

ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА ВЫЯВЛЕНИЯ НАЧАЛЬНОГО ЭТАПА КРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В ЭЛЕКТРОСЕТИ УЧАСТКА ШАХТЫ

И.В. Ковалёва

Донецкий национальный технический университет

Досліджені та проаналізовані параметри електромережі при виникненні трифазного короткого замикання в електротехнічному комплексі дільниці шахти, визначений можливий інформаційний параметр для підвищення швидкодії вияву аварійного процесу короткого замикання з метою подальшого відключення напруги живлення.

Короткое замыкание – одно из наиболее опасных аварийных состояний электротехнического комплекса. Существующие средства максимальной токовой защиты (МТЗ), которыми комплектуется рудничная силовая коммутационная аппаратура, функционируют на основе сравнения фактического тока в защищаемом присоединении с уставкой (заданной предельно допустимой величиной тока) [1]. Срабатывание МТЗ сопровождается задержкой во времени, обусловленной продолжительностью достижения током присоединения выбранной уставки. Кроме того, при эксплуатации таких МТЗ не исключена вероятность ошибки персонала при установке уставки срабатывания.

Вместе с тем, параметрами, сопровождающими короткое замыкание в присоединении с активно-индуктивной (кабельная сеть, асинхронный двигатель - АД) нагрузкой являются скорость нарастания тока и существенное уменьшение фазового угла φ между током и напряжением соответствующей фазы [2]. Поэтому практический интерес представляет исследование характера изменения этих параметров в условиях эксплуатации шахтных участков электротехнических комплексов с целью уточнения диапазонов изменения их величин (в зависимости от реальных факторов влияния) и обоснования способа повышения быстродействия выявления короткого замыкания.

Исследование процессов в электротехническом комплексе в состоянии трёхфазного короткого замыкания может быть выполнено средствами компьютерного моделирования с учётом следующих допущений: в электросети действует трёхфазная система номинальных напряжений промышленной частоты; АД потребителя находится во включенном состоянии и нагружен номинальным моментом сопротивления; короткое замыкание – трёхфазное, симметричное; место возникновения – гибкий кабель присоединения АД к пускателю.

С учётом существующих тенденций обустройства схем электропитания технологических участков угольных шахт, для исследования допустимо принять: подстанции КТПВ-1000 и КТПВ-630; гибкие кабели КГЭШ 3×70; КГЭШ 3×50; КГЭШ 3×35, длина которых до точки короткого замыкания изменяется от 1 до 300 м; магистральный кабель марки ЭВБВ 3×120 длиной 10 м с паспортными параметрами активных и индуктивных сопротивлений проводников [3] при величине номинального линейного напряжения сети 660 В и 1140 В.

Результаты моделирования программными средствами MathCAD (рис.1; рис.2) дают реальное представление о характере изменения параметров к.з. с учётом конкретных параметров сети и позволяют сделать вывод о приемлемости использования параметра di/dt в качестве информационного о начале к.з. с учётом конкретного диапазона величин этого параметра при условии: $\varphi_{\min} < \varphi < \varphi_{\max}$.

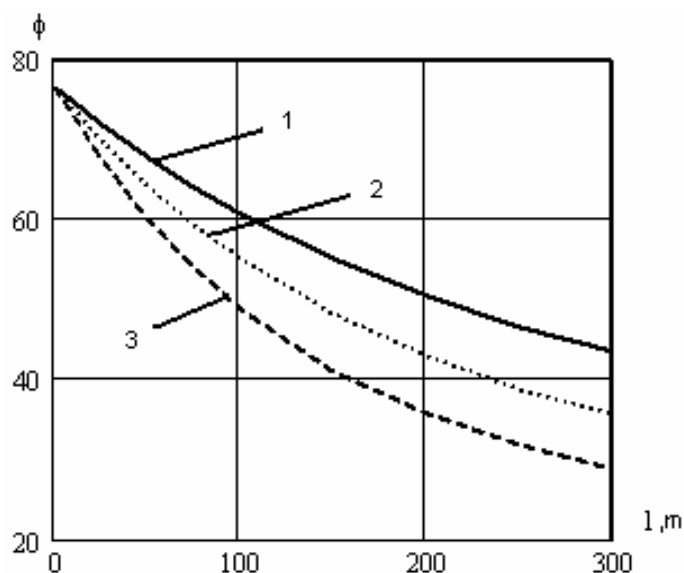


Рис. 1. Диаграммы зависимости угла φ от длины гибкого кабеля при напряжении на участке 1140 В: подстанция КТПВ-1000-6/1,2; (1 - КГЭШ 3×70, 2 - КГЭШ 3×50, 3 - КГЭШ 3×35)

