

УДК 621.311.1(083.96)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ФЕРРОРЕЗОНАНСА
В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ
110-500 кВ С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ
ТРАНСФОРМАТОРАМИ НАПРЯЖЕНИЯ
И ВЫКЛЮЧАТЕЛЯМИ, СОДЕРЖАЩИМИ
ЕМКОСТНЫЕ ДЕЛИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ

МУ 34-70-163-87

Срок действия установлен с 01.09.87 г. до 01.09.89 г.

Настоящие Методические указания содержат основные положения по предотвращению феррорезонанса напряжений в распределительных устройствах напряжением 110-500 кВ с электромагнитными трансформаторами напряжения НКФ и выключателями, содержащими конденсаторы, шунтирующие контакты воздушных выключателей (емкостные делители напряжения).

В Методических указаниях приведены три способа «борьбы» с феррорезонансом:

- исключение образования феррорезонансного контура;
- расстройка феррорезонансного контура, образуемого из источника питания, емкостей делителей напряжения выключателей и системы шин (частей распределительного устройства) и индуктивности трансформатора напряжения;
- снижение добротности феррорезонансного контура за счет управляемого ввода в контур с последующим выводом резистора с активным сопротивлением.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Основной целью предотвращения и подавления феррорезонанса в схемах распределительных устройств 110-500 кВ, содержащих трансформаторы напряжения и выключатели с емкостными делителями напряжения, является исключение повреждений, как правило, трансформаторов напряжения 110-500 кВ электромагнитного типа и связанных с ними отключений шин и другого электрооборудования, а также обеспечение правильности действия АПБ шин и безопасности работы персонала.

1.2. Мероприятия по предотвращению феррорезонанса, как правило, должны проводиться в распределительных устройствах 110, 150, 220 и 330 кВ с электромагнитными трансформаторами напряжения и выключателями ВВБ и ВВДМ с емкостными делителями напряжения.

В распределительных устройствах 150, 220, 330 и 500 кВ с выключателями ВВН, ВНВ и др., в том числе и импортными, а также с разнотипными выключателями мероприятия по предотвращению феррорезонанса проводятся после выполнения соответствующих расчетов.

1.3. При разработке мероприятий по предотвращению феррорезонанса следует предусматривать исключение его появления или подавление (при его возникновении) как при оперативных переключениях, так и автоматических отключениях выключателей от действия релейной защиты и автоматики.

2. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ФЕРРОРЕЗОНАНСА В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ 150-500 кВ С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ТРАНСФОРМАТОРАМИ НАПРЯЖЕНИЯ И ВЫКЛЮЧАТЕЛЯМИ, СОДЕРЖАЩИМИ ЕМКОСТНЫЕ ДЕЛИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ

2.1. До проведения мероприятий по предотвращению феррорезонанса в распределительных устройствах электростанций и подстанций должно быть выполнено следующее:

2.1.1. Выявлены распределительные устройства 150-500 кВ электростанций и подстанций энергосистемы и схемы распределительных устройств, в которых возможно возникновение феррорезонанса, с учетом схем, приведенных на рис.1, и порядка оперативных переключений, указанных в инструкциях [1] и [2].

2.1.2. Составлены первичная и упрощенные схемы замещения распределительных устройств (частей распределительных устройств) 150-500 кВ, в которых возможен феррорезонанс (рис.2.3).

2.1.3. Определена (предварительно) возможность существования феррорезонанса по известным результирующим значениям емкостей конденсаторов, шунтирующих контакты воздушных выключателей, и емкостям системы шин по отношению к земле или участка распределительного устройства (рис.4).

2.1.4. Уточнены возможность существования феррорезонанса и параметры этого режима с использованием программы расчета на ЭВМ (приложение 1). Пример с результатами расчета приведен в приложении 2.

2.1.5. Оценен феррорезонанс по наибольшим уровням возникающих резонансных повышений напряжения на трансформаторе напряжения с использованием программы расчета (см. приложение 1).

2.2. Выявление схем распределительных устройств, в которых возможен феррорезонанс, должно производиться для нормальных и «ремонтных» схем, а также для схем, возникающих в процессе оперативных переключений и после автоматических отключений от действия релейной защиты и автоматики.

2.3. Возможность существования феррорезонанса с помощью расчета на ЭВМ должна находиться для диапазона изменения напряжения, определяемого по минимальному уровню его, имеющему место в процессе эксплуатации в данной точке сети, и по максимально допустимому, указанному в [3] и [4].

2.4. При составлении схем замещения распределительных устройств следует использовать паспортные (измеренные в процессе эксплуатации) значения емкостей частей распределительных устройств и оборудования, паспортные (измеренные в процессе эксплуатации) значения емкостей делителей напряжения выключателей (приложение 3).

2.5. При выявлении схем распределительных устройств, в которых возможен феррорезонанс, рекомендуется учитывать возникновение неполнофазных режимов, вызываемых неполнофазными коммутациями воздушных выключателей при оперативных переключениях и автоматических коммутациях, что увеличивает вероятность возникновения феррорезонанса и уровень повышения напряжения (рис.5).

3. СПОСОБЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ И ПОДАВЛЕНИЯ ФЕРРОРЕЗОНАНСА В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ 110-500 кВ

3.1. До внедрения в эксплуатацию «нерезонирующих» трансформаторов напряжения 110-330 кВ или выключателей с характеристиками делителей, согласованными с характеристиками электромагнитных трансформаторов напряжения, могут быть применены следующие способы предотвращения (подавления) феррорезонанса в распределительных устройствах 110-500

кВ электростанций и подстанций:

3.1.1. Выбор схем электрических соединений распределительных устройств 150-500 кВ, в которых возникновение феррорезонанса с электромагнитными трансформаторами напряжения исключено.

