

ОГРАНИЧЕНИЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ЗАМЫКАНИЯХ НА ЗЕМЛЮ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

*Сивокобыленко В.Ф., д-р. техн. наук,
Музалев В.В., Махинда Сильва, Агафонова Н.Е.
инженеры*

Сеть собственных нужд (с.н.) 6 кВ всех ТЭС работает в режиме с изолированной нейтралью питающего трансформатора. Частые однофазные замыкания на землю и сопровождающие их перенапряжения приводят к пробоям изоляции двигателей, кабелей, а в ряде случаев могут быть причиной пожаров.

При замыкании фазы на землю возникают сравнительно небольшие емкостные токи (порядка 1-1.5 А). Указанных токов не достаточно для надежной и селективной работы релейной защиты (РЗ), что способствует дальнейшему развитию повреждения, которое может перейти в междуфазное КЗ. Согласно статистически данным, собранным на Луганской ГРЭС (8 блоков по 2000 Мвт) за три года (1994-1996 гг.) произошло 183 случая выхода из строя электродвигателей из 200 установленных на станции. Около 30% повреждений произошло из-за различного рода замыканий в обмотках. При этом, одной из основных причин повреждений двигателей являются однофазные замыкания на землю, сопровождающиеся перенапряжением в сети с.н. В связи с изложенным, возникает задача разработки методов повышения надежности работы с.н. блочных электростанций.

В данной статье приводятся результаты математического моделирования процессов однофазного замыкания на землю при различных способах заземления нейтрали сети (нейтрали трансформаторов различной мощности через различные величины активного сопротивления, индуктивную дугогасящую катушку (ДГК) и др.).

За основу взята математическая модель, описанная в [1], дополненная учетом дугогасящей катушки и междуфазных емкостей. Схемы замещения элементов (двигателя, кабеля и трансформатора) представлены 2-х цепочными П-образными схемами. Пользуясь методом контурных токов, для схемы замещения с.н. получена система дифференциальных уравнений 50-го порядка, которая численно интегрируется неявным методом Эйлера.

Шаг интегрирования принимался равным 10 мкс и был выбран из условия получения заданной точности решения. В ходе работы было выяснено, что применение 2-х цепочной схемы замещения кабелей не требуется при длине их свыше 1 км.

Разработанная модель позволяет моделировать глухое замыкание фазы на землю и через перемежающуюся дугу, с погасанием ее при переходе через нуль высокочастотной составляющей (теория Петерсена) или составляющей тока промышленной частоты (теория Петерса и Слепяна), а также многократный пробой изоляции. При этом сеть с.н. принимается с изолированной нейтралью или с частично заземленной.

При горении перемежающейся дуги в сети с изолированной нейтралью максимальный уровень перенапряжений составляет около $3.5U_{\phi}$. В [2] рекомендуется для снижения перенапряжений и надежной работы РЗ заземлять нейтраль специально подключенного к сети трансформатора ТСЗК 63/10 (63 кВА) через активное сопротивление 100 Ом. Однако, как показали результаты моделирования, при этом он не обеспечивает должного подавления перенапряжений. После погасания дуги, восстанавливающееся напряжение имеет колебательный характер, в результате чего напряжение на большой фазе может возрасти до величины $1.6U_{\phi}$. Это может быть причиной очередного пробоя изоляции. Поэтому кафедрой "ЭС" ДонГТУ было предложено для заземления нейтрали сети использовать один из имеющихся в схеме с.н. трансформаторов ТСЗ-1000/10 (1000 кВА) и резистор сопротивлением 100-200 Ом. Уровень перенапряжений при этом, как показали исследования, снижается до $2.4U_{\phi}$, а восстанавливающееся напряжение имеет апериодический характер и не превышает U_{ϕ} .

При исследовании переходных процессов в сети, нейтраль которой заземлена через ДГК, выявлен положительный эффект резонансно настроенной катушки:

- а) снижение тока глухого замыкания на землю;
- б) плавное восстановление напряжения на поврежденной фазе после погасания дуги.

Однако с ростом расстройки резонанса, растут перенапряжения на большой фазе после погасания дуги. При расстройке на 25% (недокомпенсация), через 0.06 с после погасания дуги, на поврежденной фазе напряжение достигает величины $1.6U_{\phi}$, что, как уже отмечалось, может вызвать повторные пробой изоляции.

