

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕМЕНТЕ СЛОЖНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ИСКУССТВЕННОМ СОЗДАНИИ ТОКОВОЙ ПЕРЕГРУЗКИ В КОНТЕКСТЕ СОЗДАНИЯ УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ

Дубинка Е.С., асс.; Маренич К.Н., д.т.н., проф.

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

Современные промышленные электротехнические комплексы отличаются наличием потенциально опасных источников электропоражения, таких как асинхронные двигатели, которые после отключения генерируют на выходе обратный энергетический поток. Так, в случае возникновения короткого замыкания или утечки тока на землю в присоединении двигателя энергетические потоки продолжают действовать после защитного отключения, чем обуславливают поддержание опасного состояния сети. Следует отметить, что в результате того, что активная мощность АД потребителей участка шахты сопоставима с полной мощностью питающей трансформаторной подстанции, возникает электропоражающий фактор и вероятность воспламенения точки короткого замыкания вследствие действия обратных ЭДС.

Проведенными ранее исследованиями [1] доказана возможность выявления аварийного либо опасного состояния электросети автономными средствами контроля, предусмотренными непосредственно со стороны ввода статора асинхронного двигателя. Однако дальнейшего развития требует реализация технических средств, способных подавлять энергетические потоки с высоким быстродействием.

Логично предположить, что мощность энергетического потока состоит из двух параметров: напряжения и тока. Следовательно, для ее подавления необходимо максимально быстро снизить ток в силовом присоединении двигателя либо снизить напряжение, которое прикладывается к силовому присоединению посредством повышения сопротивления. В связи с этим практическую актуальность представляет исследование процессов, вследствие действия которых могут быть снижены энергетические параметры обратного потока асинхронного двигателя. В данном случае асинхронный двигатель может быть рассмотрен как электромеханическая система, параметры которой подлежат регулированию. В режиме свободного выбега ротор двигателя будет обладать свойствами электрогенератора, а статор может быть рассмотрен, как объект генерации, причем конструкция статора, включающая в себя магнитопровод и трехфазную обмотку, представляет собой аналог трансформаторной связи. В связи с этим предварительный анализ процессов может быть выполнен на основе исследования многообмоточного трансформатора.

Рассмотрим простейший случай – процессы, возникающие в электромагнитной системе однофазного многообмоточного трансформатора при искусственном создании режима короткого замыкания в одной из его обмоток.

Структура компьютерной модели электромагнитной системы многообмоточного трансформатора представлена на рисунке 1, где: $V1$ – источник переменного напряжения 660 В с частотой 50 Гц; $R1$ – сопротивление нагрузки 10 Ом; $R2=13\text{ мОм}$, $R4= 10\text{ мОм}$; $L1=83\text{ мГн}$, $L2=82\text{ мГн}$, $L4=110\text{ мГн}$ – индуктивности магнитной системы двигателя типа 4А; $T1$ – многообмоточный трансформатор; K – контакт; $I1 - I3$ – амперметры; $U4, U5$ – вольтметры.

В приведенной схеме контакт K создает режим короткого замыкания в дополнительной обмотке трансформатора, что ведет к снижению величин токов и напряжений в рабочих обмотках.

На рисунках 2-3 показаны диаграммы напряжений в обмотке трансформатора в исходном состоянии с номинальными параметрами и при коротком замыкании одной из обмоток.

