

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ СЕТЕЙ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ПРИ ЗАМЫКАНИЯХ ФАЗЫ НА ЗЕМЛЮ

Сивокобыленко В. Ф., Лебедев В. К., Левшов А. В., Махинда Сильва
 Донецкий государственный технический университет
 Svf@elf.dgtu.donetsk.ua

The principal limited overvoltage scheme in neutral point nets is suggested. The scheme works by means of transmittig net in the solid short-circuit mode if there is ground arcing short-circuit. This process decreases probability of equipment damage in other modes and increases net work reliability.

Наиболее частым видом повреждения в системе собственных нужд (С.Н.) 6 кВ тепловых и атомных электростанций являются однофазные замыкания на землю, что приводит к возникновению перенапряжений, повреждению изоляции электрооборудования, пожарам и т.д. Однофазные замыкания на землю могут быть глухими или через перемежающуюся дугу. Последние представляют наибольшую опасность, т.к. они сопровождаются большими перенапряжениями, достигающими значений $(3 \div 3.8)U_{\phi}$, а также переходами в междуфазные короткие замыкания.

Для повышения надежности работы сетей С.Н. электростанций с изолированной нейтралью циркулярами Ц-01-88 и Ц-01-97 [1,2] предписано частичное заземление нейтрали сети через активное сопротивление величиной 100 Ом. В этом случае перенапряжения понижаются до уровня $(2+2.5)U_{\phi}$ и повышается чувствительность устройств релейной защиты, т.к. ток в месте замыкания на землю от чисто емкостного в $(3 \div 12)A$ возрастает на величину дополнительного активного тока порядка 30А.

Исследования, проведенные на математической и физической моделях [3] показали, что отмеченным выше директивным решениям [1,2] присущи следующие недостатки. Во-первых, в системе С.Н. существующих электростанций требуется установка дополнительно громоздкого оборудования: присоединительного трансформатора ТСНЗ-63/10 мощностью 63 кВА и блока заземляющего резистора с общим активным сопротивлением 100 Ом, который состоит из двух групп последовательно включенных бетеловых резисторов, причем каждая из групп содержит по четыре резистора сопротивлением 200 Ом каждый, соединенных параллельно [4]. Во-вторых, увеличение тока замыкания на землю до 30 А и более, существенно увеличивает объем разрушений в месте замыкания и вероятность перехода однофазного замыкания в многофазное короткое замыкание.

В тоже время Циркуляр Ц-01-97 менее категоричен в отношении своих требований и разрешает применение других альтернативных решений для повышения надежности работы сети С.Н. электростанций при однофазных замыканиях на землю, изложению которых и посвящена данная статья.

В работе предлагается повысить надежность работы сетей С.Н. 6кВ электростанций за счет перевода всех, возникающих в системе С.Н. однофазных замыканий на землю в глухие замыкания. Для этой цели следует подключить между сборными шинами 6кВ и землей три однополюсных выключателя с индивидуальным приводом и управлением (рис.1).

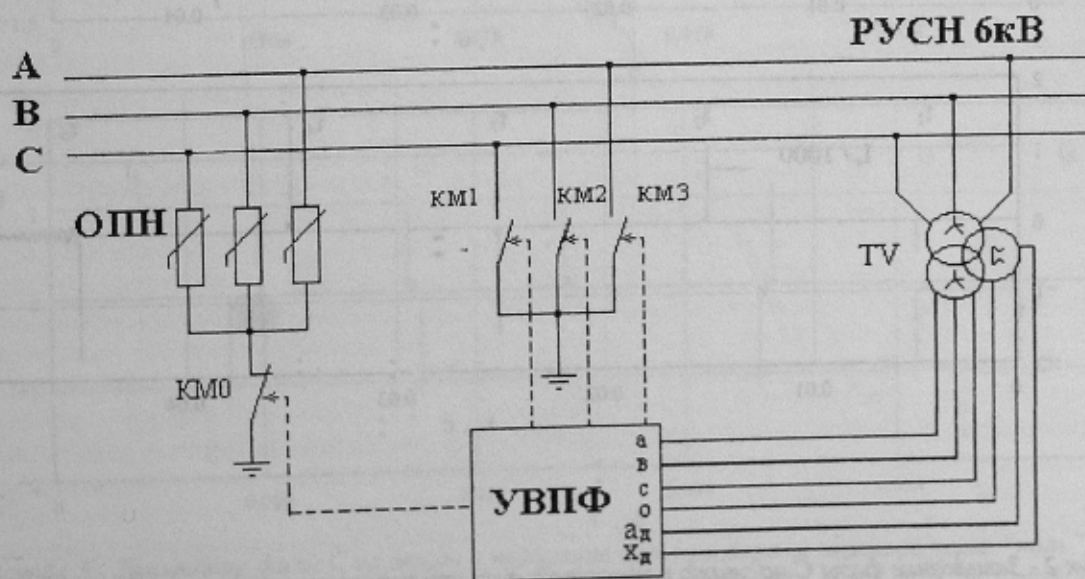


Рисунок 1 - Принципиальная схема ограничения перенапряжений и перевода дуговых замыканий в глухие

