

## ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА ВЫЯВЛЕНИЯ НАЧАЛЬНОГО ЭТАПА КОРОТКОГО 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.*

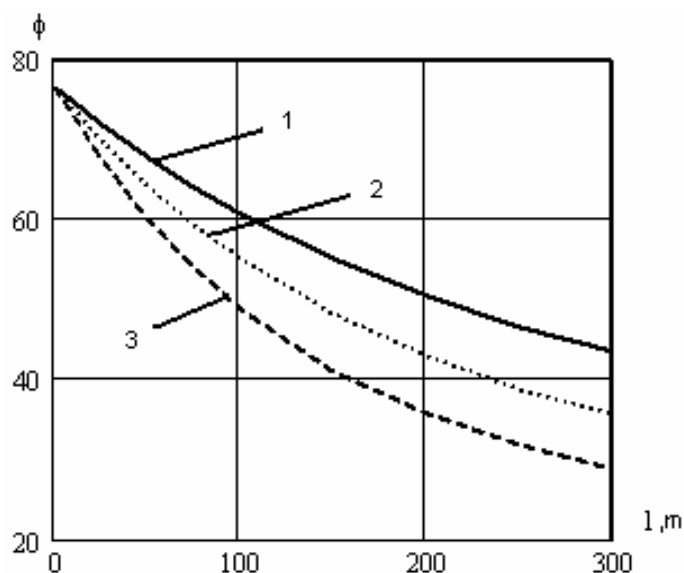
Короткое замыкание – одно из наиболее опасных аварийных состояний электротехнического комплекса. Существующие средства максимальной токовой защиты (МТЗ), которыми комплектуется рудничная силовая коммутационная аппаратура, функционируют на основе сравнения фактического тока в защищаемом присоединении 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  $\varphi$  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 находятся во включенном состоянии и нагружены 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.

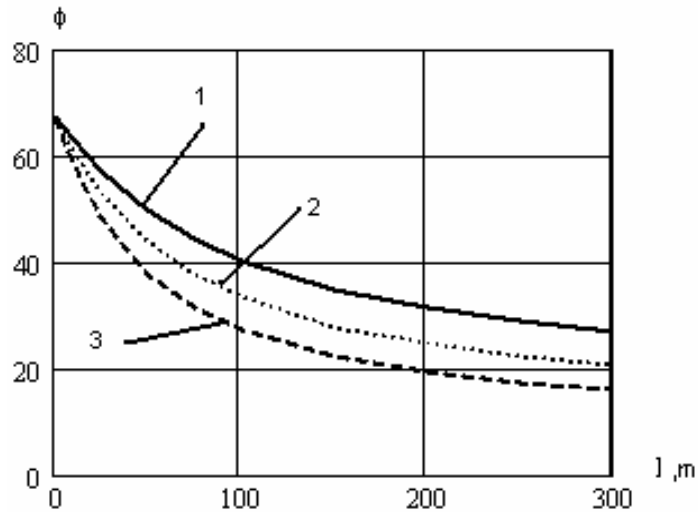
Результаты моделирования программными средствами MathCAD (рис.1; рис.2) дают реальное представление о характере изменения параметров к.з. с учётом конкретных параметров сети и позволяют сделать вывод о приемлемости использования параметра  $di/dt$  в качестве информационного о начале к.з. с учётом конкретного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



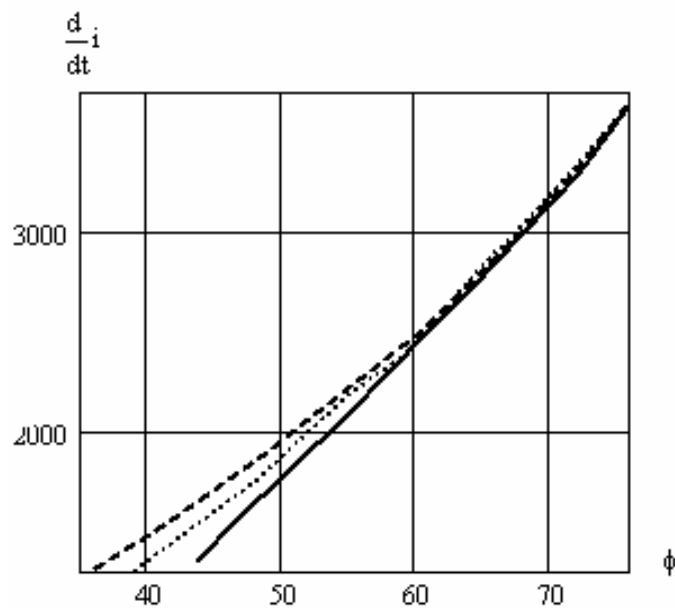
**Рис. 1. Диаграммы зависимости угла  $\varphi$  от длины гибкого кабеля при напряжении на участке 1140 В: подстанция КТПВ-1000-6/1,2; (1 - КГЭШ 3×70, 2 - КГЭШ 3×50, 3 - КГЭШ 3×35)**