Как следует из результатов моделирования, с увеличением длины участка кабеля до точки замыкания угол φ сдвига тока относительно напряжения фазы экспоненциально снижается (что объясняется увеличением соотношения «активное сопротивление / индуктивность» участка сети до точки к.з.). Первоначальное значение φ зависит от параметров применяемой подстанции и магистрального кабеля. На рисунке 3 представлены диаграммы изменения скорости роста тока (А/с), соответствующей фазовому углу φ при варьировании длины

гибкого кабеля до точки замыкания с учётом применения кабелей различных сечений.

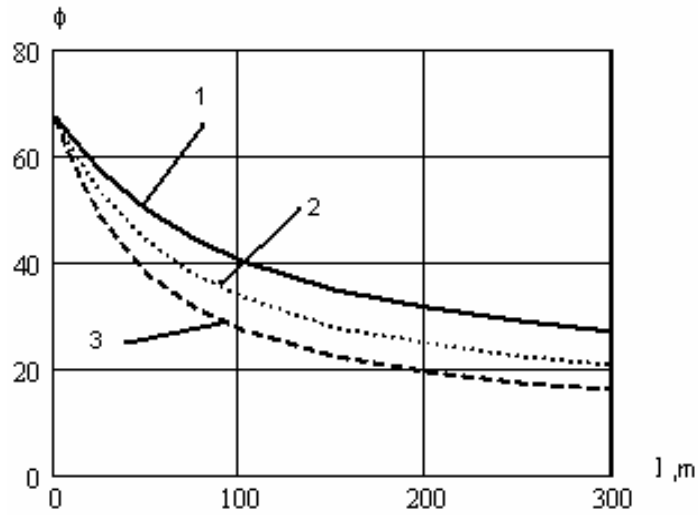


Рис. 2. Диаграммы зависимости угла ϕ от длины гибкого кабеля при напряжении на участке 660 В: подстанция КТПВ-1000-6/0,69 (1 - КГЭШ 3×70, 2 - КГЭШ 3×50, 3 - КГЭШ 3×35)

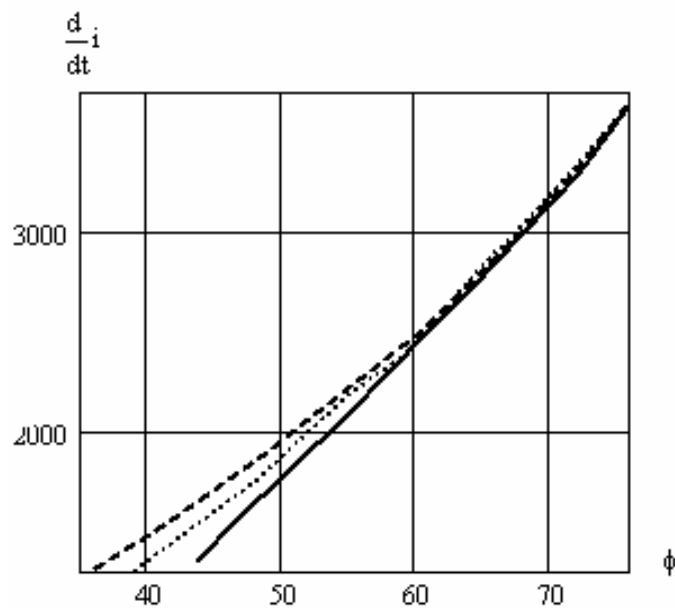


Рис. 3. Диаграммы скорости роста тока к.з., соответствующей величине угла ϕ : подстанция КТПВ-1000-6/1,2 (1 – кабель КГЭШ 3×70; 2 – кабель КГЭШ 3×50; 3 – кабель КГЭШ 3×35)

С уменьшением длины гибкого кабеля до точки к.з. существенно снижаются токоограничивающие свойства сети, что приводит к увеличению параметра di/dt , сопровождаемому ростом фазового угла φ . Последнее объясняется снижением соотношения «активное сопротивление / индуктивность» короткозамкнутого участка с приближением точки к.з. к выводам питающей трансформаторной подстанции.

