

УДК 62-50:519.216

О НЕОБХОДИМОСТИ ПЕРЕВОДА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 6-35 кВ НА РЕЖИМ РЕЗИСТИВНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ

ВИШТИБЕЕВ А.В.

Новосибирский Государственный Технический Университет

В статье анализируются достоинства и недостатки различных способов заземления нейтрали и приводится обоснование необходимости перевода электрических сетей 6-35 кВ различного конструктивного исполнения и назначения на режим резистивного заземления нейтрали.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в ряде стран Европейского сообщества и бывшего СССР сетях 6-35 кВ назрела пора перехода от режима изолированной нейтрали или нейтрали, заземленной через дугогасящий реактор (ДГР) к режиму резистивно-заземленной нейтрали.

Причины по которым проблеме режима эксплуатации нейтрали сетей 6-35 кВ уделяется повышенное внимание вполне объективны и состоят в следующем:

1. Постоянно усложняющаяся конфигурация и увеличение мощности сетей.
2. Растущие требования к бесперебойности электроснабжения потребителей.
3. Растущие требования к надежности эксплуатации и электробезопасности сетей.
4. Внедрение новых современных средств распределения электроэнергии.
5. Растущие требования к устройствам ограничения перенапряжений и к электромагнитной совместимости технических устройств.
6. Растущие требования к селективности и помехоустойчивости, чувствительности и быстрдействию устройств релейной защиты и автоматики.

В настоящее время, согласно действующему стандарту [1], трехфазные электрические сети разделяются на сети с изолированной и заземленной нейтралью. Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) эффективность заземления нейтрали нормируется коэффициентом замыкания на землю, под которым понимается наибольшее отношение разности потенциалов между неповрежденной фазой и землей в точке замыкания к разности потенциалов между фазой и землей в этой точке до замыкания. Этот коэффициент не должен превышать величины 1.4.

Целесообразность требований к работе сетей с заземленной нейтралью, изложенных в [1] и [2], и однозначность вытекающих из этих требований задач релейной защиты и автоматики убедительно подтверждаются многочисленными научными исследованиями и многолетним опытом эксплуатации сетей 110 кВ и более. Что касается сетей напряжением 3-35 кВ, то требования к режиму работы их нейтрали, регламентируемые ПУЭ и ПТЭ, не являются по мнению многих авторов научных исследований бесспорными.

В соответствии с [1] и [2] работа электрических сетей напряжением 3-35 кВ должна предусматриваться с изолированной или заземленной через ДГР нейтралью. Компенсация емкостного тока замыкания на землю должна применяться при значениях этого тока в сетях напряжением 3-20 кВ, имеющих железобетонные или металлические опоры на воздушных линиях электропередачи, и во всех сетях напряжением 35 кВ - более 10А. В сетях, не имеющих железобетонных или металлических опор на воздушных линиях, при напряжении 3-6 кВ - более 30 А; при напряжении 10 кВ - более 20 А; при напряжении 15-20 кВ - более 15 А. В схемах напряжением 6-20 кВ блоков генератор-трансформатор (на генераторном

напряжении) - более 5 А. При токах замыкания на землю более 50 А рекомендуется применение не менее двух заземляющих ДГР. Согласно ПУЭ [3] в сетях с изолированной нейтралью предусматривается селективная защита от однофазных замыканий на землю, действующая на сигнал или, когда это необходимо по требованиям безопасности, на отключение без выдержки времени. Обычно при действии защиты на сигнал допускается работа сети с замыканием на землю в течение не более двух часов.

Сформулированные в ПУЭ и ПТЭ требования к режиму нейтрали сетей 3-35 кВ являются следствием некоторых преимуществ, которые дает работа электрических сетей с изолированной нейтралью. К этим преимуществам обычно относят: сохранение непрерывности электроснабжения потребителей при однофазных замыканиях на землю; повышение рабочего ресурса выключателей за счет сокращения числа отключения к.з.; более низкие требования к заземляющим устройствам, связанные с малыми значениями токов замыкания на землю. В то же время, накопленный в нашей стране и за рубежом многолетний опыт эксплуатации сетей 3-35 кВ, а также проведенные в различных организациях исследования указывают на то, что электрическим сетям, как с полностью изолированной нейтралью, так и компенсацией емкостных токов с помощью ДГР, свойственны весьма существенные недостатки.

Рассмотрим возможные режимы заземления нейтрали сетей 6-35 кВ с их достоинствами и недостатками.

Сети с изолированной нейтралью.