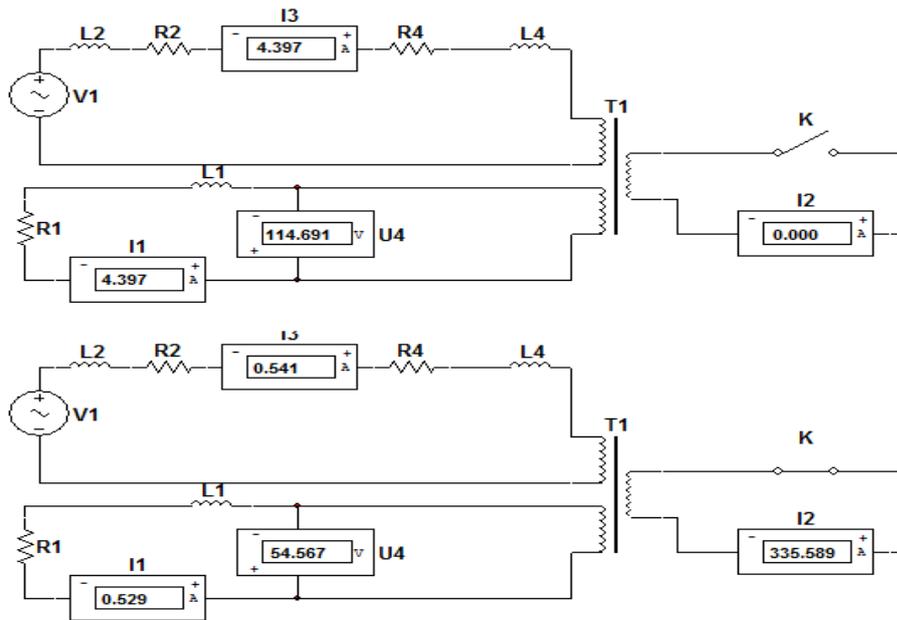


Рисунок 1 - Структура компьютерной модели электромагнитной системы многообмоточного трансформатора при искусственном коротком замыкании