Выявление начала к.з. в электротехническом комплексе может быть основано на определении параметров di/dt и φ , а так же, их соотношения (рис. 4 и рис. 5) [4]. Выявление малой величины угла φ может быть выполнено в результате сопоставления временного интервала полуволны фазного тока (импульс $U4$) и интервала существования импульса ограниченной продолжительности ($U3$), сформированного в момент начала полуволны напряжения той же фазы и полярности. Совпадение во времени импульсов $U4$ и $U3$ (импульс $U5$) свидетельствует о не нормально низкой величине фазового угла φ и может служить условием измерения параметра di/dt на фиксированном интервале времени (импульс $U6$, сформированный передним фронтом импульса $U5$). Высокое значение параметра di/dt на интервале импульса $U6$ (т.е., совпадающее с низкой величиной фазового угла φ) свидетельствует о начале режима к.з.

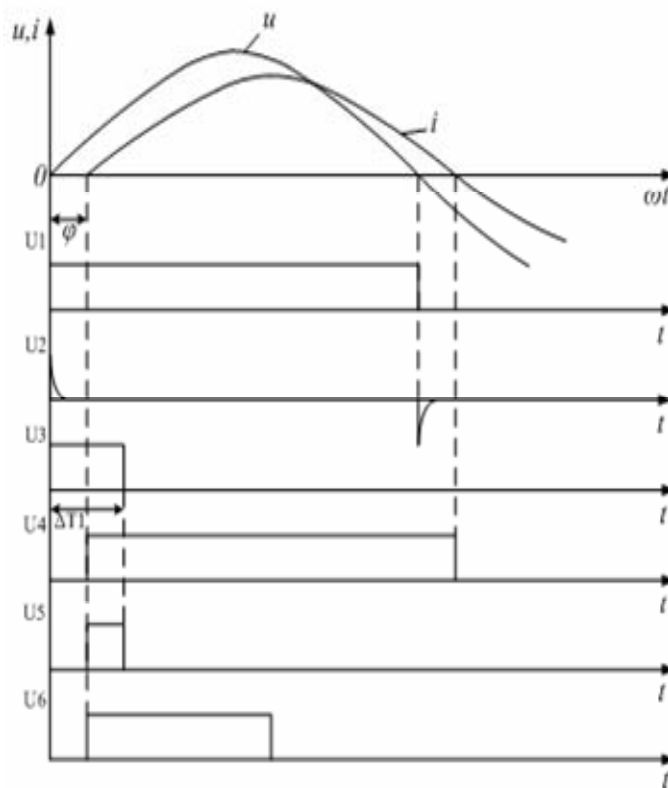


Рис. 4. Диаграмма параметров устройства выявления малого угла φ между напряжением и током фазы сети

Определение величины di/dt может быть выполнено на основе контроля интервала прохождения фазным током защищаемой сети двух удаленных уровней U_{on1} и U_{on2} (рис. 5). Повышенная интенсивность роста тока соответствует совпадению по времени интервалов существования импульса U_9 (превышение напряжением U_7 , пропорциональным току сети, порогового уровня U_{on2}) и импульса U_{11} ограниченной длительности, сформированного в момент равенства напряжений U_7 и U_{on1} .