3.1.2. Снятие емкостных делителей напряжения с воздушных выключателей 110 кВ, для остальных - по согласованию с заводом-изготовителем.

3.1.3. Увеличение емкости системы шин путем подключения к ним батарей конденсаторов связи.

3.1.4. Изменение порядка ведения оперативных переключений по сравнению с типовым.

3.1.5. Запрет отключения одной из линий электропередачи при действии защиты шин.

3.1.6. Запрет отключения автотрансформатора или трансформатора с заземленной нейтралью от защиты шин со стороны системы шин с неотключившимся присоединением (или поврежденной системой шин).

3.1.7. Отключение одной из питающих линий, имеющей быстродействующую высокочастотную защиту, с противоположной стороны при действии защиты шин.

3.1.8. Снятие запрета АПВ шин при действии защиты шин.

3.1.9. Ввод в действие АПВ шин (в тех случаях, когда оно до этого не было задействовано).

3.1.10. Применение емкостных трансформаторов напряжения НДЕ вместо электромагнитных трансформаторов напряжения НКФ.

3.1.11. Применение специальных устройств, фиксирующих возникновение феррорезонанса и осуществляющих его подавление и вывод трансформатора напряжения из феррорезонанса.

3.2. Выбор схем электрических соединений распределительных устройств 110-500 кВ должен осуществляться при проектировании электроустановок.

При этом должна производиться такая расстановка электромагнитных трансформаторов напряжения, при которой при всех возможных видах коммутаций аппаратами феррорезонансный контур не создается.

При необходимости там, где это допустимо, должна производиться замена электромагнитных трансформаторов напряжения емкостными трансформаторами.

3.3. Снятие емкостных делителей с воздушных выключателей или их замена на другие в эксплуатационных условиях должны производиться по согласованию с заводом-изготовителем выключателей (для выключателей 110 кВ следует руководствоваться приложением 4).

3.4. Увеличение емкости шин путем подключения к ним батарей конденсаторов связи допустимо осуществлять в тех случаях, когда другие мероприятия по тем или иным причинам не могут быть применены, в том числе по п.3.6.

3.5. Изменение порядка ведения оперативных переключений по сравнению с типовым должно осуществляться в тех случаях, когда в электроустановке, подверженной феррорезонансу, отсутствуют устройства, предотвращающие возникновение феррорезонанса или осуществляющие его подавление и вывод трансформатора напряжения из этого режима.

3.6. Изменение схем действия релейных защит с запретом отключения выключателей соответствующих присоединений допускается осуществлять в тех случаях, когда не могут быть применены другие мероприятия, предотвращающие феррорезонанс при автоматических отключениях систем шин.

3.7. Снятие запрета АПВ шин при действии защиты шин допускается осуществлять в качестве основного мероприятия при феррорезонансе, когда наибольшее напряжение при феррорезонансе на трансформаторе напряжения не превышает 1,3 номинального.

3.8. Применение специальных устройств, фиксирующих возникновение феррорезонанса и осуществляющих его подавление, должно рассматриваться как основное мероприятие. При этом оно должно резервироваться другим (другими) мероприятием (мероприятиями).

4. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СПОСОБАМ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ И УСТРОЙСТВАМ ФИКСАЦИИ ПОДАВЛЕНИЯ ФЕРРОРЕЗОНАНСА В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ 150-500 кВ

4.1. Устройство фиксации и подавления феррорезонанса должно воздействовать на работу трансформатора напряжения только при возникновении феррорезонансного процесса.

4.2. Устройство должно подавлять феррорезонанс в каждой из фаз трансформатора напряжения независимо.

4.3. Время от момента возникновения (фиксации устройством) феррорезонанса до момента начала воздействия на работу трансформатора напряжения должно быть не более 0,1 с.

4.4. Полное время подавления феррорезонанса устройством должно быть не более 1 с, а другими способами - не более 20 с.

4.5. Устройство должно обеспечивать быстрый возврат его схемы в исходное состояние после подачи рабочего напряжения на трансформатор напряжения за время не более 0,03-0,06 с в зависимости от класса напряжения трансформатора напряжения (сети).

4.6. Устройство не должно воздействовать на трансформатор напряжения при коротких замыканиях в сети.

4.7. Остающееся напряжение на выводах вторичной обмотки трансформатора напряжения после подавления феррорезонанса должно быть не более 0,35 номинального.

4.8. Испытательное напряжение изоляции элементов устройства, подключаемых непосредственно к измерительной обмотке трансформатора напряжения, должно быть не ниже испытательного напряжения этой обмотки.

4.9. Термическая стойкость устройства в режиме подавления феррорезонанса должна быть не менее 1200 с (при нагрузке трансформатора напряжения, соответствующей номинальной).

4.10. Устройство должно иметь контакты для сигнализации его срабатывания (фиксации феррорезонанса), отключения автоматического выключателя (отсутствия напряжения) питания, неисправности, для снятия запрета (разрешения) АПВ шин.

4.11. Устройство должно подключаться к трансформатору напряжения через отдельный автоматический выключатель, присоединяемый до общего автоматического выключателя вторичных цепей, считая от выводов обмотки низшего напряжения.