Таким образом результаты моделирования (рис. 1-2) показали, что из всех способов повышения надежности системы с.н. наиболее эффективным является использование трансформатора ТСЗ-1000/10 с заземленной через активное 120 Ом сопротивление нейтралью. При этом достигаются следующие преимущества:

- а) уровень перенапряжений не превышает $2.3U_{\phi}$ (испытательное напряжение двигателей 6 кВ – 14.1 кВ или $2.88U_{\phi}$);
- б) исключается возможность возникновения дуговых замыканий с многочисленными пробоями изоляции. Этому способствует, с одной стороны, плавное повышение напряжения на большой фазе после погасания дуги, а с

другой стороны, величина активно – емкостного тока замыкания, порядка 25-30 А, обеспечивает устойчивое горение дуги;

в) повышается надежность и четкость действия устройств РЗ из-за значительного увеличения коэффициента чувствительности.

Для быстрого устранения однофазных замыканий на землю требуется отключение от защиты без выдержки времени выключателя поврежденного присоединения. Защита от замыканий на землю трансформатора ТСЗ-1000/10 с заземленной через резистор нейтралью для селективности выполняется с выдержкой времени 0.5 с.

На рисунке 1 представлен результат моделирования в сети с.н. работающей с изолированной нейтралью при горении заземляющей дуги по теории Пе-

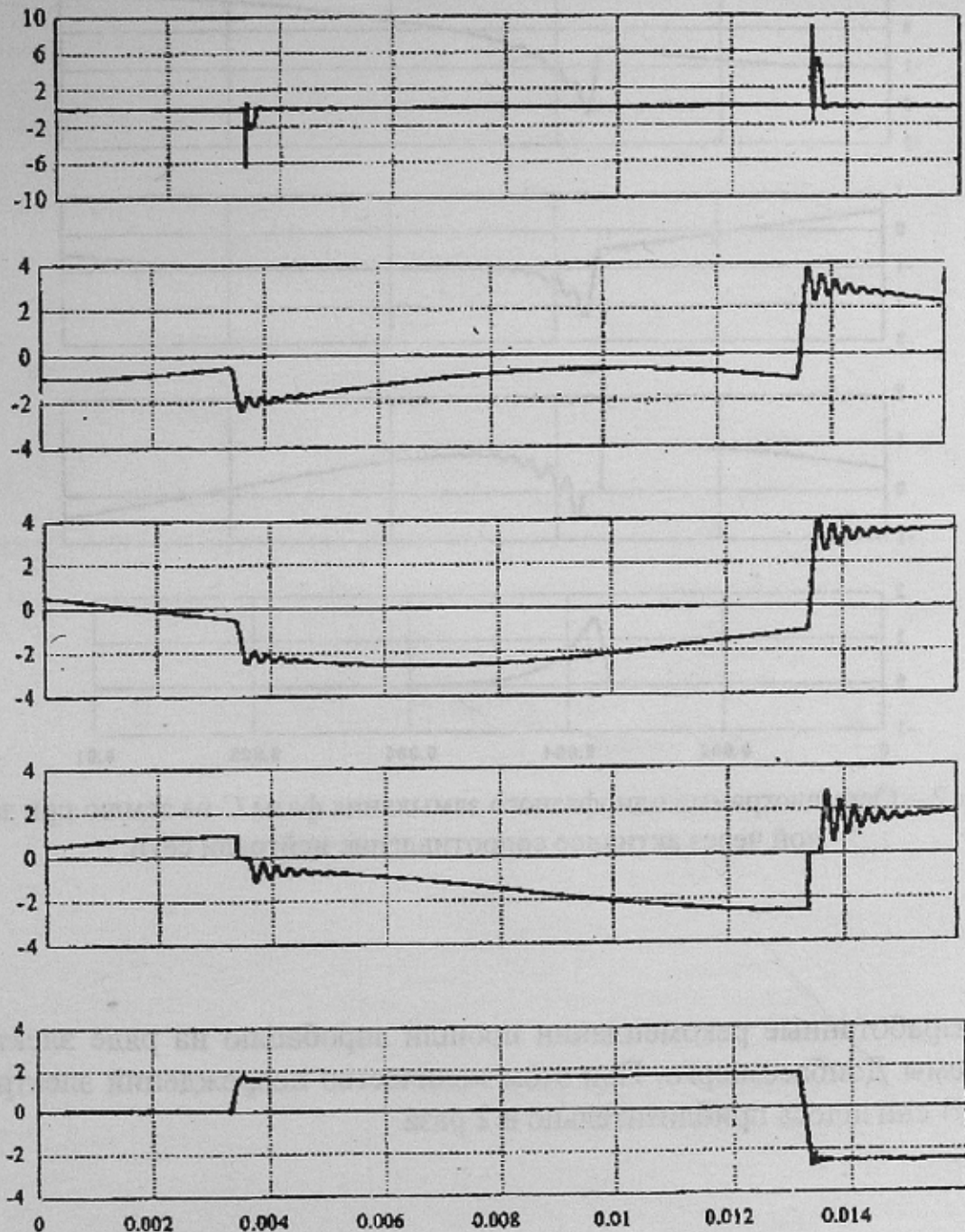


Рисунок 1 – Осциллограмма однофазного замыкания фазы С на землю при изолированной нейтрали сети

терсена. Кратность перенапряжений $3.6U_{\phi}$. Характер переходного процесса при предлагаемом способе ограничения перенапряжений представлен на рисунке 2. Нейтраль трансформатора ТСЗ-1000/10 при этом заземлена через сопротивление 120 Ом. Кратность перенапряжений составляет $2.2U_{\phi}$.