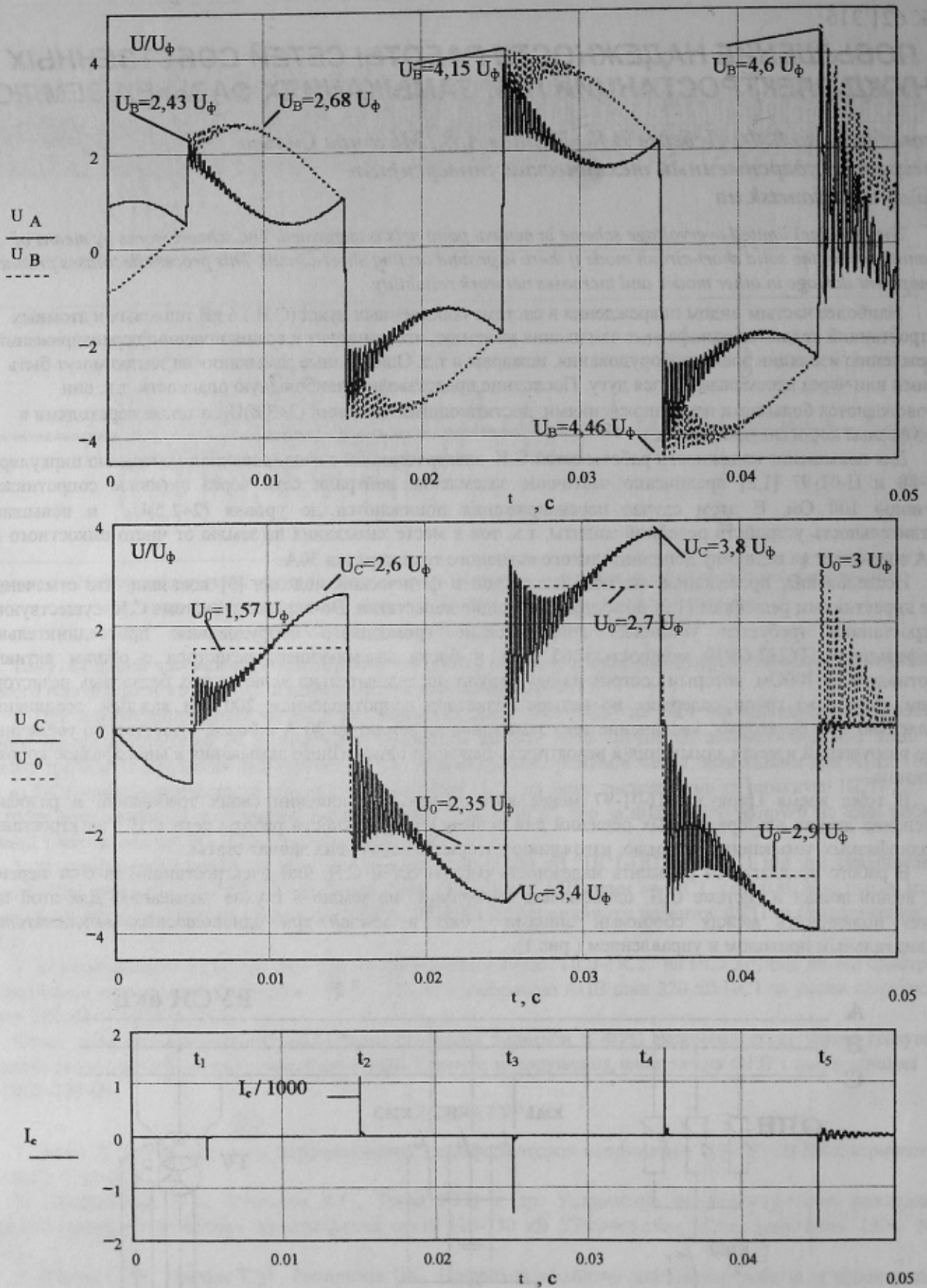


Рисунок 2 - Замыкание фазы C на землю и погасание дуги при первом переходе через "ноль" тока высокочастотных колебаний ($C=3\text{мкФ}$, $I_{C2}=10\text{А}$)

