

## ИНДУКЦИОННО-ДИНАМИЧЕСКОЕ ТОРМОЖЕНИЕ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ КАК СПОСОБ ПОДАВЛЕНИЯ ОБРАТНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТОКА В СЛУЧАЕ АВАРИЙНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ СЕТИ

Маренич К.Н., зав. каф., д.т.н., проф.; Дубинка Е.С., аспирант

(ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Электротехнический комплекс (ЭТК) технологического участка угольной шахты представляет собой совокупность асинхронных двигателей (АД) потребителей, разветвленной сети кабельных линий и коммутационной аппаратуры. Условия эксплуатации электрооборудования технологического участка достаточно тяжелые: ограниченный размер горных выработок; высокая влажность воздуха; механические воздействия на электрооборудование и кабели из-за обрушения породы и пачек угля. Подобные условия эксплуатации подземного электрооборудования и кабелей являются причиной частых аварий, способных вызывать такие опасные состояния, как короткое замыкание либо опасность поражения человека электрическим током [1].

С целью обеспечения высокого уровня безопасности подземных электроустановок используются различные устройства автоматической защиты [2], которые обеспечивают отключение сети за определенное Правилами безопасности время. Однако, характерной чертой АД является генерирование ЭДС вращения в течение некоторого времени после отключения двигателя, что негативно влияет на обеспечение электробезопасности в случае возникновения аварийной ситуации.

Исследованиями [1] обосновано применение искусственного короткозамыкателя на вводах асинхронных двигателей потребителей участка. Однако применение подобной схемы сопряжено с вероятностью ложного срабатывания короткозамыкателя, который выполняет подчиненную функцию и срабатывает по команде основной защиты со стороны комплектной трансформаторной подстанции (КТП). Эта защита не позволяет почувствовать утечку (в частности, на интервале выбега), а информационный сигнал может не доходить до короткозамыкателя АД при повреждении кабеля. Использование силовых контактных коммутационных аппаратов (располагающихся в конструкции АД) ведет к непосредственному усложнению схемы и снижению ее надежности.

Таким образом, научную и практическую актуальность приобретает задача установления рациональной структуры исполнительного устройства подавления обратного энергетического потока асинхронного двигателя в режиме выбега, удовлетворяющей критерию быстродействия обесточивания аварийного присоединения.

Поскольку обратная ЭДС статора АД находится в функциональной зависимости от угловой скорости ротора, достаточное быстродействие ее подавления может быть достигнуто применением эффективных средств торможения АД. В связи с этим практическую актуальность приобретает схема, реализующая процесс индукционно-динамического торможения АД в качестве одного из вариантов решения задачи подавления обратного энергетического потока асинхронного двигателя (рис. 1). Процесс индукционно-динамического торможения обеспечивается силовой схемой в цепи статора асинхронного двигателя и предполагает чередование состояний динамического (ДТ), индукционного (ИТ) и индукционно-динамического (ИДТ) торможения двигателя [3].

Ток динамического торможения создается посредством подачи на статор через тиристор  $VS1$  полуволн линейного напряжения сети. Эффект индукционного торможения создается при замыкании через тиристор  $VS2$  ЭДС вращения ротора АД. Полувольты тока индукционного торможения создаются за счет замыкания соответствующих полуволн ЭДС вращения через открытый тиристор  $VS2$ , т. е. создаются импульсы тормозного тока значительной амплитуды.