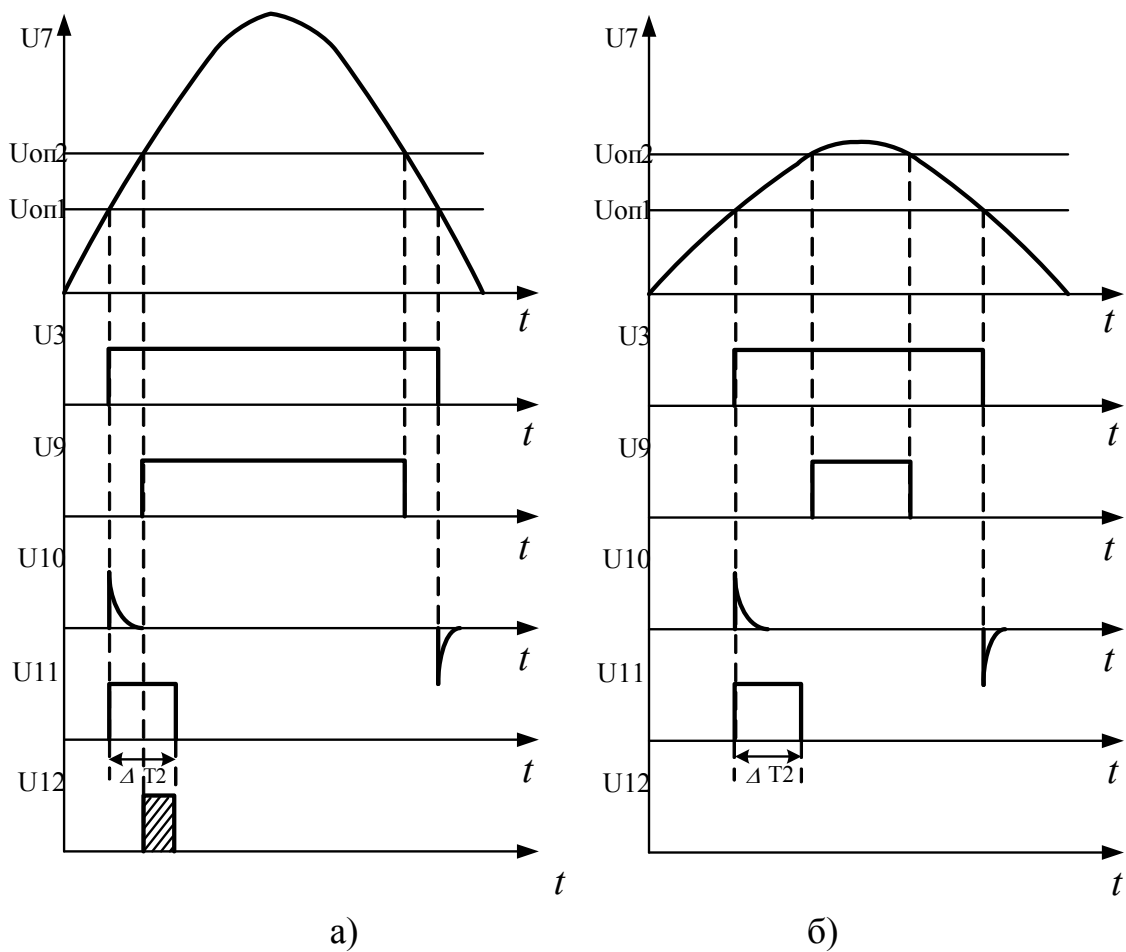


Рис. 5. Временные диаграммы выявления интенсивности роста мгновенного значения фазного тока сети

Выводы

Предложенная расчетная схема и обоснованные допущения позволили в результате компьютерного моделирования установить характер изменения скорости роста тока короткого замыкания и фазового угла между током к.з. и напряжением соответствующей фазы с учетом параметров сопротивлений элементов электротехнического комплекса технологического участка шахты. Информационным параметром начала процесса короткого замыкания может считаться совпадение параметров di/dt и φ в заданных диапазонах величин. Предложен способ выявления величин указанных параметров [4].

Библиографический список

1. Справочник энергетика угольной шахты / [Дзюбан В.С., Ширнин И.Г., Ванеев Б.Н., Гостищев В.М.]; под общ. ред. Ванеева Б.Н. – [2-е изд.] – Донецк, ООО «Юго-Восток Ltd.», 2001 – Т2, - С. 404-418
2. Переходные процессы в системах электроснабжения: учебник [для студентов высших учебных заведений] / [Пивняк Г.Г., Винославский В.Н., Рыбалко А.Я., Незен Л.И.]; под ред. академика НАН Украины Пивняка Г.Г. - [3-е изд.] - М. Энергоатомиздат; Днепропетровск. НГУ, 2003.- 548 с.
3. Маренич К.М. Електрообладнання технологічних установок гірничих підприємств: підручник [для студентів вищих навч. закл.] / К.М. Маренич, В.В. Калінін, Ю.В. Товстик; І.Я. Лізан, В.В. Коломієць. – Донецьк: ДонНТУ, Харків: УПА, 2009. – .
4. Заявка на корисну модель №u200913013 Україна, МПК⁸ H02H3/10 Спосіб захисту від струмів короткого замикання в мережі живлення асинхронного двигуна / К.М. Маренич, І.В. Ковальова, заявл. 14.12.2009.