4.12. Устройство должно иметь кнопку (накладку) для оперативного включения (отключения) выходных цепей, нагружающих вторичную обмотку трансформатора напряжения в режиме феррорезонанса.

4.13. Устройство не должно вносить недопустимых искажений в режим работы трансформатора напряжения, измерительных цепей, релейной защиты и автоматики.

4.14. Нагрузка на трансформатор напряжения, создаваемая устройством, и время ее приложения не должны превышать предельных, установленных ГОСТ и техническими условиями на трансформаторы напряжения.

5. ВЫБОР КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ И ПОДАВЛЕНИЮ ФЕРРОРЕЗОНАНСА В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ 150-500 кВ

5.1. Применяемый комплекс мероприятий по защите электромагнитного трансформатора напряжения должен обеспечивать одно временно защиту устанавливаемых параллельно трансформатору вентильных разрядников или ограничителей перенапряжений нелинейных (ОПН).

5.2. При кратностях повышения напряжения более $2,5U_{наиб. раб.}$ в переходном режиме при феррорезонансе следует рассматривать необходимость подключения ОПН к трансформатору напряжения вместо вентильных разрядников.

5.3. Основное мероприятие по подавлению феррорезонанса - подключение специального устройства фиксации и подавления феррорезонанса - должно обеспечивать защиту трансформатора напряжения как при оперативных переключениях, так и при автоматических отключениях.

Принципиальная электрическая схема варианта упомянутого устройства и схема его присоединения приведены на рис.6 и 7.

Описание принципиальной электрической схемы устройства фиксации и подавления феррорезонанса приведено в приложении 5.

5.4. В качестве резервного мероприятия по предотвращению феррорезонанса должно быть применено одно из указанных ниже:

- использование второго устройства фиксации и подавления феррорезонанса;
- изменение порядка ведения оперативных переключений;
- изменение схем действия релейных защит (запрет отключения выключателей соответствующих присоединений), обеспечение необходимой последовательности действия АПВ шин при возникновении феррорезонанса, введение в действие АПВ шин в тех случаях, когда оно не применялось.

5.5. Резервное мероприятие, внедрение которого предотвращает феррорезонанс или снижает уровень напряжения, должно проводиться при:

- неисправности устройства фиксации и подавления феррорезонанса, его профилактическом осмотре или восстановлении;
- оперативных переключениях или «неуспешном» АПВ шин, когда длительность нахождения системы шин (части распределительного устройства) в расчетном режиме при феррорезонансе более 1200 с;
- выводе из действия (неисправность, профилактический осмотр, восстановление) устройства АПВ шин, когда оно применяется в качестве основного мероприятия по прекращению феррорезонанса.

5.6. Допускается не применять специальные мероприятия по предотвращению и подавлению феррорезонанса при оперативных переключениях и автоматических отключениях систем шин распределительных устройств, если повышение напряжения при феррорезонансе не превышает 1,15 от наибольшего рабочего, а длительность переключений - не более 1200 с и имеется на электростанции (подстанции) устройство сигнализации о наличии феррорезонанса.

5.7. Не требуется применение других мероприятий по предотвращению и подавлению феррорезонанса, если к системам шин (токоведущим частям) распределительных устройств подключаются батареи конденсаторов связи, устанавливаются емкостные трансформаторы напряжения или снимаются емкостные делители с выключателей.

6. УКАЗАНИЯ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ПРОВЕРКЕ СУЩЕСТВОВАНИЯ ФЕРРОРЕЗОНАНСА В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ 150-600 кВ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ

6.1. Экспериментальная проверка возможности существования феррорезонанса в распределительных устройствах, как правило, должна производиться в тех случаях, когда отсутствуют данные уточненных расчетов (см.приложение 1), подтверждающие возможность существования феррорезонанса или его отсутствие.

6.2. Экспериментальная проверка возможности существования феррорезонанса должна производиться для схем электрических соединений распределительных устройств, приведенных на рис.1.

6.3. Измерения при испытаниях должны проводиться персоналом энергосистем или при необходимости специализированной организацией.

6.4. Организация (подготовка) и проведение испытаний должны осуществляться в соответствии с действующими инструкциями и правилами.

6.5. Испытания должны проводиться в тех режимах, при которых количество выключателей, отключаемых одновременно действием защиты шин, является минимальным и макси-

мальным, а напряжение - близко или равно наибольшему рабочему.

6.6. При возможности повышения напряжения в распределительном устройстве до 1,15-1,3 наибольшего рабочего должны проводиться, как правило, только расчеты по программе, приведенной в приложении 1.

6.7. Количество циклов отключение-включение шин (частей распределительного устройства), как правило, должно быть 5-10 для каждого режима.

6.8. При испытаниях должны осциллографироваться фазные напряжения на вторичной обмотке трансформатора напряжения, а так же (при необходимости) токи в фазах обмотки высокого напряжения трансформатора напряжения, напряжение на выходе обмоток, соединенных в разомкнутый треугольник, и однолинейное напряжение на вторичной обмотке трансформатора напряжения системы шин (линии), от которой подается напряжение на исследуемую часть распределительного устройства.

6.9. При испытаниях должны быть приняты меры по защите испытуемого трансформатора напряжения от повышения на нем напряжения сверх допустимого и ограничению времени воздействия этого напряжения.

6.10. Длительность существования феррорезонанса и повышения напряжения при испытаниях должна быть не более, указанных в [4].