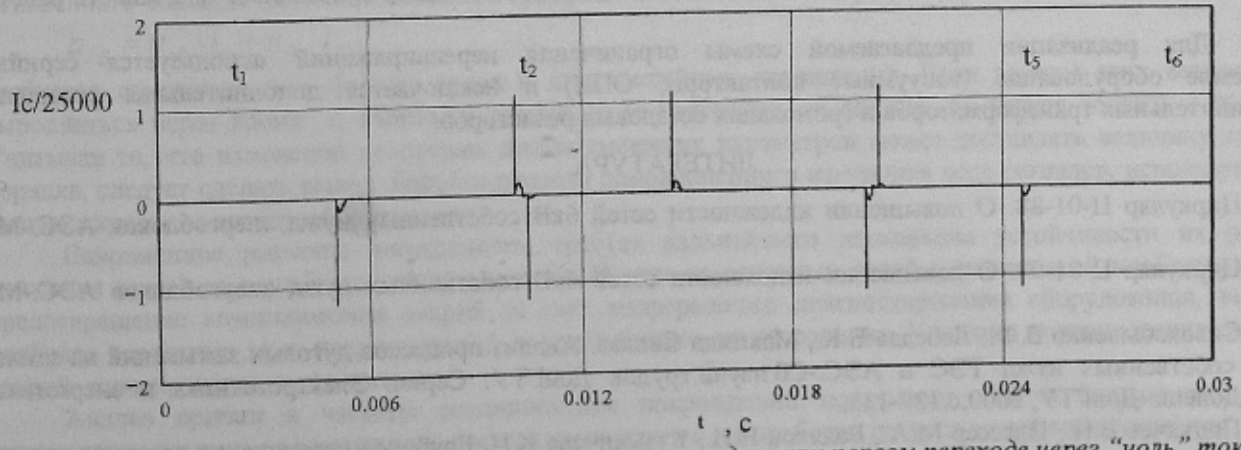
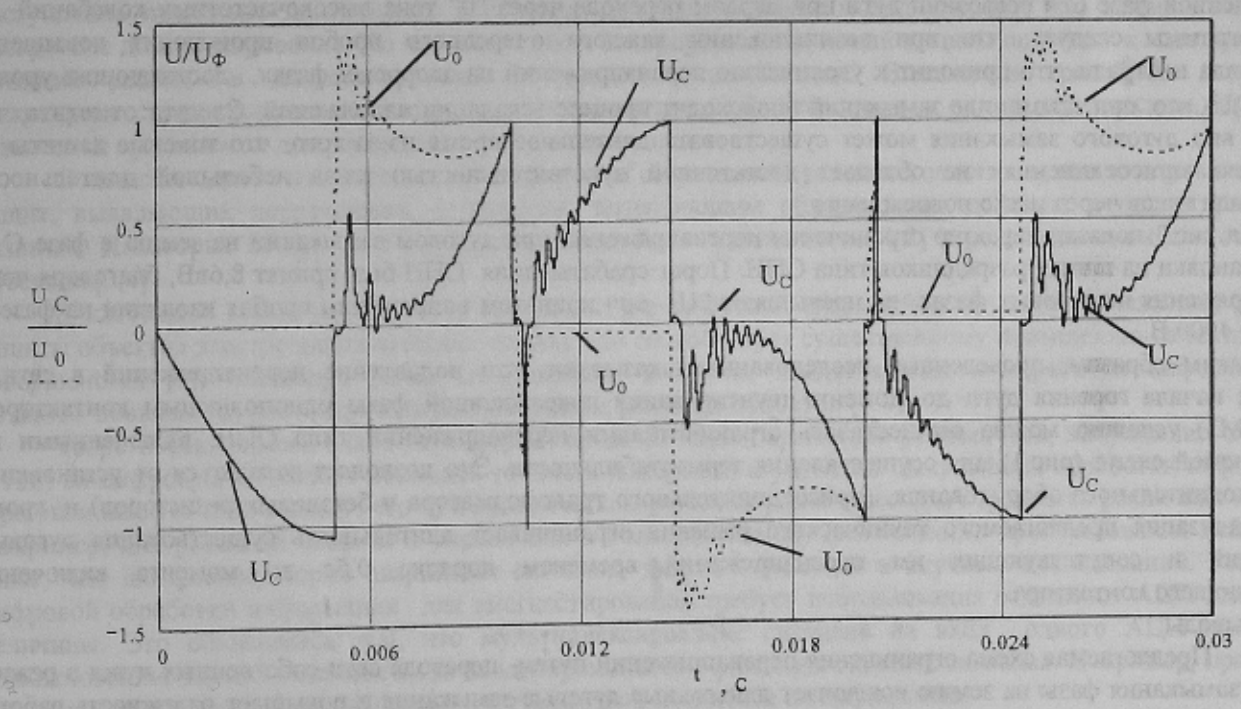