В некомпенсированных сетях с изолированной нейтралью существует большая вероятность возникновения перемежающейся дуги. По некоторым данным, около 60-80% всех замыканий на землю в этих электрических сетях носит именно такой характер [4]. Обычно характер процесса перемежающейся дуги непостоянен: разные его формы сменяют одна другую с различной случайной последовательностью [5], [6,7]. Однако, независимо от причины возникновения перемежающегося замыкания на землю и характера процесса его протекания, оно неизбежно вызывает повышение напряжений в сети. Это обусловлено процессом перезарядки емкостей фаз относительно земли. Кратность перенапряжений обычно не превышает величины $3U_{\Phi m}$, но в определенных случаях может достигать значений $(3.5-4.5)U_{\Phi m}$ [8, 9]. *Особо подчеркнем, что перемежающиеся дуги могут возникать в сетях с изолированной нейтралью при любых токах замыкания на землю.*

Согласно теории Петерса и Слепяна [10] дуга гаснет в момент прохождения через нуль составляющей тока рабочей частоты и снова зажигается через полпериода этой частоты, то есть погасание и зажигание происходит один раз за период. При этом наибольшие перенапряжения достигаются во втором периоде рабочей частоты. Возникновение перемежающейся заземляющей дуги в месте повреждения наиболее вероятно в начальной стадии развития однофазного замыкания. Следовательно, наибольшие перенапряжения могут возникать в электрической сети не позднее, чем через 0.04 секунды с момента появления однофазного замыкания на землю. В этой связи следует вывод, что *нельзя с помощью современных средств релейной защиты и автоматики предотвратить появление при однофазных замыканиях опасных перенапряжений.* Реально можно рассчитывать на отключение, в общем виде любого замыкания, за время не менее чем (0.15-0.2) с.

При однофазных замыканиях на землю, а также при нормальном режиме работы, в электрических сетях иногда наблюдаются своеобразные процессы, непосредственно зависящие от режима нейтрали, обычно именуемые феррорезонансными. Эти процессы характерны для некомпенсированных сетей с изолированной нейтралью хотя в некоторых случаях они возможны и при других режимах нейтрали электрической сети. Это представляет значительную опасность для присоединенных к сети ТН и другого

оборудования. Согласно данным, приведенным в [11] ТН типа НТМИ при возникновении феррорезонанса повреждается в течение 3-10 минут.

Теория феррорезонансных процессов подробно исследована и изложена в работе [12]. Из большого числа теоретических и практических результатов, приведенных в этой работе, отметим следующее. Несимметрия емкостей фаз относительно земли, атмосферные явления, передача смещения нейтрали через емкости между обмотками понижающих трансформаторов могут быть причиной самопроизвольного смещения нейтрали фазных напряжений. В условиях самопроизвольного возрастающего смещения нейтрали токи в фазах ТН достигают больших значений, в десятки раз превышающих номинальные, что приводит к перегоранию предохранителей ТН или сгоранию их обмоток. Вследствие нелинейности индуктивностей намагничивания ТН токи намагничивания имеют сильно искаженную форму. Поэтому иногда явления феррорезонанса наступают на половинной, двойной или тройной частоте. Скорость протекания феррорезонансных явлений и вероятность их появления в неповрежденных сетях с изолированной нейтралью, *исключают возможность предотвращения этих опасных процессов с помощью средств релейной защиты*. Действительно, в работе [13], например, описаны случаи, когда в сетях напряжением 6-35 кВ при небольшой емкости фаз и наличии заземленных ТН фазовые напряжения без каких-либо видимых причин искажались; напряжение на одной из фаз становилось равным нулю, как при металлическом замыкании на землю; явления истолковывались как замыкание на землю, тогда как в действительности они были следствием самопроизвольного смещения нейтрали.

Следствием дуговых или феррорезонансных явлений очень часто является их переход в двойные или многофазные. Об этом говорит статистика любых распределительных сетей: число однофазных замыканий, фиксируемых по появлению напряжения нулевой последовательности и не отключаемых релейной защитой, составляет 10-20% от общего числа отключаемых повреждений. В то же время, для сетей напряжением 110 кВ известно, что доля однофазных замыканий составляет 60-90%. По мнению ряда авторов [8], [12] в воздушных сетях 6-35 кВ первичные однофазные замыкания составляют тот же процент. Таким образом, не фиксируемые контролем изоляции, отключаемые повреждения - это, в своем большинстве, - аварии, развившиеся из однофазных замыканий на землю. Этот же факт свидетельствует о том, что несмотря на большое количество технических решений по селективной защите фидеров при однофазных замыканиях [14] широкого применения в практике они не нашли.