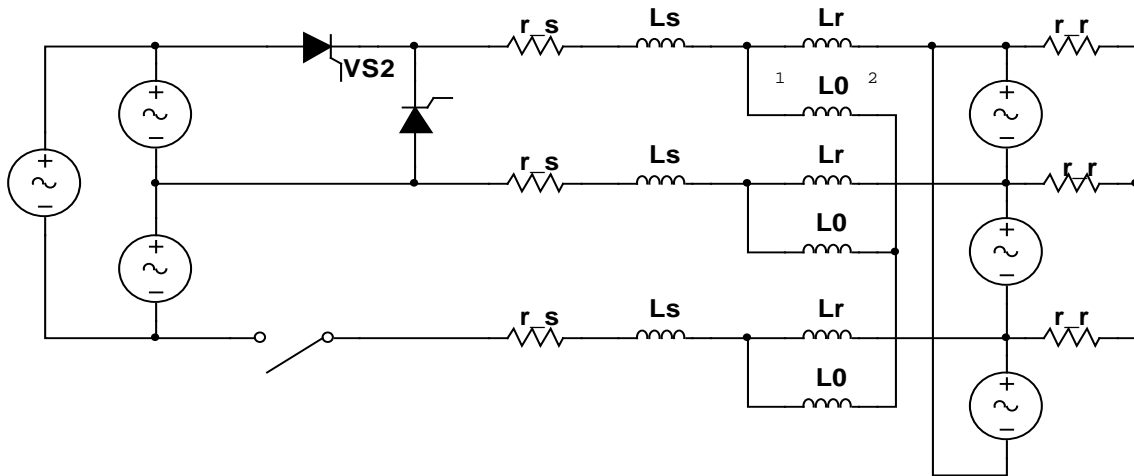


Рисунок 1 – Расчетная схема для исследования процесса индукционно-динамического торможения асинхронного двигателя

Этим обусловлено возникновение значительного по величине тормозного момента  $M_T$ , который, как известно, пропорционален квадрату тормозного тока  $I_T$  [3]:

$$M_T = \frac{n_\phi I_T^2 r_p}{w_0 S_H},$$

где  $n_\phi$  – число фаз присоединения;  $S_H$  – скольжение АД в начале интервала торможения.

Структурная схема модели фрагмента ЭТК представлена на рисунке 2, где *SIFU* – система импульсно-фазового управления тиристорами *VS1*, *VS2* и *VS3*; *KA1*, *KA2* – коммутационные аппараты; *Rut* – возникновение утечки тока на землю (1 кОм); асинхронный двигатель типа ЭКВ4-250, КТП – комплектная трансформаторная подстанция.

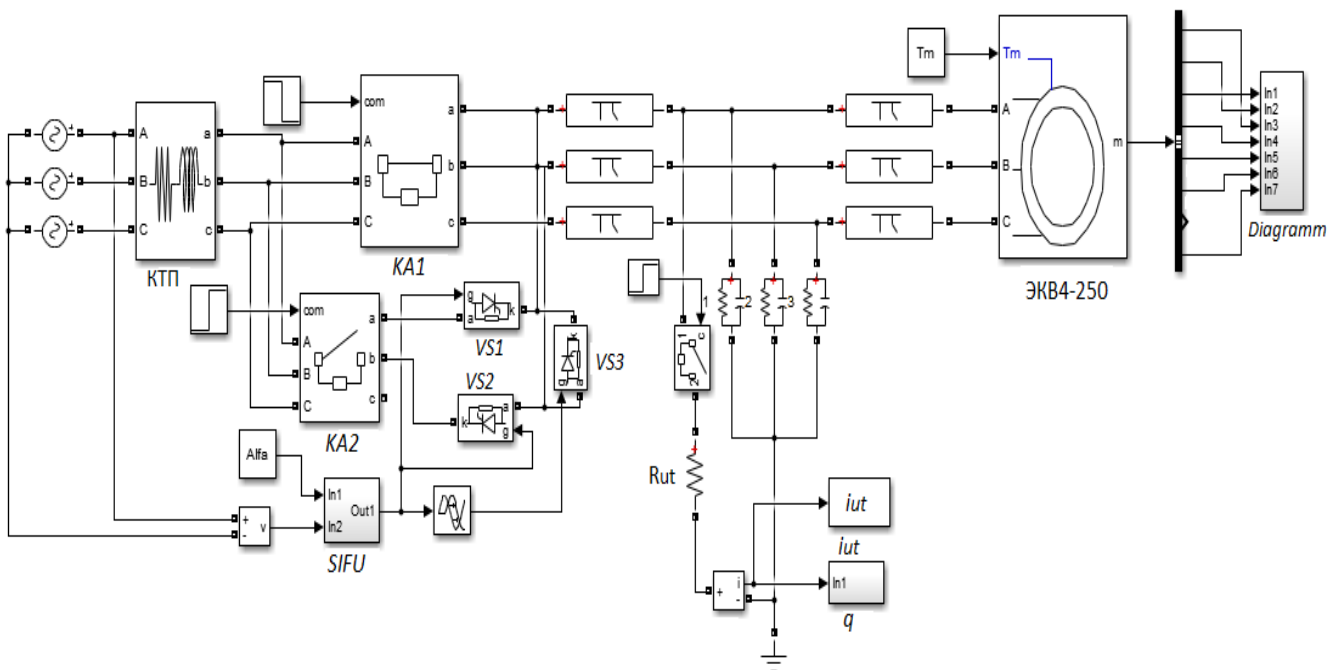


Рисунок 2 – Структурная схема модели фрагмента ЭТК

Результаты моделирования процессов в электротехническом комплексе представлены на рис. 3-6.