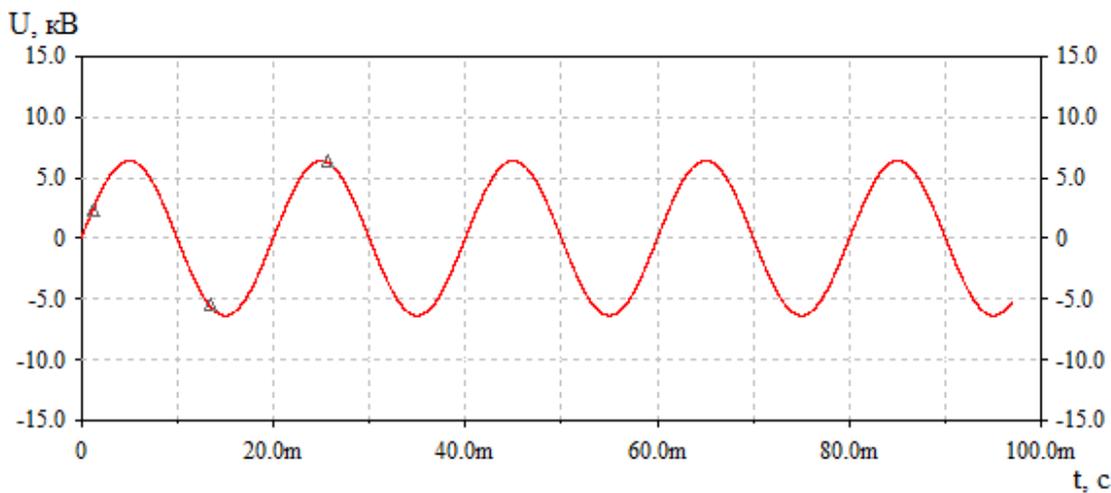


Рисунок 2 – Диаграмма напряжений при работе трансформатора в номинальном режиме

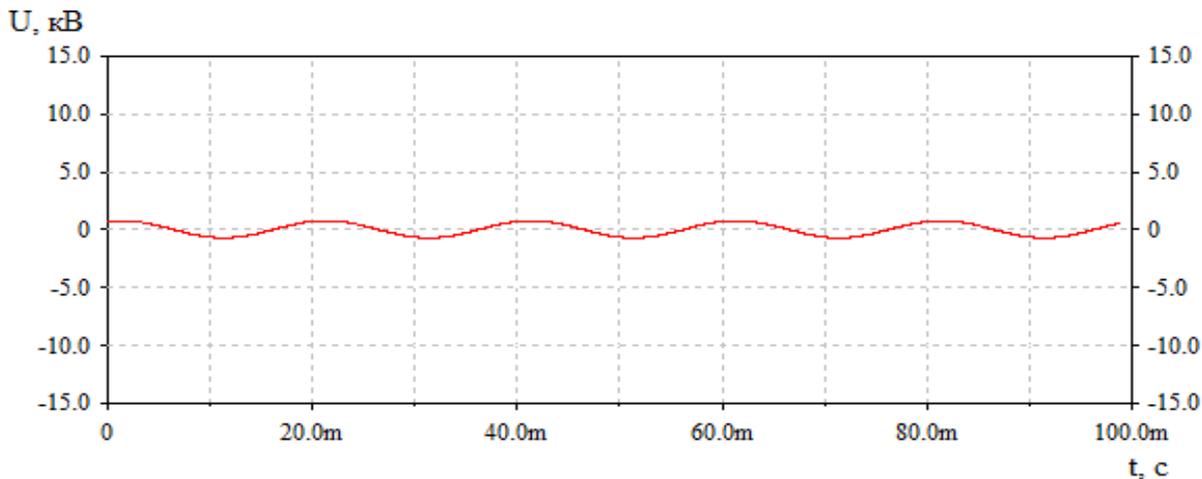


Рисунок 3 – Диаграмма напряжений при коротком замыкании одной из обмоток

Согласно полученным диаграммам изменения напряжения в трансформаторе определено, что создание искусственного короткого замыкания в заданной обмотке ведет к снижению токов и напряжений в рабочих обмотках до минимальных значений. Следовательно, интерес представляют параметры сети и в частности переходного процесса в самой трансформаторной системе.

Более детально способ непосредственного воздействия на электромагнитную систему двигателя за счет искусственного создания эффекта токовой перегрузки может быть исследован на примере трехфазной трансформаторной системы, где источник ЭДС, образующийся вращающимся полем токов ротора, представлен обмоткой и источником.

С целью упрощения допустим что амплитуда и частота генерируемой ЭДС неизменны. В качестве объекта исследования рассмотрим трехфазный трехобмоточный трансформатор типа ТДТНШ–10000/110, электротехнические данные трансформатора приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Электротехнические данные трансформатора

Тип трансформатора	S _{ном} , кВА	Соотношение напряжений, кВ			U _н , %			I _о , %	P _{х.х.} , кВт	P _к , кВт
		ВН	СН	НН	ВН-СН	ВН-НН	СН-НН			
ТДТНШ-10000/110-84У1	10000	115	6,3	6,6	10,5	17	6	1,1	23	76

Упрощенная схема замещения принятого трансформатора представлена на рисунке 4.

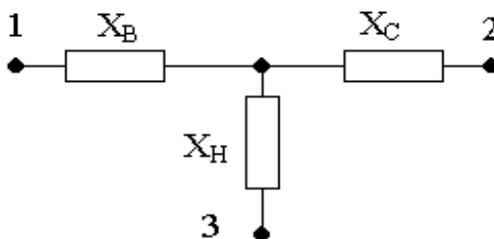


Рисунок 4 – Упрощенная схема замещения трехобмоточного трансформатора

Индуктивное сопротивление соответствующих обмоток (X_B , X_C , X_H) принятого трансформатора определим по формулам [2]:

$$X_B = \frac{10 \cdot U_{KB\%} \cdot U_x^2}{S_{тр.н}},$$

$$X_H = \frac{10 \cdot U_{KH\%} \cdot U_x^2}{S_{тр.н}},$$

$$X_C = \frac{10 \cdot U_{KC\%} \cdot U_x^2}{S_{тр.н}},$$

где U_k - напряжение короткого замыкания трансформатора или соответствующих обмоток трансформатора (%), определяемое по формулам:

$$U_{KB\%} = 0.5(U_{KB-H\%} + U_{KB-C\%} - U_{KC-H\%}),$$

$$U_{KC\%} = 0.5(U_{KB-C\%} + U_{KC-H\%} - U_{KB-H\%}),$$

$$U_{KH\%} = 0.5(U_{KB-H\%} + U_{KC-H\%} - U_{KB-C\%})$$

где U_K , U_{KB-C} , U_{KB-H} , U_{KC-H} - напряжение к. з. соответствующих пар обмоток.

Компьютерная модель трехфазной трансформаторной системы представлена на рисунке 5, где обозначено [3]:

Three-Phase Transformer - трехфазный трехобмоточный трансформатор, характеристика насыщения сердечника которого задается согласно [4];

AC Voltage Source - трехфазный источник синусоидального напряжения со сдвигом фаз в 120° ;

резисторы R4-R6 величиной в 10кОм каждый;

Breaker – контакты с уставкой срабатывания задаваемой блоком Step;

амперметры и вольтметры.

Принцип действия схемы заключается в следующем: первичная обмотка трансформатора питается от источников переменного синусоидального напряжения. Ко второй обмотке подключена нагрузка R4-R6, к третьей – замыкающие контакты Breaker. В исходном состоянии контакты разомкнуты, по второй обмотке протекает ток, при замыкании контактов в дополнительной (защитной) обмотке происходит резкое снижение токов и напряжений в контролируемой рабочей обмотке (второй).