Достоинства:

1. Относительно малый ток замыкания на землю.
2. Поддержание бесперебойной работы сети при наличии ОЗЗ.
3. Незначительное влияние на соседние установки (относительно простые устройства заземления).
4. Возможность самоустранения повреждения при соблюдении условий дугогашения.

Недостатки:

1. Продление аварийного режима работы сети (повышенная нагрузка на изоляцию в связи с повышением напряжения здоровых фаз в $\sqrt{3}$ раз).
2. Высокая вероятность возникновения междуфазных, двойных замыканий на землю и повреждений электротехнического оборудования.
3. Значительные кратности внутренних перенапряжений при дуговых замыканиях на землю и связанные с ними феррорезонансные явления.
4. Недостаточная безопасность эксплуатации сети, не удовлетворяющая современным требованиям (возможность длительного существования опасных напряжений прикосновения (до 2 часов), возникновения однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) через железобетонные опоры со спекшимся грунтом у основания, возможность перекрытия

изоляции коммутационных устройств при оперативных переключениях, обрывах и падениях проводов воздушных линий).

5. Неудовлетворительная селективность и помехоустойчивость устройств релейной защиты и автоматики, их недостаточная чувствительность и быстродействие.
6. Сложность определения места замыкания.
7. Смещение нейтрали

Сети с нейтралью, заземленной через ДГР.

Применение ДГР можно считать эффективным и оправданным только в том случае, если емкостный ток однофазного замыкания на землю полностью компенсируется индуктивностью, которая включается непосредственно между нейтральной точкой какого-либо оборудования (обычно силового трансформатора) и землей. Однако, для реализации этого положения необходимо обеспечить по крайней мере три условия:

- идеально симметрировать сеть (практически до нулевого напряжения несимметрии в нейтрали);

- автоматизировать подстройку индуктивности ДГР, как в нормальном режиме, так и в режиме ОЗЗ, к изменяющимся в широких пределах параметрам сети (согласно ПУЭ допустимое значение расстройки ДГР не должно превышать величины 5%);

- обеспечить компенсацию не только основной, но и высших гармонических составляющих токов однофазных замыканий на землю.

При невыполнении этих условий неминуемо будет наблюдаться высокая аварийность кабельных сетей в основном из-за множественных повреждений при ОДЗ.

Как показывает практика эксплуатации, эти условия наиболее полно обеспечиваются только в кабельных сетях с высоким уровнем эксплуатации, главным образом, на электрических станциях. В городских сетях требуемая компенсация емкостного тока встречается реже, а в распределительных сетях с воздушными линиями практически отсутствует [12]. На вопросе практического обеспечения условий для идеальной компенсации емкостных токов замыкания на землю следует, на наш взгляд, остановиться подробнее.

Первое. Несимметрия воздушных сетей обусловлена неодинаковым расположением проводов относительно земли и может также возникать при обрыве фазы (без замыкания на землю). В сетях 10 кВ она обычно составляет 1-3%, а в сетях 35 кВ - 7-8%. К известным способам ограничения напряжения нейтрали относятся следующие: 1) компенсация напряжения нейтрали дополнительным источником ЭДС; 2) транспозиция фаз линий электропередачи; 3) автоматическое симметрирование проводимостей фазных проводов относительно земли путем подключения емкости между фазами сети и землей; 4) автоматическое регулирование добротности контура нулевой последовательности (КПН) сети; 5) диссонансная настройка ДГР. Включение дополнительного источника ЭДС в нейтраль сети практического применения не нашло вследствие сложности устройства, которое должно одновременно реагировать на изменение фазы и амплитуды напряжения нейтрали. Транспозиция требует проведения сложных расчетов и значительных затрат времени на оперативные переключения, что приводит к перерывам электроснабжения потребителей с односторонним питанием. Автоматическое симметрирование проводимостей фазных проводов требует изменения подключаемых емкостей при каждом изменении конфигурации и протяженности сети. Поскольку коммутации сети часто производит потребитель, то описанная мера практически не находит применения. Параметры КПН сети можно изменять за счет включения резистора параллельно ДГР. Такое включение при наличии высоковольтного быстродействующего коммутатора позволяет ограничить напряжение нейтрали до допустимого уровня. Однако при этом невозможна автоматическая настройка компенсации в нормальном режиме сети, вследствие влияния сопротивления резистора на эквивалентную реактивную проводимость ДГР. В связи с изложенным, на