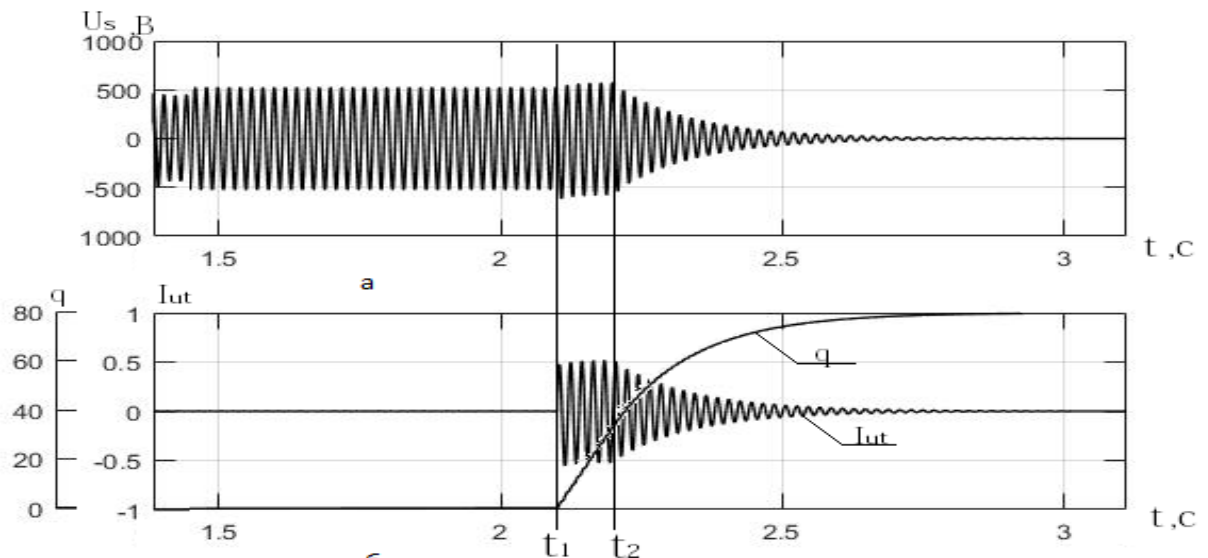


Рисунок 3 – Диаграммы величин: а – ЭДС выбега АД типа ЭКВ4-250, б – тока утечки на землю и накопления количества электричества без учета эффекта ИДТ ( $t_1$  - возникает аварийное (опасное) состояние,  $t_2$  – отключается коммутационный аппарат)

