов: дослід №1 – груповий вибіг двигунів М1–М3; дослід №2–4 – одиночний вибіг двигунів М1–М3 відповідно. Для всіх дослідів механічний момент зовнішнього навантаження до валів

двигунів не докладався.

Діаграми, що були отримані в результаті експерименту, наведені на рис. 2. Їх аналіз дозволяє встановити наступне. В разі як групового, так і одиночного вибігу двигунів після відключення живлячої напруги (момент 0,08с) в системі присутня зворотня ЕРС обертання. Амплітуда цієї ЕРС знижується за експоненціальним законом. Сталі часу затухання ЕРС обертання мають різні значення при груповому (T_2) та одиночному (T_1-T_3) вибігу двигунів (чисельні значення сталих часу наведено на рис. 2). Характер затухання струму витоку під час групового вибігу повторює характер зниження напруги у мережі.

Висновки і напрямок подальших досліджень. Обґрунтовано структуру і параметри стенда для фізичного моделювання роботи ЕТК ДШ, отримані дані параметрів об'єкту, що вимірювалися, включаючи числові значення миттєвих величин та осцилограми.

Запропонований стенд дозволяє виконати повний комплекс досліджень впливу зворотної ЕРС обертання асинхронного двигуна на ланцюг витоку струму на землю в ЕТК ДШ за умов існування як одиночного, так і групового вибігу АД, що узгоджується з реальними умовами експлуатації об'єкта. Це дозволить перевірити адекватність розробленої математичної моделі [1, 2] процесам у системі із реальними двигунами.

Перелік посилань.

1. Маренич К.М., Василець С.В. Математична модель електротехнічного комплексу дільниці шахти після захисного відключення напруги / Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія "Гірничо-електромеханічна". Випуск 104. – Донецьк: ДонНТУ, 2006. – С.121-128.
2. Маренич К.М., Василець С.В. Математичне моделювання струму витоку в умовах дільниці шахти після захисного відключення напруги / Наукові праці Донецького національного технічного університету. Випуск 12 (113), серія гірничо-електромеханічна. - Донецьк: ДонНТУ, 2006. - С.171-178.
3. Ковач К.П., Рац. И. Переходные процессы в машинах переменного тока. – М.–Л.: Госэнергоиздат, 1963. - 744 с.
4. Прогрессивные технологические схемы разработки пластов на угольных шахтах. Ч.1.- Технологические схемы. Ин-т горного дела им. А.А. Скочинского АН СССР, М.: 1978 – 381 с.
5. Справочник горного мастера ОАО «Угольная компания «Шахта «Красноармейская – Западная №1». Под общ. Ред. Л.В. Байсарова – Донецк, Донеччина, 2006. – 242 с.
6. Электрификация горных работ: учебник для вузов / М.М. Белый, В.Т. Заика, Г.Г. Пивняк и др.; Под ред. Г.Г. Пивняка. - М.: Недра, 1992 г. - 383 с.

Дата поступления статьи в редакцию: 23.04.07