практике, для ограничения напряжения нейтрали используется только диссонансная настройка ДГР, которая осуществляется изменением индуктивности реактора от резонанса в сторону перекомпенсации. Снижение напряжения нейтрали до допустимого уровня достигается значительной расстройкой компенсации, превышающей 5% , что значительно ухудшает условия гашения заземляющих дуг. При неточной настройке ДГР и неустойчивом замыкании на землю после каждого обрыва дуги, а также после отключения замыкания на землю, возможно возникновение биений напряжения. Свободное напряжение нейтрали складывается с подведенными фазными напряжениями рабочей частоты. В результате напряжения трех фаз поочередно увеличиваются (теоретически при отсутствии потерь до $2U_{\phi m}$) [15]. Только при точной компенсации, сохраняющейся и после обрыва дуги, биения не возникают. Поскольку в реальных условиях вместе с дугой отключается и часть емкости сети, то в случае перекомпенсации ДГР возможно повышение напряжения на поврежденной фазе, ориентировочно до $1.5U_{\phi m}$ [15].

Второе. Задача построения универсальных ДГР, подстраивающихся к изменениям параметров сети, очень сложна [16]. Необходимое для практики изменение параметров ДГР (во всем диапазоне изменения режимов работы и конфигурации распределительных сетей) можно обеспечить только за счет применения адаптивных регуляторов.

Третье. В случае замыкания фазы на землю ток замыкания зависит от ЭДС эквивалентного генератора, которая равна напряжению фазы в точке повреждения в предыдущем режиме. Следовательно, помимо тока основной частоты возникают дополнительные составляющие токов высших гармоник, на которые ДГР, настроенный на частоту 50 Гц, оказывает незначительное влияние. При наложении высших гармоник напряжения или тока они складываются в квадратуре. Поэтому, относительно небольшая гармоника напряжения может вызвать значительную составляющую тока замыкания на землю. Например, если в фазном напряжении содержится девятая гармоника, равная всего 2% этого напряжения, то она вызывает соответствующую гармонику тока, равную (при полной компенсации первой гармоники) 17.8% емкостного тока основной частоты. В ряде работ [17], [18] указывается на заметный рост уровня высших гармоник в фазных напряжениях и, соответственно, в токах однофазных замыканий на землю. Эта тенденция типична для промышленных и городских сетей и находится в прямой зависимости от их развития (увеличение общей длины распределительных сетей; усложнение их конфигурации; увеличение числа потребителей, включающих в свой состав преобразовательную технику и т. д.).

Таким образом, задача идеальной (в определенном смысле этого слова) компенсации емкостного тока однофазного замыкания на землю имеет в общем случае только теоретическое решение, причем не одно. Практически, распределительные сети с компенсацией емкостного тока замыкания на землю в большинстве своем имеют те же недостатки, которые характерны для режима полностью изолированной нейтрали.

Достоинства:

1. Снижение кратностей перенапряжений.
2. Малый остаточный ток замыкания на землю.
3. Поддержание бесперебойной работы сети при наличии ОЗЗ.
4. Незначительное влияние на соседние установки (относительно простые устройства заземления).
5. Возможность самоустранения повреждения при соблюдении условий гашения дуги.

Недостатки:

1. Продление аварийного режима работы сети (повышенная нагрузка на изоляцию в связи с повышением напряжения здоровых фаз в $\sqrt{3}$ раз).
2. Сложность определения места замыкания - еще более, чем в случае с изолированной нейтралью, затрудняется задача по построению селективной защиты от ОЗЗ.

3. Сложность настройки ДГР и их согласования друг с другом.
4. Значительные затраты на устройства автоматической компенсации и катушки.
5. Недостаточная безопасность эксплуатации сети, не удовлетворяющая современным требованиям (возможность длительного существования опасных напряжений прикосновения (до 2 часов), возникновения однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) через железобетонные опоры со спекшимся грунтом у основания, возможность перекрытия изоляции коммутационных устройств при оперативных переключениях, обрывах и падениях проводов воздушных линий).
6. Неудовлетворительная селективность и помехоустойчивость устройств релейной защиты и автоматики, их недостаточная чувствительность и быстродействие.
7. Смещение нейтрали.