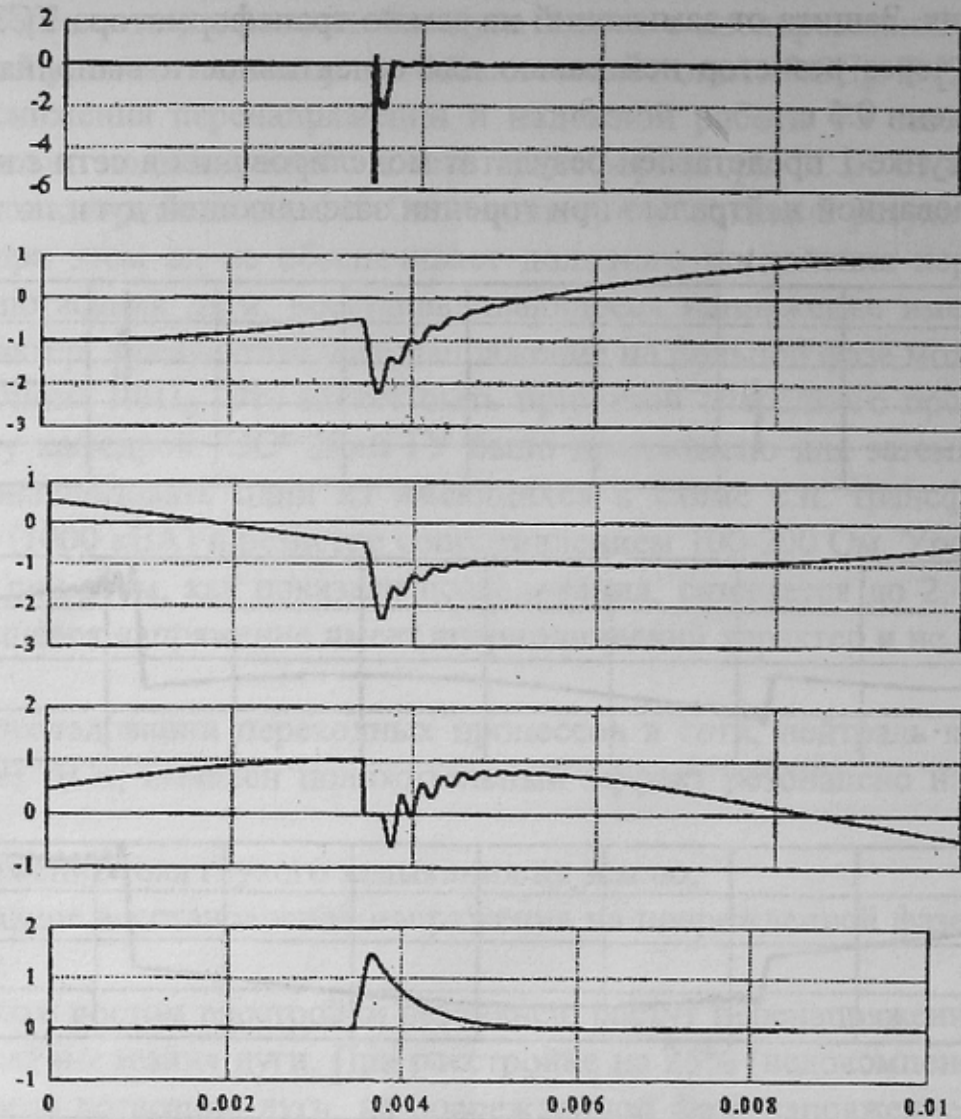


Рисунок 2 – Осциллограмма однофазного замыкания фазы С на землю при заземленной через активное сопротивление нейтрали сети

Разработанные рекомендации прошли апробацию на ряде электростанций системы Донбассэнерго. При этом количество повреждений электродвигателей 6 кВ снизилось приблизительно в 2 раза.

Список литературы

1. Сивокобыленко В.Ф., Дергилев М.П., Иванов С.А., Балашов В.М. Ограничение перенапряжений в системе собственных нужд электростанций. // Энергетика и электрификация. – 1996. – с. 20-22.
2. Электротехнический справочник: В 3 т., 2 кн. Производство и распределение электроэнергии. (Под общ. ред. профессора МЭИ Орлова и др.) 7-е изд. / М.: Энергоиздат, 1988. – с. 657-658.