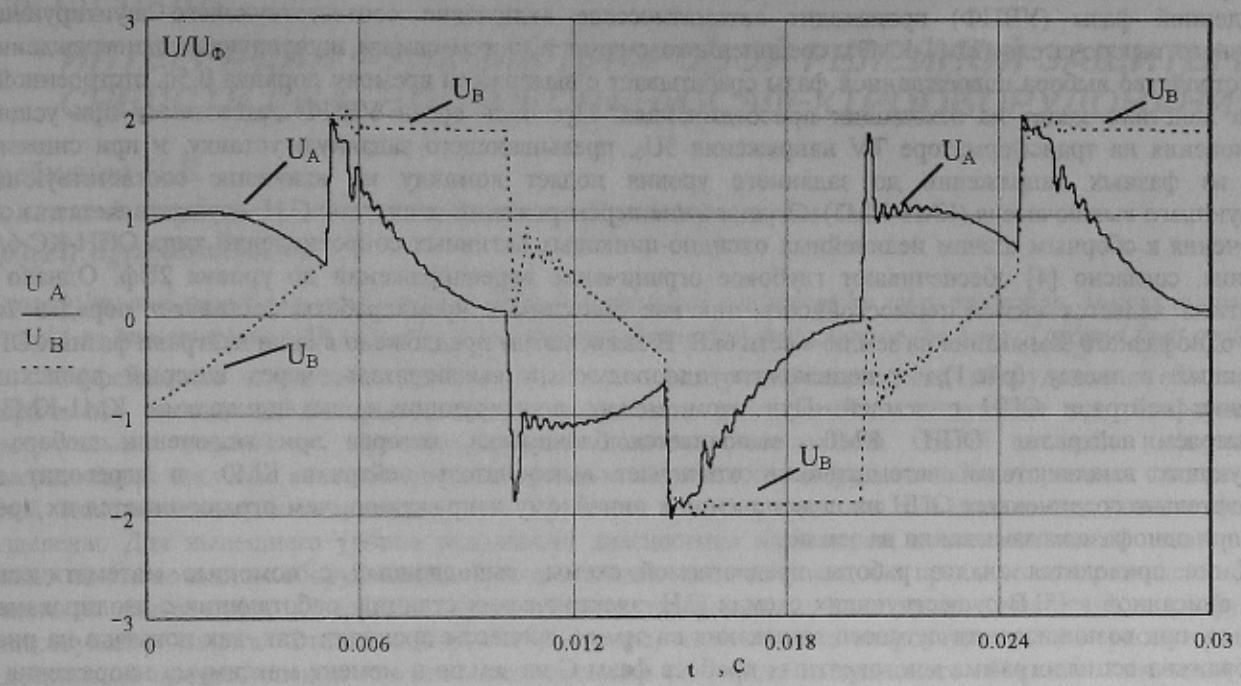