Сети с резистивно-заземленной нейтралью

В работах отечественных [8], [12], [19], [20] и зарубежных авторов [21], [22] как весьма перспективная альтернатива режиму изолированной нейтрали и нейтрали, заземленной через ДГР, рассматривается резистивное заземление нейтрали [4]. Показано, что заземление нейтрали сетей 6-35 кВ через сопротивление дает по крайней мере два преимущества, позволяющие резко повысить надежность и безопасность сети до уровня, достигающего (а порой и превышающего) надежность сетей напряжением 110 кВ и выше. Это:

- полная ликвидация феррорезонансных перенапряжений и снижение кратности дуговых перенапряжений до $(2.0-2.5) U_{Фм}$, то есть гарантированная локализация однофазных замыканий, не позволяющая развиться последним в более серьезные аварии;
- возможность создания простой и надежной селективной защиты от однофазных замыканий, построенной на принципе появления активного тока в поврежденном фидере. Это повышает безопасность сетей, снижая на несколько порядков вероятность поражения при однофазных замыканиях и полностью исключает не обеспеченные защитным замыканием двойные замыкания на землю.

Достоинства:

1. Снижение кратностей перенапряжений до уровня безопасного для электрооборудования сети.
2. Возможность построения простой, селективной и надежной защиты от ОЗЗ, основанной на принципе протекания активной составляющей тока ОЗЗ только по поврежденному присоединению.
3. Незначительные (по сравнению с ДГР) затраты на производство резисторов.
4. Отсутствие необходимости согласовывать резисторы друг с другом и автоматически изменять их параметры.
5. Малое напряжение нейтрали.
6. Малая длительность ОЗЗ (при работе защиты на отключение).
7. Селективное определение поврежденного присоединения с последующим отключением (при работе на сигнал).
8. Возможность сохранения преимуществ сетей с изолированной нейтралью, обусловленных относительно небольшими токами замыкания на землю, при правильном выборе величин сопротивлений и энергетических характеристик резисторов и средств релейной защиты и автоматики (при применении высокоомных резисторов).

Недостатки:

1. Увеличение тока ОЗЗ по сравнению с режимами изолированной нейтрали.
2. Невозможность поддержания бесперебойной эксплуатации сети при наличии ОЗЗ (при действии РЗ на отключение).

Отметим, что недостатки сетей с резистивным заземлением нейтрали по сути дела являются не недостатками, а объективными факторами, вытекающими из данного способа

заземления нейтрали. Кроме того, по нашему мнению, ОЗЗ - есть авария, и необходимо отключение поврежденного присоединения.

Методика, основанная на системном подходе, включающем в себя учет назначения и конструктивного исполнения сетей, анализ перенапряжений, расчет стационарных режимов и переходных процессов, позволяющая определять необходимые параметры резисторов - величины сопротивлений и их энергетические характеристики, выбирать схемы их подключения, принципы функционирования и необходимые технические средства релейной защиты (РЗ) сетей 6-35 кВ различного исполнения и назначения детально рассмотрена и приведена в [23].

Рассмотрев и сопоставив все достоинства и недостатки сетей 6-35 кВ можно сделать следующие выводы.

ВЫВОДЫ

1. Режим изолированной нейтрали в сетях 6-35 кВ имеет существенные недостатки, негативно влияющие на эксплуатацию этих сетей и от него необходимо отказаться.
2. Заземление нейтрали сети через ДГР является средством продления аварийного режима. Кроме того достаточно сложно осуществимо технически и не решает вопрос о селективном определении поврежденного фидера.
3. Резистивное заземление нейтрали имеет бесспорные преимущества перед режимами изолированной нейтрали и нейтрали, заземленной через ДГР. Необходимо и целесообразно внедрять резистивное заземления нейтрали в практику эксплуатации электрических сетей.
4. Так как в настоящее время требования к резисторам и их энергетическим характеристикам сформулированы и на ряде предприятий уже налажено производство резисторов с требуемыми энергетическими характеристиками [23], позволяющих с заданной степенью надежности решать задачу гашения дуги при ОЗЗ и следовательно, конструировать селективную и надежную защиту от ОЗЗ, пришла пора с большей определенностью отразить все достоинства и возможности резистивного заземления нейтрали в сетях 6-35 кВ в ПУЭ и других нормативных документах..
5. Заземление нейтрали с помощью резисторов, может быть осуществлено не только на вновь строящихся, но и на существующих электроэнергетических объектах.

