

*Для служебного пользования*  
*Экз. №*

**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**



---

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, образующегося из источника питания, емкостей делителей напряжения выключателей и систем 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

төлми напярэня, яўляецца ісклученне павреждений, как правило, трансформаторов напярэня 110-500 кВ электромагнитного типа и связанных с ними отключений шин и другого электрооборудования, а также обеспечение правильности действия АПВ 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 напярэня и выключателями ВВБ и ВВДМ с емкостными делителями напярэня.

В распределительных устройствах 150, 220, 330 и 500 кВ с выключателями ВВН, ВВВ 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 I). 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 I).

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  
И СПОСОБАМ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ И УСТРОЙСТВАМ ФИКСАЦИИ  
И 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 эго 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. Оставшееся 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 эго 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, присо-

единяемый до общего автоматического выключателя вторичных цепей, считая от выводов обмотки низшего напряжения.

4.12. Устройство должно иметь кнопку (панельку) 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 одновременно защиту устанавливаемых параллельно трансформатору вентильных разрядников или ограничителей перенапряжений нелинейных (ОПН).

5.2. При кратностях повышения напряжения более  $2,5 U_{\text{наиб.р}}$  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 указанного устройства и схема его присоединения приведены на рис. 6 и 7.

Основная принципиальная электрическая схема устройства фиксирует и подавляет феррорезонансы, возникающие при коротких замыканиях в сети.

5.4. В качестве резервного устройства 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 снижаются емкостные делители с выключателями.

6. УКАЗАНИЯ ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ПРОВЕРКЕ  
СУЩЕСТВОВАНИЯ ФЕРРОРЕЗОНАНСА  
В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ 150-500 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 I), 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. I.

6.3. Измерения при испытаниях должны проводиться персоналом энергосистемы 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 максимальным, 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 I.

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 также (при необходимости) токи в фазах обмотки высокого напряжения трансформатора напряжения, напряжение на выходе обмоток, соединенных в разомкнутый треугольник, и одно линейное напряжение на вторичной обмотке трансформатора напряжения системы шин (линии), от которой подается напряжение на последующую часть распределительного устройства.

6.9. При испытаниях должны быть приняты меры по защите испытываемого 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 подавления приложена 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 предложением 5, как правило, одинаковыми для трансформаторов напряжения 150-500 кВ.