6.11. По результатам испытаний должен быть составлен протокол с указанием в нем значений величин, необходимых для выбора комплекса мероприятий по предотвращению и подавлению феррорезонанса и уставок фиксирующих и исполнительных элементов устройства фиксации и подавления феррорезонанса.

6.12. После изменения схемы распределительного устройства и состава аппаратов (после реконструкции) расчеты или испытания должны быть повторены.

6.13. Осциллограмма возникновения феррорезонанса и его по давления приведена на рис.8.

7. УКАЗАНИЯ ПО ВЫБОРУ ПАРАМЕТРОВ И УСТАВОК УСТРОЙСТВА ФИКСАЦИИ И ПОДАВЛЕНИЯ ФЕРРОРЕЗОНАНСА В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ 150-500 кВ

7.1. Возникновение феррорезонанса, как правило, должно фиксироваться по содержанию третьей гармонической составляющей в фазных напряжениях вторичных обмоток трансформатора напряжения.

7.2. Уставка срабатывания элемента фиксации феррорезонанса устройства должна быть отстроена (коэффициент $K=2$) от наибольшего значения напряжения небаланса, измеренного на дополнительной - вторичной обмотке трансформатора напряжения, соединенной в разомкнутый треугольник, и пересчитанного на фазное значение. В обоснованных случаях допускается применение других значений коэффициента и измерение напряжения на выходе фильтра устройства вместо измерения напряжения небаланса.

7.3. Напряжение (уставка) срабатывания на входе фильтра элемента фиксации феррорезонанса должно быть не более 0,15 и не менее 0,05 номинального фазного.

7.4. Уставка срабатывания автоматического выключателя, подключающего к обмотке трансформатора напряжения, соединенной в «звезду», устройство фиксации и подавления феррорезонанса, по току должна быть в пределах 480-500 А по тепловому расцеплению (отсечка выведена из работы). Допускается изменение уставки в зависимости от конкретного значения сопротивления нагрузочного резистора.

7.5. Значение выдержки времени (задержки) подключения к вторичной обмотке трансформатора напряжения резисторов второго устройства фиксации и подавления феррорезонанса должно быть 5 с.

7.6. Значения сопротивлений нагрузочных резисторов, подключаемых устройством фиксации и подавления феррорезонанса к трансформатору напряжения, должны быть приняты в соответствии с приложением 5, как правило, одинаковыми для трансформаторов напряжения

150-600 кВ.

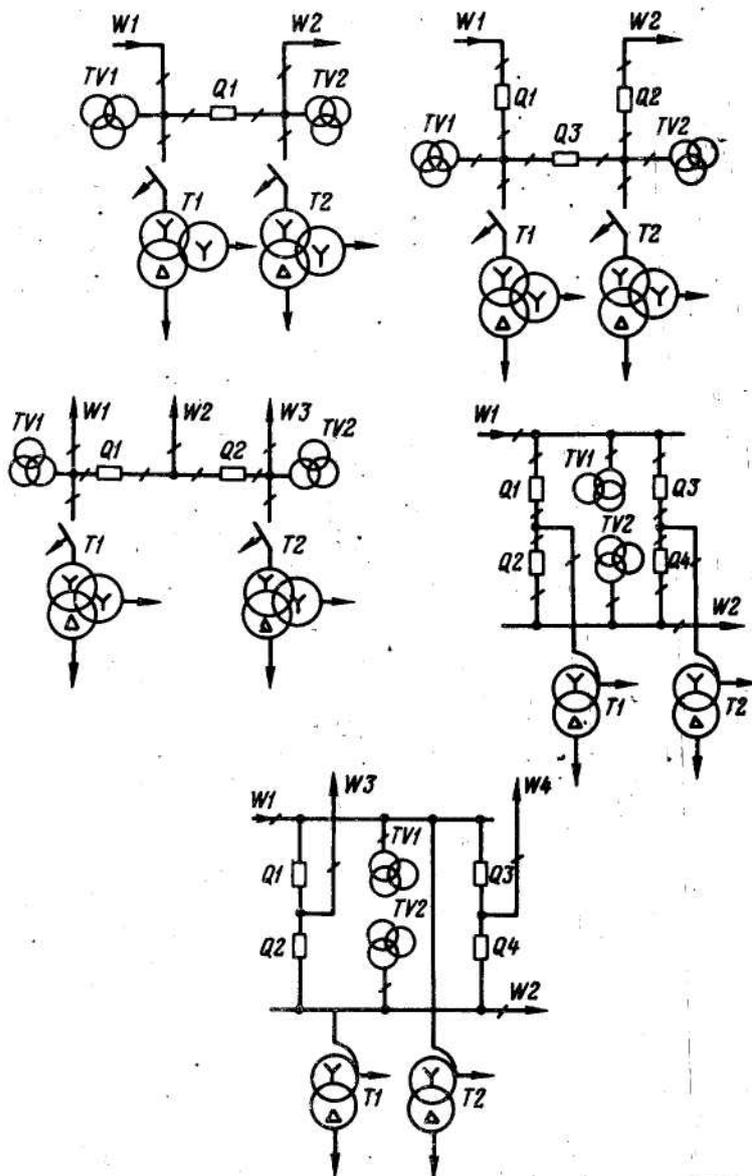
8. УКАЗАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПРАВИЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ АПВ ШИН РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ 150-330 кВ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ФЕРРОРЕЗОНАНСА

8.1. Для обеспечения правильности действия АПВ шин распределительных устройств, где возникает феррорезонанс, при котором повышение напряжения не превышает 1,3 номинального и не установлено устройство подавления феррорезонанса, а также не проведены резервные мероприятия, должно быть выполнено следующее:

8.1.1. Действие АПВ шин (опробование напряжением) от выбранного присоединения должно осуществляться как при отсутствии рабочего напряжения на шинах, так и при наличии напряжения, вызванного феррорезонансом.