-
1. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. - 6-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 648 с.
 2. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей/ М-во энергетики и электрификации СССР. - 14-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 288 с.
 3. Правила устройства электроустановок. Разд. 1. Общие правила / СССР. М-во энергетики и электрификации. - М.: Энергоиздат, 1982.- 88 с.
 4. *Petersen W.* Erdschlussstromе in Hoshspannungsnetzen.- *Elektrotech. Z.*- 1916, n. 37, H. 37, S. 493-512.
 5. *Вильгейм Р., Уотерс М.* Заземление нейтрали в высоковольтных системах. - Л.: Госэнергоиздат, 1959.- 415 с.
 6. *Беляков Н.Н.* Исследования перенапряжений при дуговых замыканиях на землю в сетях 6-35 кВ с изолированной нейтралью // *Электричество*, 1957, № 5, с. 18-23.
 7. *Беляков Н.Н.* Перенапряжение от заземляющих дуг в сетях с активным сопротивлением в нейтрали // *Тр. ВНИИ энергетики*, 1961, вып. 11, с. 53-59.
 8. *Назаров В.В.* Защита электрических сетей от однофазных замыканий. Киев: Лыбідь, 1992. - 124 с.

9. Джуварлы Ч.М., Вечхайзер Г.В. Защита от внутренних перенапряжений в сетях с изолированной и резонанснозаземленной нейтралью. В кн.: Проект руководящих указаний по защите от перенапряжений электрических сетей 6-750 кВ. - Л., 1975. - вып. 21-22. - Гл. 10.1. - с. 139-154.
10. Peters I. E., Slepian J. Voltage induced by arcing ground // Trans. AIEE, 1923, № 42, p. 478-497.
11. Зихерман М.Х. Повреждения трансформаторов напряжения при дуговых замыканиях на землю в сетях 6-10 кВ // Электрические станции, 1978, № 11, с. 65-67.
12. Сирота И.М., Кисленко С.Н., Михайлов А.М. Режимы нейтрали электрических сетей. Киев: Наукова думка, 1985. - 264 с.
13. Лихачев Ф.А. Аварии, возникшие по причине самопроизвольного смещения нейтрали // Электрические станции, 1958, № 3, с. 18-21.
14. Бухтояров В.Ф., Маврицын А.М. Защита от замыканий на землю электростановок карьеров. М.: Недра. 1986. - 183 с.
15. Лихачев Ф.А. Замыкание на землю в сетях с изолированной нейтралью и с компенсацией емкостных токов. - М.: Энергия, 1971. -152 с.
16. Обабков В.К. Синтез адаптивных систем управления резонансными объектами. - Киев: Наукова думка, 1993. - 225 с.
17. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 160 с.
18. Вайнштейн В.Л. Исследование высших гармоник тока замыкания на землю // Пром. энергетика, 1986, № 1, с. 39-40.
19. Евдокунин Г.А., Гудилин С.В., Корепанов А.А. Выбор способа заземления нейтрали в сетях 6-10 кВ // Электричество. - 1998. №12.
20. Виштитбеев А.В., Кадомская К.П. О резистивном заземлении нейтрали в сетях 6-35 кВ // Энергетик, № 3, 2001.– С. 33-34.
21. Delblanko L. Unutrasnji prenaponi u otporno uzemljenim 10(20) kV mresama // Elektrotehnika. 1989. 32, № 3-4. S. 193-203.
22. Lazar I. System grounding In Industrial power systems // Specif. Eng.1978. 40, № 5. P.131-136.
23. Виштитбеев А.В. Дис. канд. техн. наук. Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2000.

6 –35 kV- luq ELEKTRİK ŞƏBƏKƏSİNİN NEYTRALININ REZİSTİV TORPAQLANMA REJİMİNƏ KEÇİRİLMƏSİNİN ZƏRURİLİYİ

VİŞTEBEYEV ALEKSEY V.

Məqalədə, neytralin müxtəlif üsullarla torpaqlanmasının üstün cəhətləri və çatışmamazlıqları araşdırılaraq, müxtəlif təyinətli və konstruksiyalı 6-35 kV-luq elektrik şəbəkəsinin neytralinin rezistiv torpaqlanmasına keçirilməsinin zəruri olduğu əsaslandırılmışdır.

ABOUT TRANSITION NECESSITY OF NETWORKS FROM 6 TO 35 KB ON A MODE OF RESISTIVE GROUNDING OF THE NEUTRAL

WISHTIBEEV ALEXEY V.

In the article the main problems of operation of electrical networks from 6 to 35 kV are considered. Analyzing advantages and lacks of various modes of neutral grounding in these networks the necessity of transition of networks from 6 to 35 kV on a mode of resistive grounding of the neutral is shown.