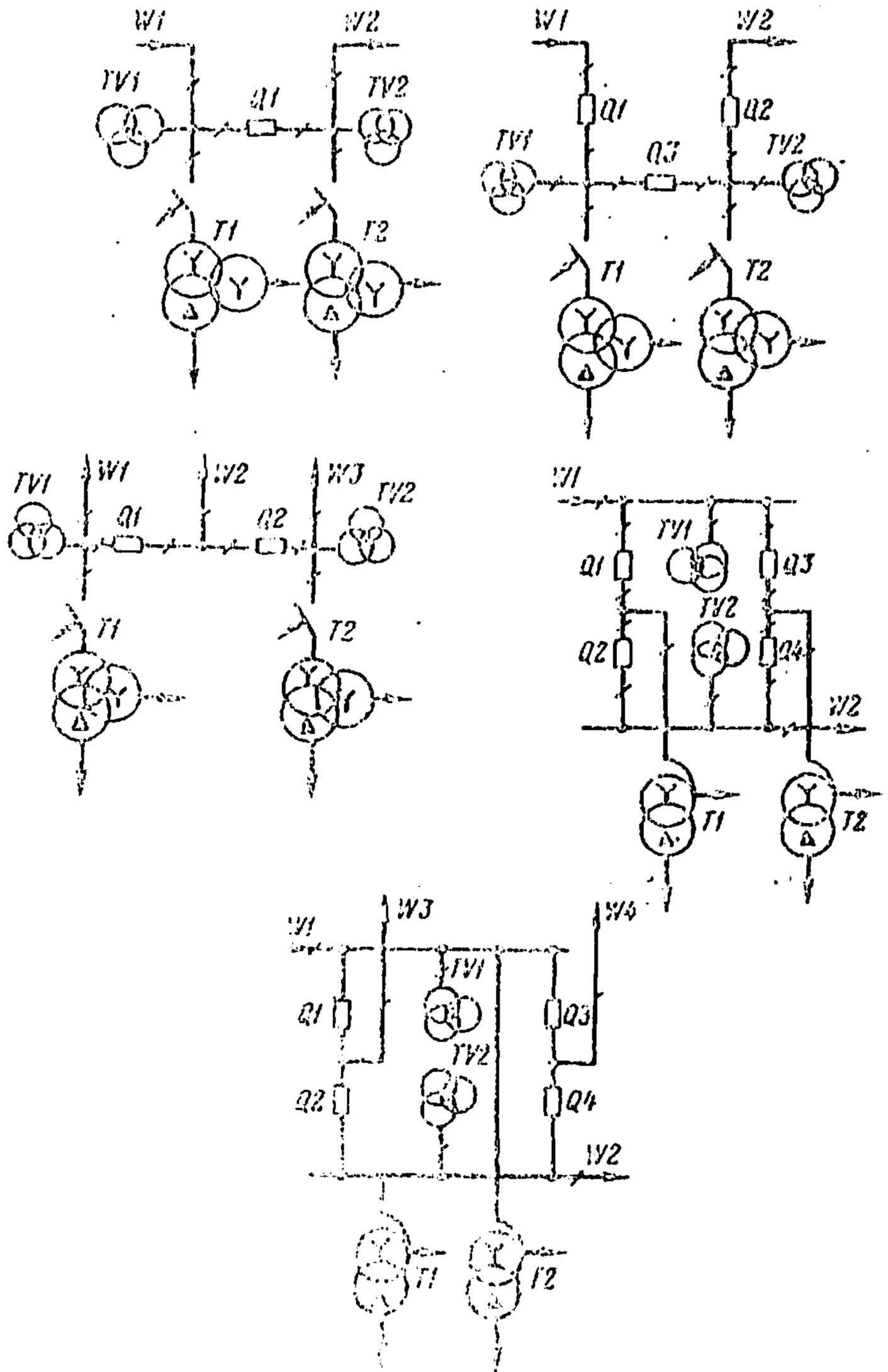
#### 8. УКАЗАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПРАВИЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ АПВ ШИН РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ 150-330 кВ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ФЕРРОРЕЗОНАНСА

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.