8.1.2. Включение присоединений на систему шин от АПВ после действия защиты шин, кроме предназначенного для опробования напряжением системы шин, должно блокироваться (запрещаться) при наличии напряжения, вызванного феррорезонансом.

8.1.3. Уставка реле контроля наличия напряжения (на шинах), задействованных в схеме АПВ шин распределительных устройств, где возникает феррорезонанс и отсутствует устройство фиксации и подавления феррорезонанса, должна быть увеличена по сравнению с принятой ранее.



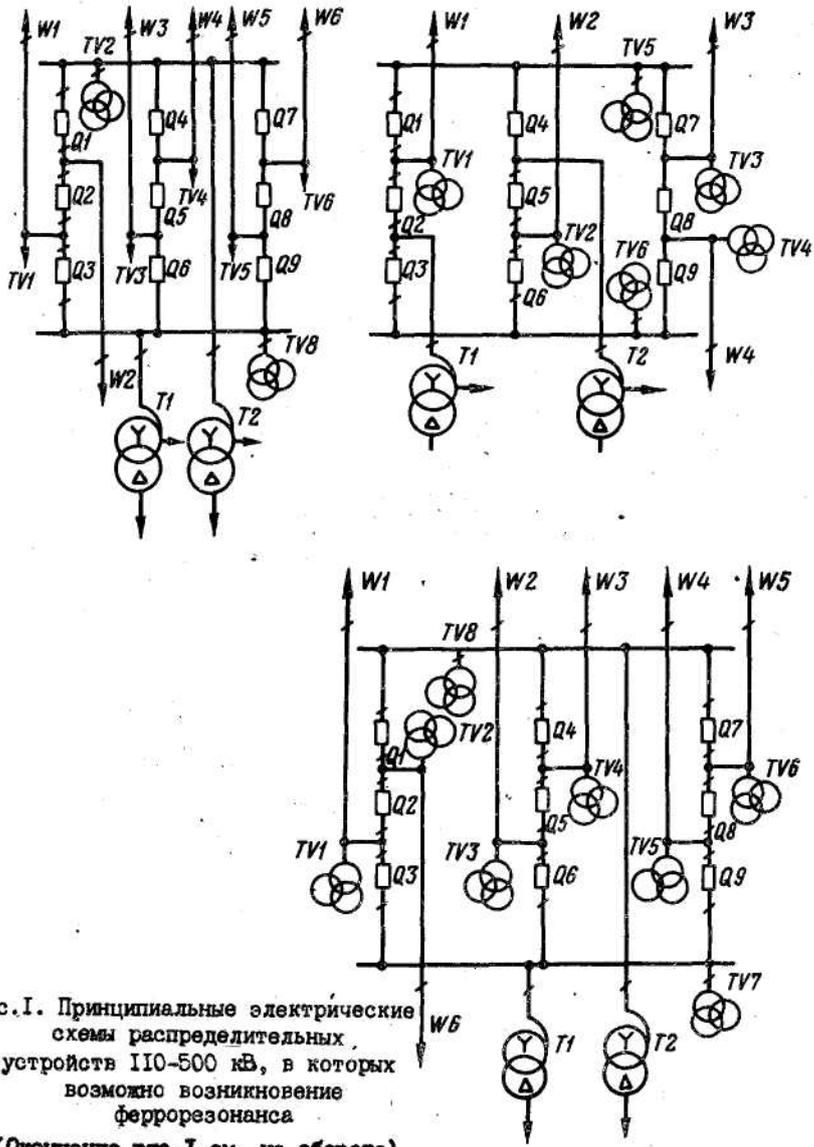
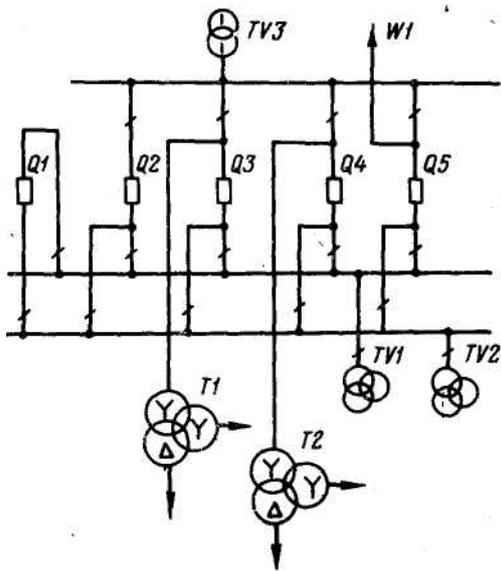
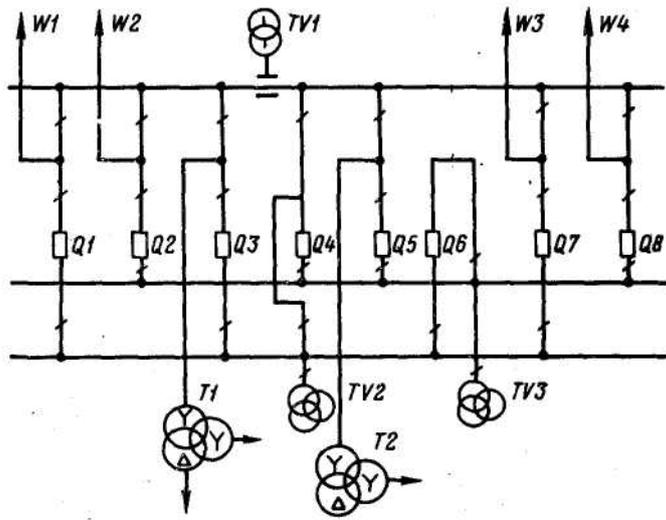
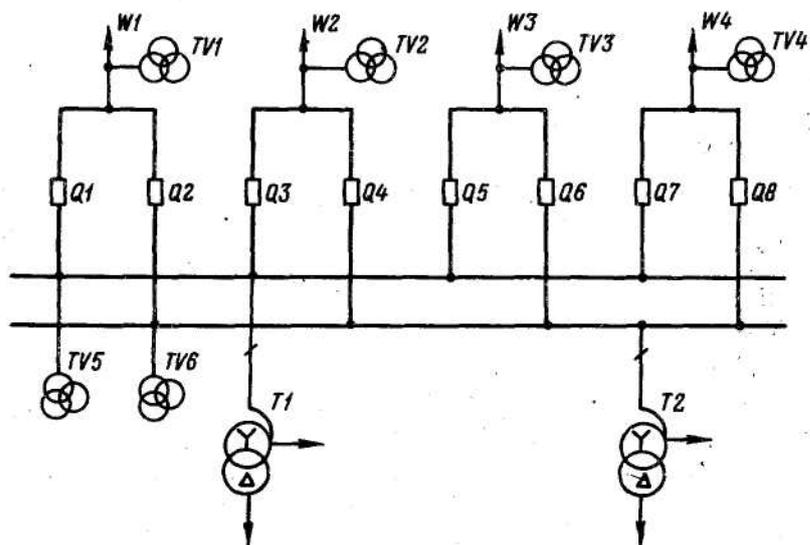
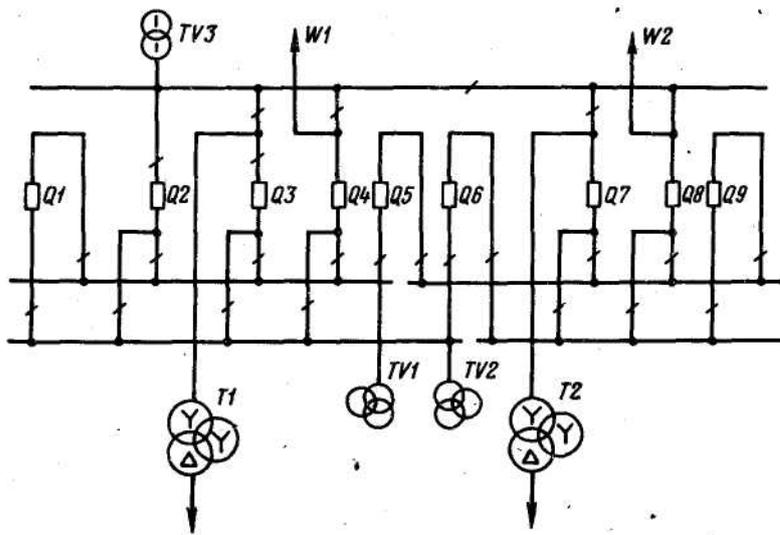