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

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



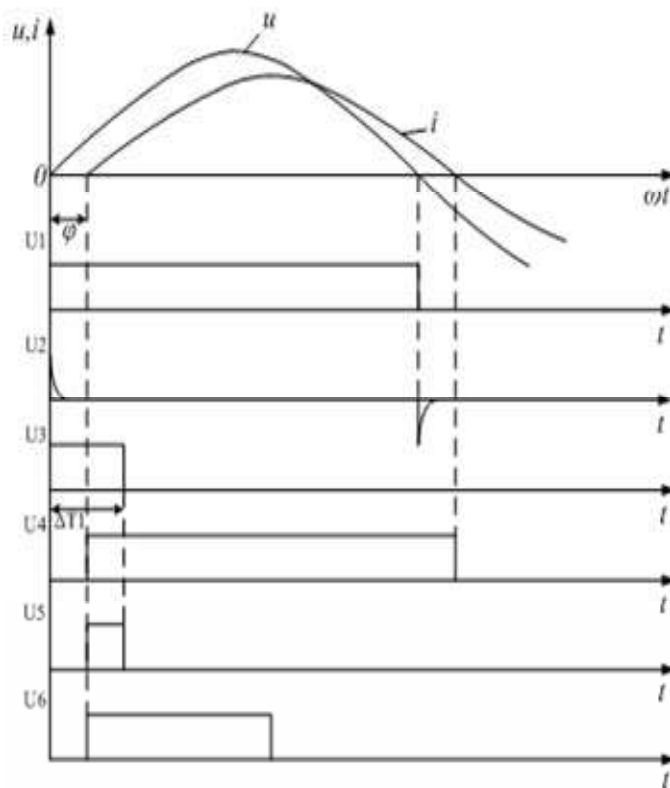
**Рис. 2.** Диаграммы зависимости угла  $\phi$  от длины гибкого кабеля при напряжении на участке 660 В: подстанция КТПВ-1000-6/0,69 (1 - КГЭШ 3×70, 2 - КГЭШ 3×50, 3 - КГЭШ 3×35)



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

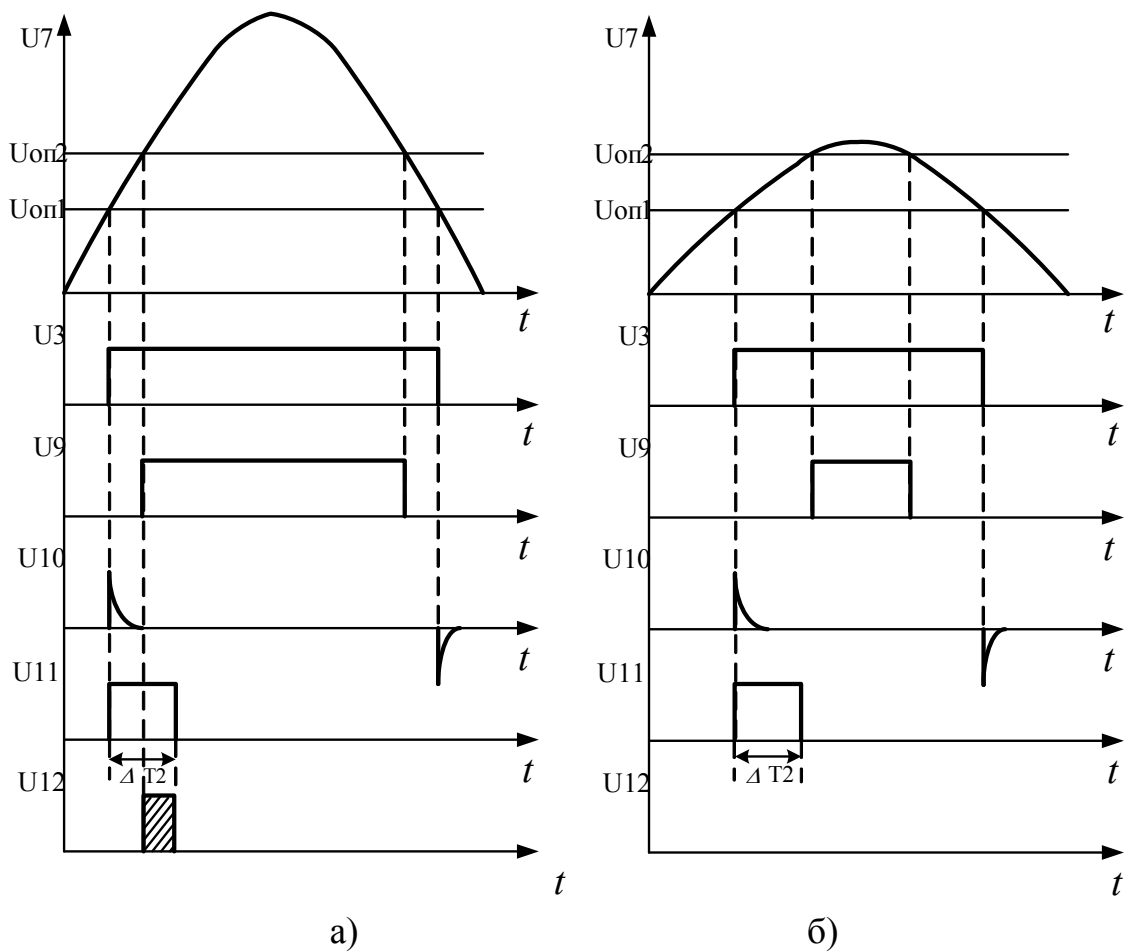
С уменьшением длины гибкого кабеля до точки к.з. существенно снижаются токоограничивающие свойства сети, что приводит к увеличению параметра  $di/dt$ , сопровождаемому ростом фазового угла  $\varphi$ . Последнее объясняется снижением соотношения «активное сопротивление / индуктивность» короткозамкнутого 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  $\varphi$ , а так же, их соотношения (рис. 4 и рис. 5) [4]. Выявление малой величины угла  $\varphi$  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  $\varphi$  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  $\varphi$ ) свидетельствует о начале режима к.з.



**Рис. 4. Диаграмма параметров устройства выявления малого угла  $\varphi$  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  $\varphi$  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, МПК<sup>8</sup> H02H3/10 Спосіб захисту від струмів короткого замикання в мережі живлення асинхронного двигуна / К.М. Маренич, І.В. Ковальова, заявл. 14.12.2009.