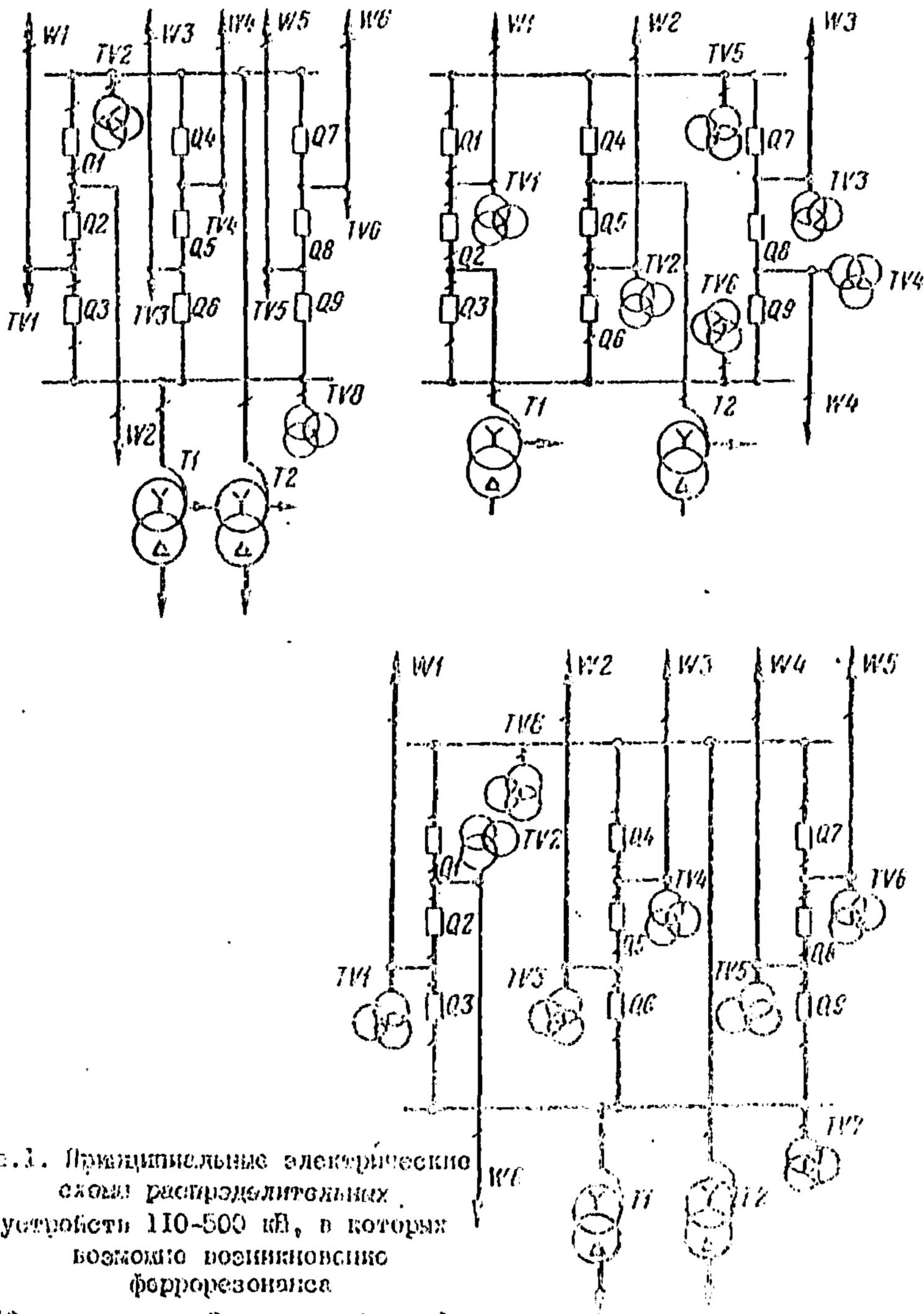