Рис. I. Принципиальные электрические
 схемы распределительных
 устройств 110-500 кВ, в которых
 возможно возникновение
 феррорезонанса
 (Окончание рис. I см. на обороте)





Окончание рис. I



Рис.2. Первичная схема электрических соединений части ОРУ 500 кВ

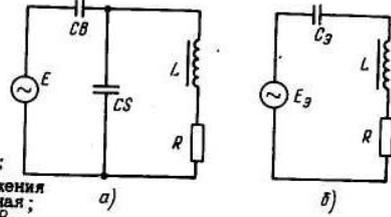


Рис.3. Схемы замещения части ОРУ 500 кВ:
 а - с электромагнитным трансформатором напряжения при снятом с него напряжении; \bar{U} - эквивалентная; L - индуктивность трансформатора напряжения; R - активное сопротивление обмотки ВН; E - ЭДС сети;
 $C_3 = CB + CS$,
 где CB - сумма результирующих значений емкостей конденсаторов, шунтирующих контакты воздушных выключателей ОРУ;
 CS - сумма значений емкостей электрооборудования, ошиновки и шин ОРУ по отношению к земле

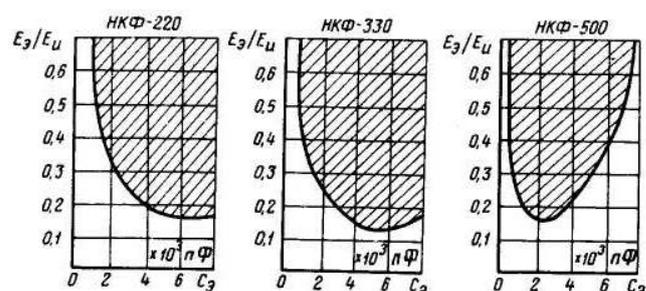


Рис.4. Области существования феррорезонанса напряжений на частоте 50 Гц ($U = U_{наибр}$):