Рисунок 3 - Замыкание фазы С на землю и погасание дуги при первом переходе через "ноль" тока высокочастотных колебаний при установке на шинах ОПН с $U_{эф} = 8,5 \text{ кВ}$ ($C = 3 \text{ мкФ}$, $U_{нр} = 4900 \text{ В}$)

При возникновении любого вида однофазного замыкания на землю с помощью устройства выбора поврежденной фазы (УВПФ) происходит автоматическое включение соответствующего шунтирующего однофазного выключателя (КМ1-КМ3), соединенного с землей, и тем самым шунтирующего поврежденную фазу. Устройство выбора поврежденной фазы срабатывает с выдержкой времени порядка 0.5с, отстроенной от времени действия защит на отходящих присоединениях. Пусковой орган УВПФ срабатывает при условии возникновения на трансформаторе TV напряжения $3U_0$, превышающего заданную уставку, и при снижении одного из фазных напряжений до заданного уровня подает команду на включение соответствующего шунтирующего выключателя (КМ1-КМ3). Ограничение перенапряжений в системе С.Н. осуществляется за счет подключения к сборным шинам нелинейных оксидно-цинковых активных сопротивлений типа ОПН-КС-6/47. Последние, согласно [4] обеспечивают глубокое ограничение перенапряжений до уровня $2U_{ф}$. Однако их недостатком является низкая термостойкость, так как допустимое время работы составляет порядка 2с в режиме однофазного замыкания на землю в сети 6кВ. В связи с этим предложено в цепи нейтрали фазных ОПН, соединенных в звезду (рис.1), подключить однополюсный выключатель, через который происходит соединение нейтрали ОПН с землей. При этом между шунтирующими выключателями КМ1-КМ3 и выключателем нейтрали ОПН выполняется блокировка, которая при включении любого из шунтирующих выключателей автоматически отключает выключатель нейтрали КМ0 и переводит два последовательно соединенных ОПН на подключение к линейному напряжению, чем ограничивается их время работы при однофазном замыкании на землю.

Далее приводится анализ работы предлагаемой схемы, выполненный с помощью математической модели, описанной в [5]. В существующих схемах С.Н. электрических станций, работающих с изолированной нейтралью, при возникновении дугового замыкания на землю процессы проходят так, как показано на рис.2, где изображена осциллограмма многократных пробоев фазы С на землю в момент максимума напряжения на поврежденной фазе С и погасаний дуги при первом переходе через "0" тока высокочастотных колебаний. Из осциллограммы следует, что при возникновении каждого очередного пробоя происходит повышение потенциала нейтрали, что приводит к увеличению перенапряжений на здоровых фазах, достигающих уровня $(3,8 \div 4,6)U_{ф}$, т.е. при таком виде замыканий происходит процесс эскалации напряжений. Следует отметить, что данный вид дугового замыкания может существовать длительное время из-за того, что токовые защиты на отходящих присоединениях не обладает достаточной чувствительностью из-за небольшой длительности протекания токов через место повреждения.

На рис.3 показан характер ограничения перенапряжений при дуговом замыкании на землю в фазе С за счет установки на шинах разрядников типа ОПН. Порог срабатывания ОПН был принят 8,6кВ, благодаря чему перенапряжения в здоровых фазах не превышают $2U_{ф}$ при принятом напряжении пробоя изоляции на фазе С равному 4900 В.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что подавление перенапряжений в сети с момента начала горения дуги до момента шунтирования поврежденной фазы однополюсным контактором (КМ1-КМ3) успешно можно осуществлять ограничителями перенапряжений типа ОПН, включенными по предлагаемой схеме (рис.1) для осуществления термостабильности. Это позволяет отказаться от установки в сети дополнительного оборудования (присоединительного трансформатора и бетэловых резисторов) и, кроме того, реализация предлагаемого технического решения ограничивает длительность существования дуговых замыканий и сопутствующих им перенапряжений временем порядка 0.5с до момента включения шунтирующего контактора.

Выводы:

1. Предлагаемая схема ограничения перенапряжений путем перевода сети собственных нужд в режим глухого замыкания фазы на землю исключает длительные дуговые замыкания и повышает надежность работы сети.
2. Для реализации предлагаемой схемы ограничения перенапряжений используется серийно выпускаемое оборудование (вакуумные контакторы, ОПН) и исключается дополнительная установка присоединительных трансформаторов и громоздких бетэловых резисторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Циркуляр Ц-01-88. О повышении надежности сетей 6кВ собственных нужд энергоблоков АЭС.-М., 1988.
2. Циркуляр Ц-01-97. О повышении надежности сетей 6кВ собственных нужд энергоблоков АЭС.-М., 1997.
3. Сивокобыленко В.Ф., Лебедев В.К., Махинда Сильва. Анализ процессов дуговых замыканий на землю в сетях собственных нужд ТЭС и АЭС.-Сб.научн.трудов ДонГТУ. Серия: Электротехника и энергетика, вып.17:-Донецк: ДонГТУ, 2000,с.129-133.
4. Подъячев В.Н., Плессер М.А., Беляков Н.Н., Кузьмичева К.И. Глубокое ограничение перенапряжений при замыканиях на землю в сети собственных нужд ТЭС.-Энергетик, 1999, №2, с.20-21.
5. Сивокобыленко В.Ф., Лебедев В.К., Махинда Сильва. Математическая модель для исследования переходных процессов при замыкании фазы на землю в сетях 6-10 кВ. -Сб.научн.трудов ДонГТУ. Серия: Электротехника и энергетика, вып.4:-Донецк: ДонГТУ, 1999,с.221-226.