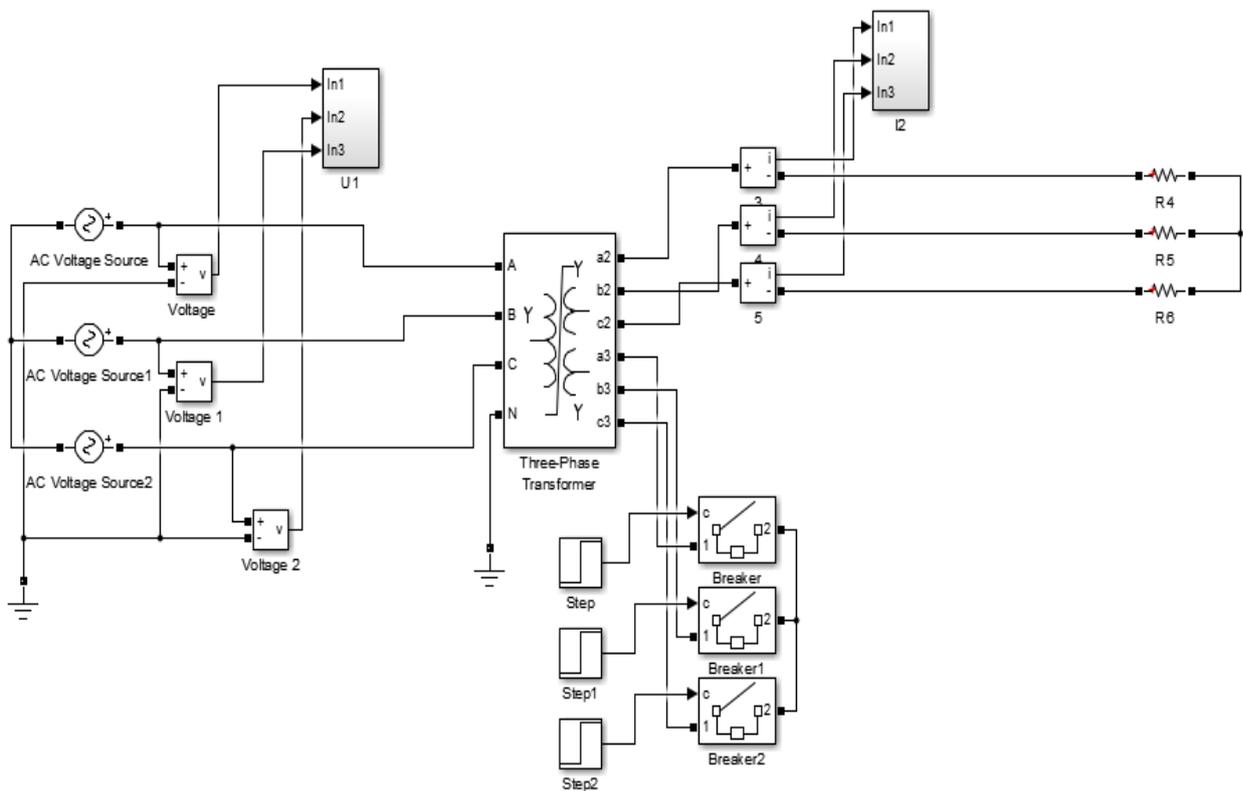


Рисунок 5 – Компьютерная модель трехфазной трансформаторной системы

На рисунке 6 показаны диаграммы напряжений исследуемой системы.

Диаграммы изменения токов в рабочей обмотке трансформатора при создании искусственной токовой перегрузки представлены на рисунке 7.