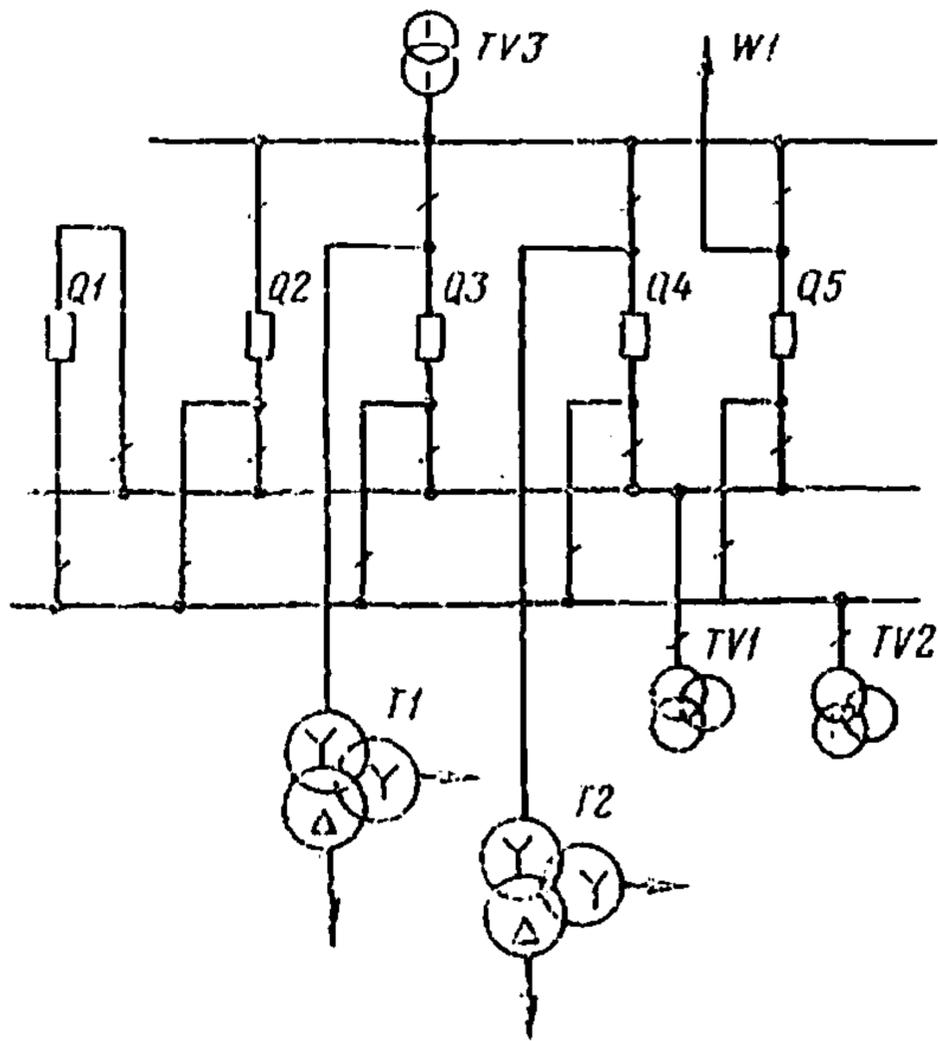
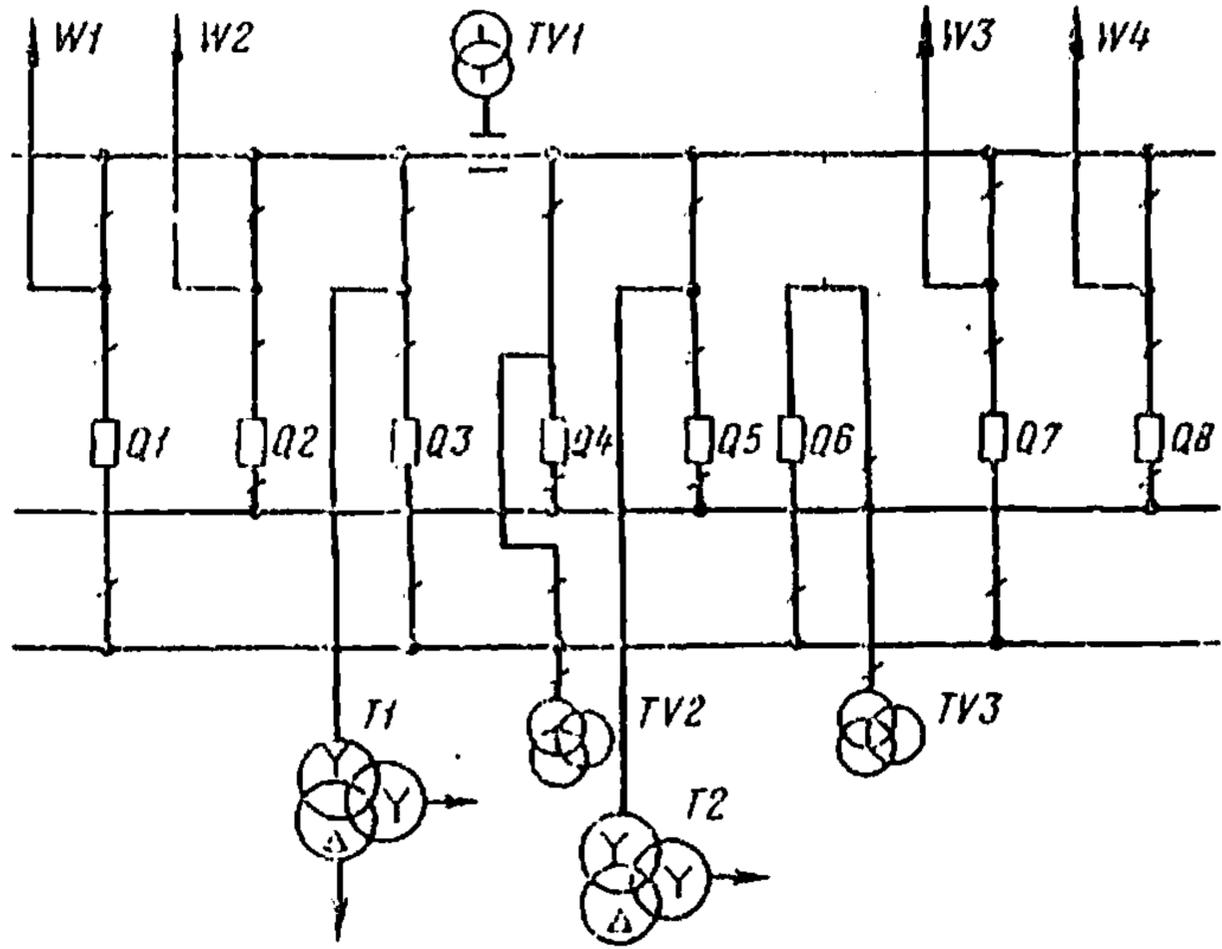