▨ - резонанс есть; □ - резонанса нет;

$$E_3 = E_u \frac{CB}{CB + CS}$$

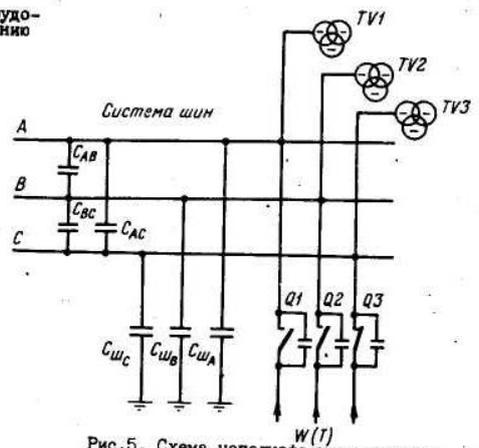


Рис.5. Схема однофазного питания системы шин ОРУ после автоматического отключения присоединений от системы шин

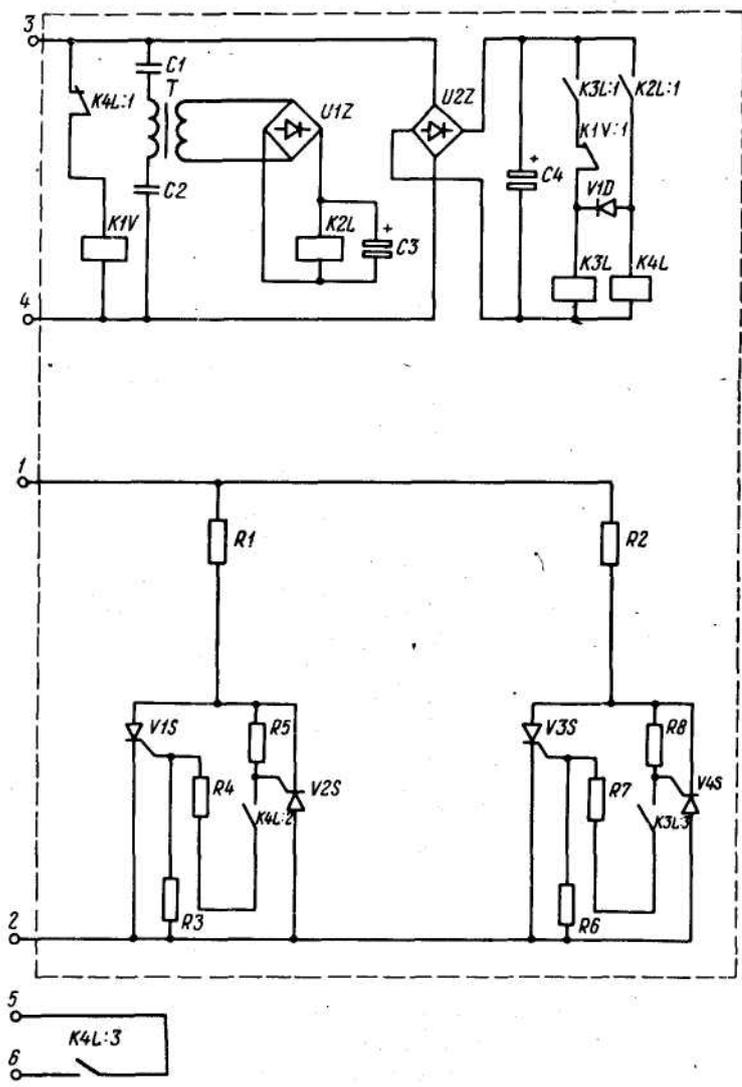


Рис.6. Принципиальная электрическая схема устройства фиксации и подавления феррорезонанса (вариант, разработанный с участием Днепроэнерго, Краснодарэнерго, Смоленскэнерго, Азглавэнерго)

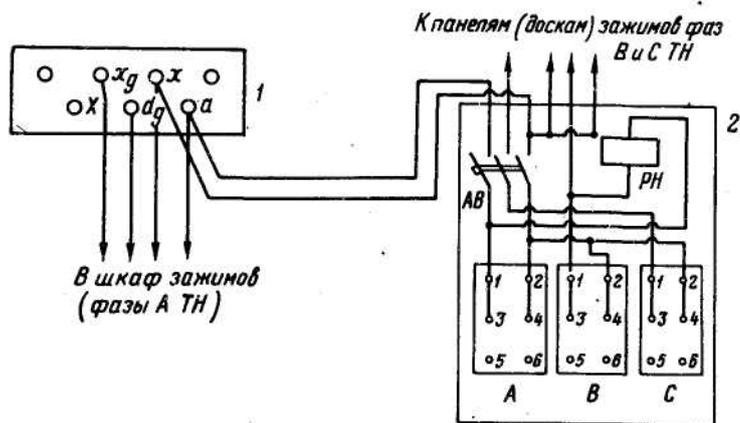


Рис.7. Схема присоединения устройства фиксации и подавления феррорезонанса к трансформатору напряжения:

1 - доска зажимов трансформатора напряжения; 2 - шкаф

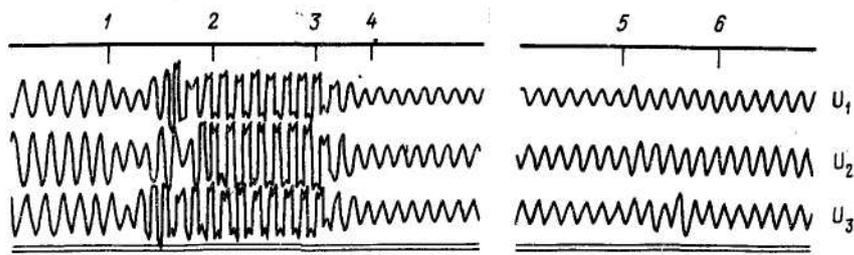


Рис.8. Осциллограмма возникновения и подавления феррорезонанса в распределительном устройстве 220 кВ:

U_1, U_2, U_3 - фазные напряжения шин; 1 - момент отключения шин; 2 - установившийся феррорезонанс; 3 - включение балластного резистора 0,2 Ом; 4 - подавление феррорезонанса; 5 - начало ступенчатого вывода балластного резистора; 6 - окончание вывода балластного резистора с сохранением нагрузки 3 Ом. Линейное напряжение на шинах до отключения - 252 В

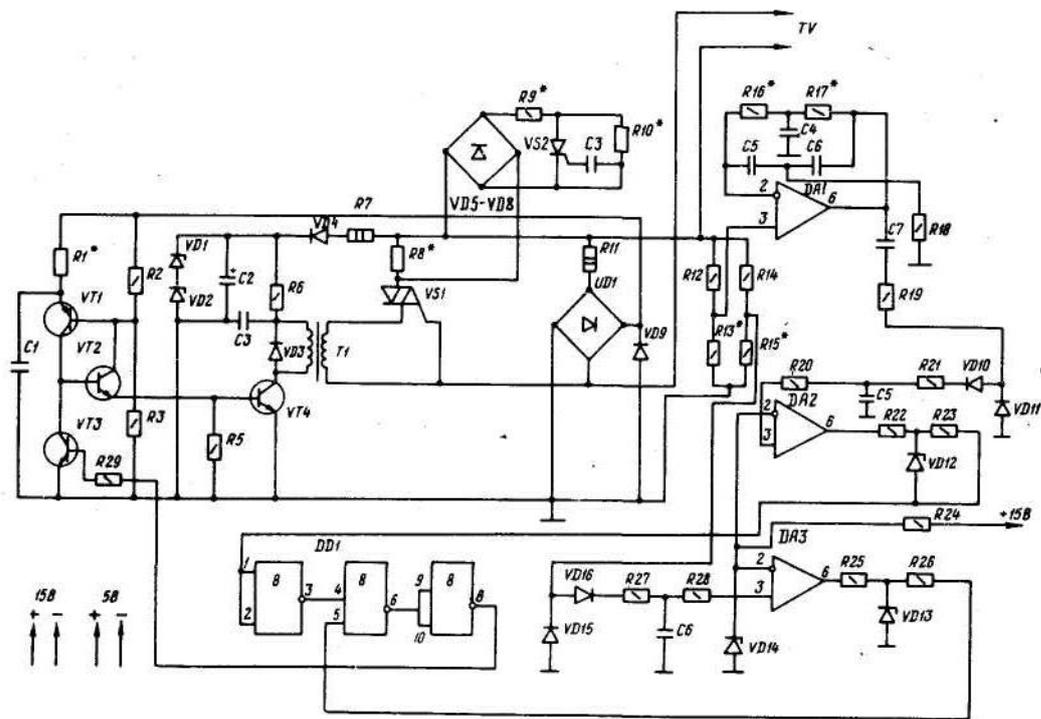


Рис.9. Принципиальная электрическая схема устройства подавления феррорезонанса

Приложение 3

ЗНАЧЕНИЯ ЕМКОСТЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ 150-500 кВ

Т а б л и ц а I

Тип выключателя	Результирующее значение емкости, шунтирующей контакты полюса, пФ	Тип выключателя	Результирующее значение емкости, шунтирующей контакты полюса, пФ
ВВН-150	330	ВВН-330-15	167
ВВШ-150	330	ВВН-330	303
ВВН-220-10	250	ВВД-330*	413
ВВН-220-15	250	ВВДМ-330	413
ВВШ-220	250	ВВ-330Б	167
ВВБ-220-12	825	ВЭК-220	250
ВВД-220Б-40/2000	825	ВВБ-500	288
ВВД-220	825	ВВБ-500-30	275
ВНВ-220	700	ВВ-500Б	550
ВВЕК-220	500	ВНВ-500	350
ВВБ-330*	413	ВПБ-500	335
ВВБ-330Б*	413	ВВ-500Б	550
ВВБ-330Б-40/3200*	413	ВВЕК-500	413

*Сняты с производства.

Т а б л и ц а 2 . .

Вид оборудования	Емкость оборудования по отношению к земле, пФ
Разъединитель 220 кВ	100
Трансформатор тока 220 кВ	150
Трансформатор напряжения 220 кВ	300
Разрядник 220 кВ	85
Выключатель ВНВ-220 (полуполос)	250
Выключатель ВВЕ-220-12 (полуполос)	300
Разъединитель 330 кВ	150
Трансформатор тока ТФН-330	900
Трансформатор тока ТРН-330	1000
Трансформатор напряжения 330 кВ	300
Разрядник 330 кВ	100
Разъединитель 500 кВ	200
Трансформатор тока ТФНЦ-500 кВ	150
Трансформатор напряжения 500 кВ	500
Разрядник 500 кВ	200
Выключатель ВНВ-500/2000 (полуполос)	235
Ошиновка ИО-500 кВ	6-10 пФ/м

П р и м е ч а н и е . Емкости оборудования, не указанного в таблице, рекомендуется принимать по аналогии с указанным и близким по конструкции, если отсутствуют паспортные данные или данные измерений.