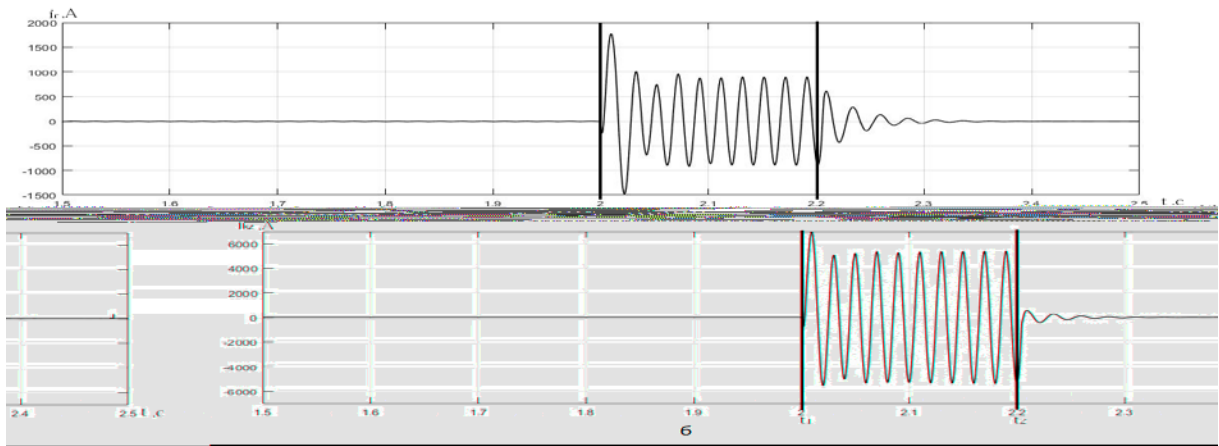


Рисунок 4 – Диаграммы величин: а – тока ротора АД типа ЭКВ4-250, б – тока двухфазного короткого замыкания в кабеле питания АД без применения режима ИДТ ( $t_1$  - возникает аварийное (опасное) состояние,  $t_2$  – отключается коммутационный аппарат)

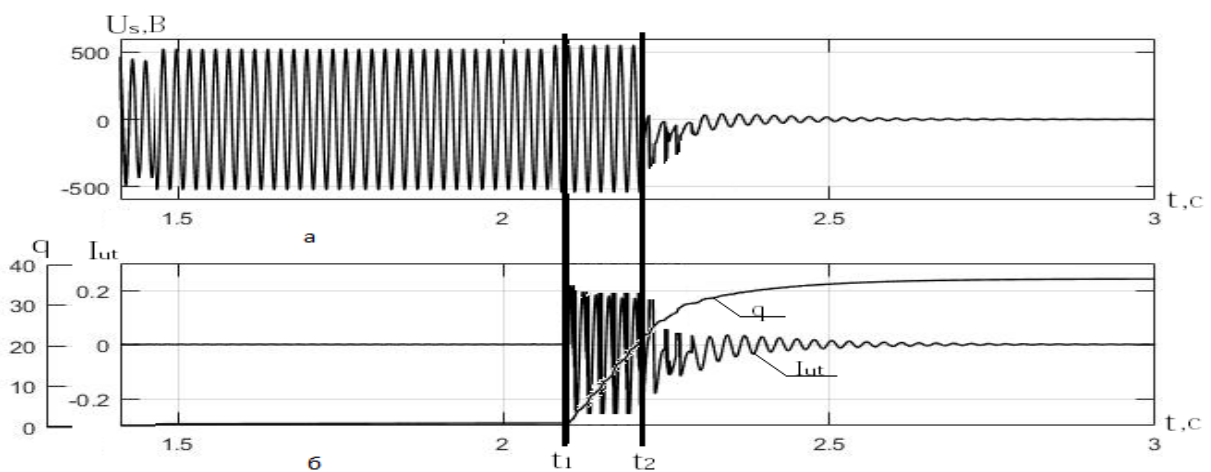


Рисунок 5 – Диаграммы величин: а – ЭДС выбега АД типа ЭКВ4-250, б – тока утечки на землю и накопления количества электричества с учетом эффекта ИДТ ( $t_1$  - возникает аварийное (опасное) состояние,  $t_2$  – процесс ИДТ)