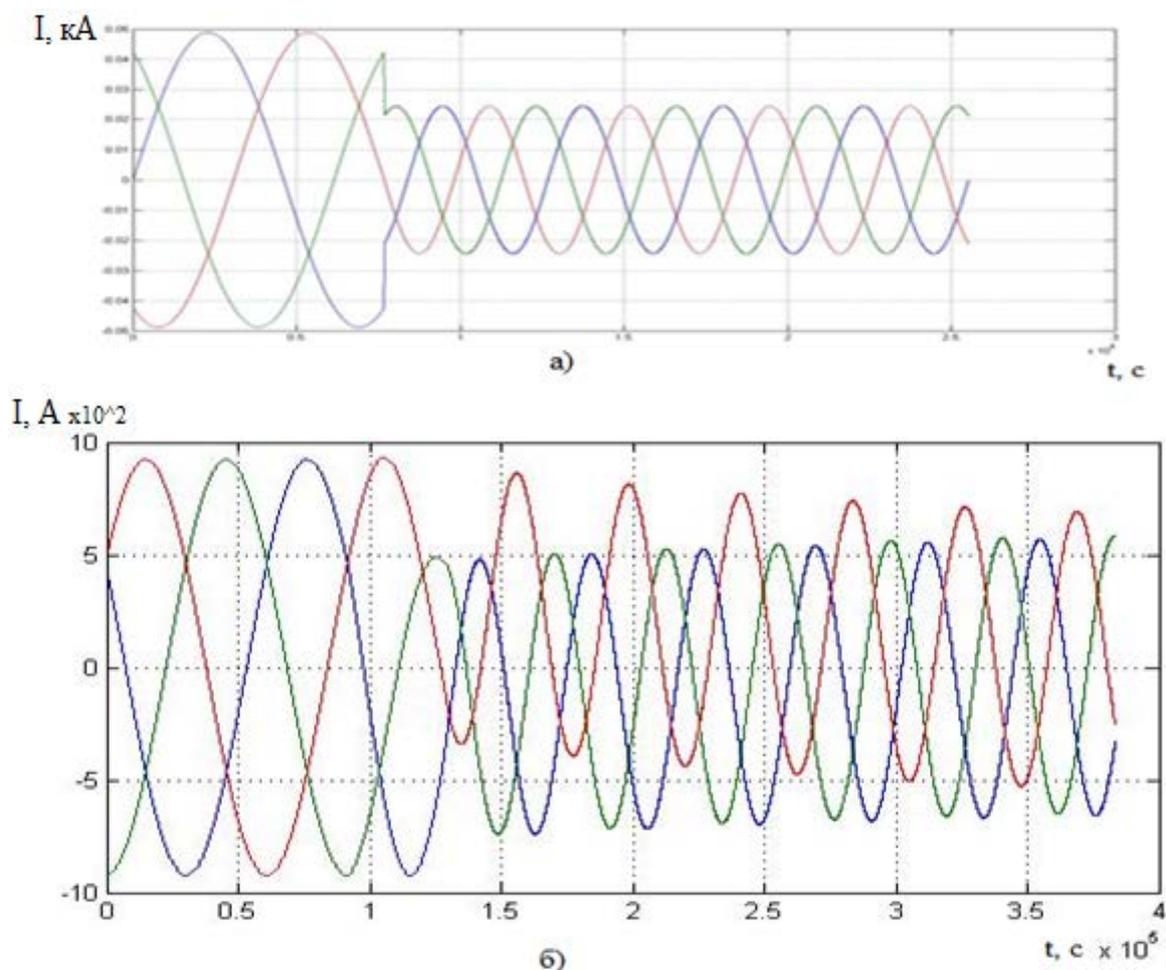


Рисунок 7 - Диаграммы изменения токов в рабочей обмотке трансформатора при а) одновременном и б) поочередном замыкании фаз защитной обмотки

На основании исследования разработанной модели установлена принципиальная возможность снижения энергетических параметров обратного потока асинхронного двигателя в результате ввода в его конструкцию дополнительной обмотки управления этими параметрами.

Направления дальнейших исследований. Уточнение параметров электромагнитной системы с целью повышения быстродействия и максимального снижения амплитуды энергетических параметров обмотки статора в процессе защитного подавления обратного энергетического потока.

Перечень ссылок

1. Маренич К.Н. Теоретические основы и принципы применения защитного обесточивания рудничных электротехнических комплексов: монография / К.Н. Маренич. – Донецк: ООО «Технопарк ДонГТУ «УНИТЕХ», 2015. – 234 с.
2. Переходные процессы в системах электроснабжения: Учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп./ Г.Г.Пивняк, В.Н.Винославский, А.Я.Рыбалко, Л.И.Несен; Под ред. акад. НАН Украины Г.Г.Пивняка. - Москва: Энергоатомиздат; Днепропетровск: Национальный горный университет, 2003. - 548 с.: ил.
3. Черных И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB. SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 288 с., ил. (Серия «Проектирование»).
4. Герман-Галкин.С. Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. — СПб.: КОРОНА-Век, 2008. - 368 с.