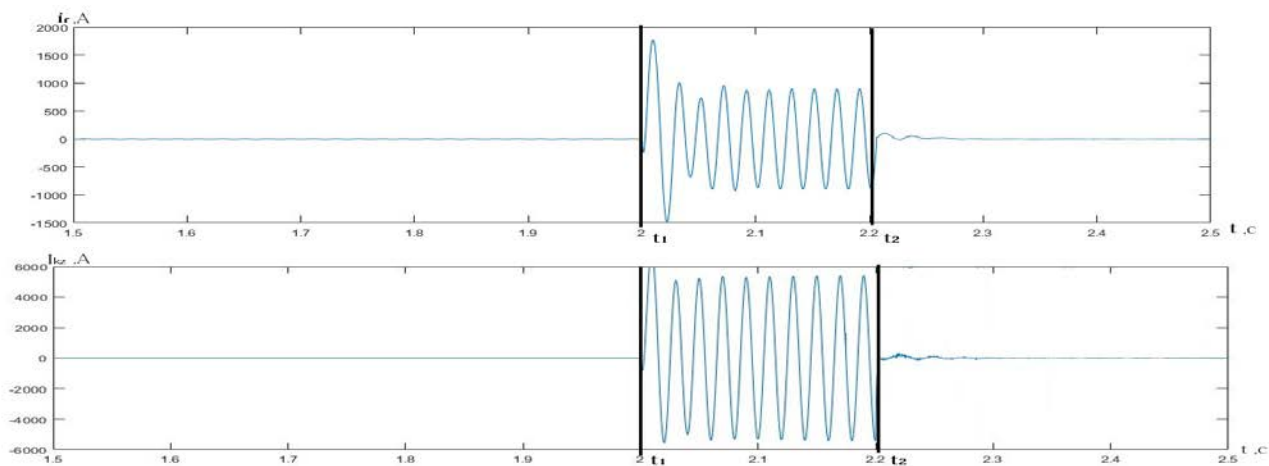


Рисунок 6 – Диаграммы величины: а – тока ротора АД типа ЭКВ4-250, б – тока двухфазного короткого замыкания в кабеле питания АД с учетом эффекта ИДТ ( $t_1$  - возникает аварийное (опасное) состояние,  $t_2$  – процесс ИДТ)

Диаграмма тока статора асинхронного двигателя типа ЭКВ4-250 (рис. 7) при индукционно-динамическом торможении соответствует реально существующей [3]. Анализ полученной диаграммы позволяет сделать вывод об адекватности исследуемой модели реальному объекту.

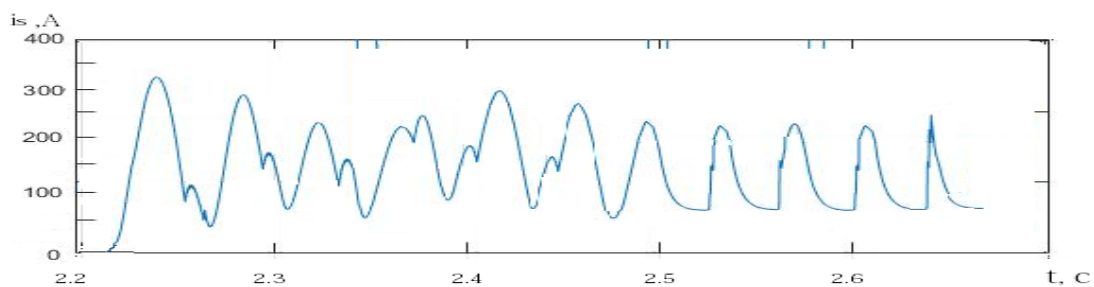


Рисунок 7 – Диаграмма тока статора АД типа ЭКВ4-250 при ИДТ

Результатами исследования установлен положительный токоограничивающий эффект при индукционно-динамическом торможении, позволяющий предотвратить существование тока двухфазного короткого замыкания в питающем кабеле АД после защитного отключения автоматического выключателя. При этом, в случае возникновения цепи утечки тока на землю, уровень количества электричества через тело человека снижается более чем в 1,3 раза и не превышает 38 мА·с, что соответствует критерию электробезопасности.

Таким образом, установлена принципиальная возможность ускоренного подавления обратного энергетического потока асинхронного двигателя на основе применения принципа индукционно-динамического торможения. Полученные результаты позволяют в дальнейшем исследовать характер изменения параметров рассматриваемой системы с учетом изменения угла управления тиристорами.

#### Перечень ссылок

1. Маренич, К. Н. Теоретические основы и принципы применения защитного обесточивания рудничных электротехнических комплексов : монография / К. Н. Маренич. – Донецк : Технопарк ДонГТУ «УНИТЕХ», 2015. – 234 с.
2. Справочник энергетика угольной шахты: в 2 т. / В. С. Дзюбан [и др.]; под ред. Б. Н. Ванеева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Донецк : Юго-Восток Лтд, 2001. – Т. 1. (Гл.1-21). – 477 с. Т. 2 (Гл. 22-44). – 440 с.
3. Маренич, К.Н. Асинхронный электропривод подземного скребкового конвейера с тиристорным пуско-защитным аппаратом : дис. Канд. Техн. Наук : 05.09.03 : защищена 28.11.91 / К. Н. Маренич. – Донецк, 1991. – 238 с.