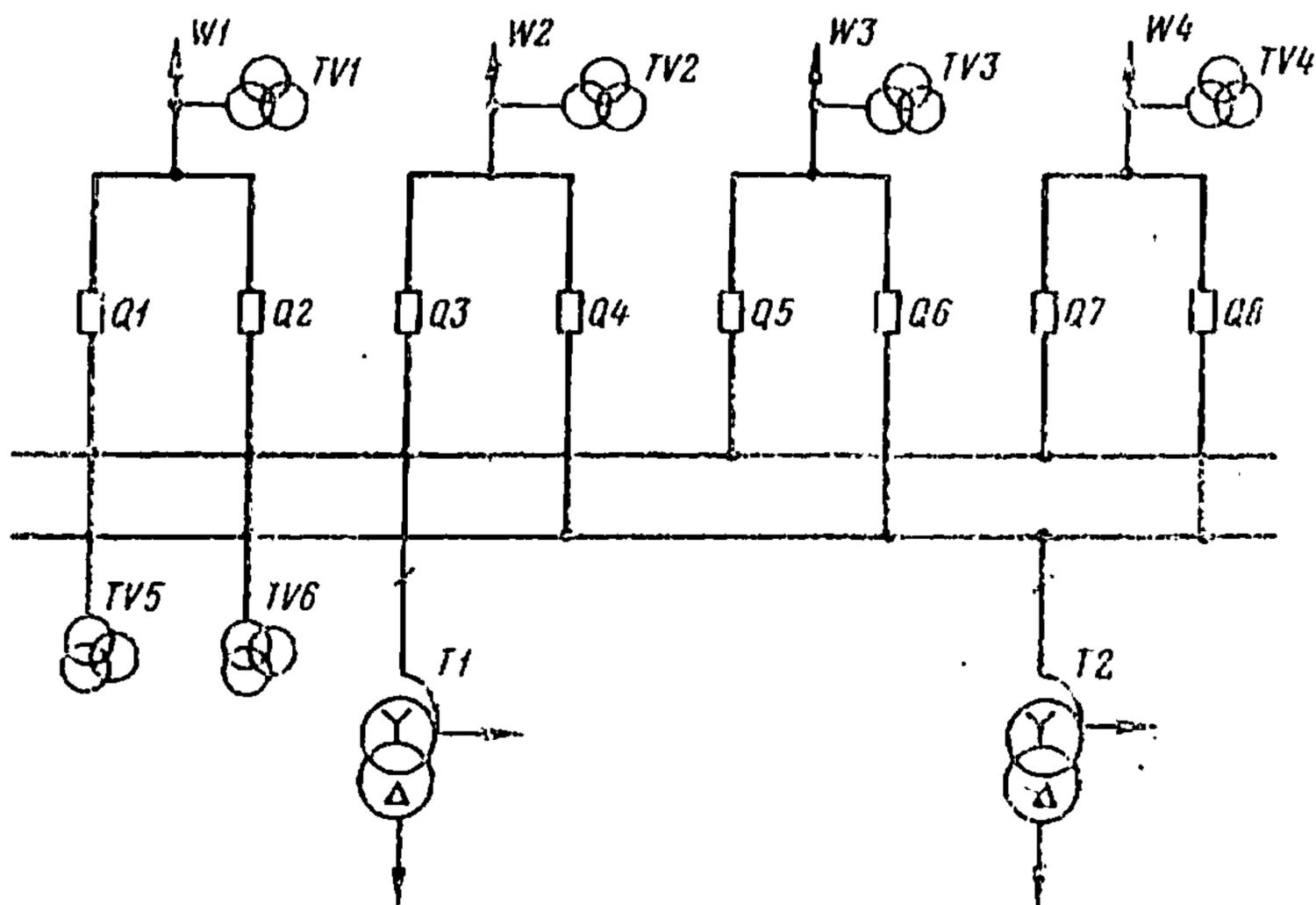
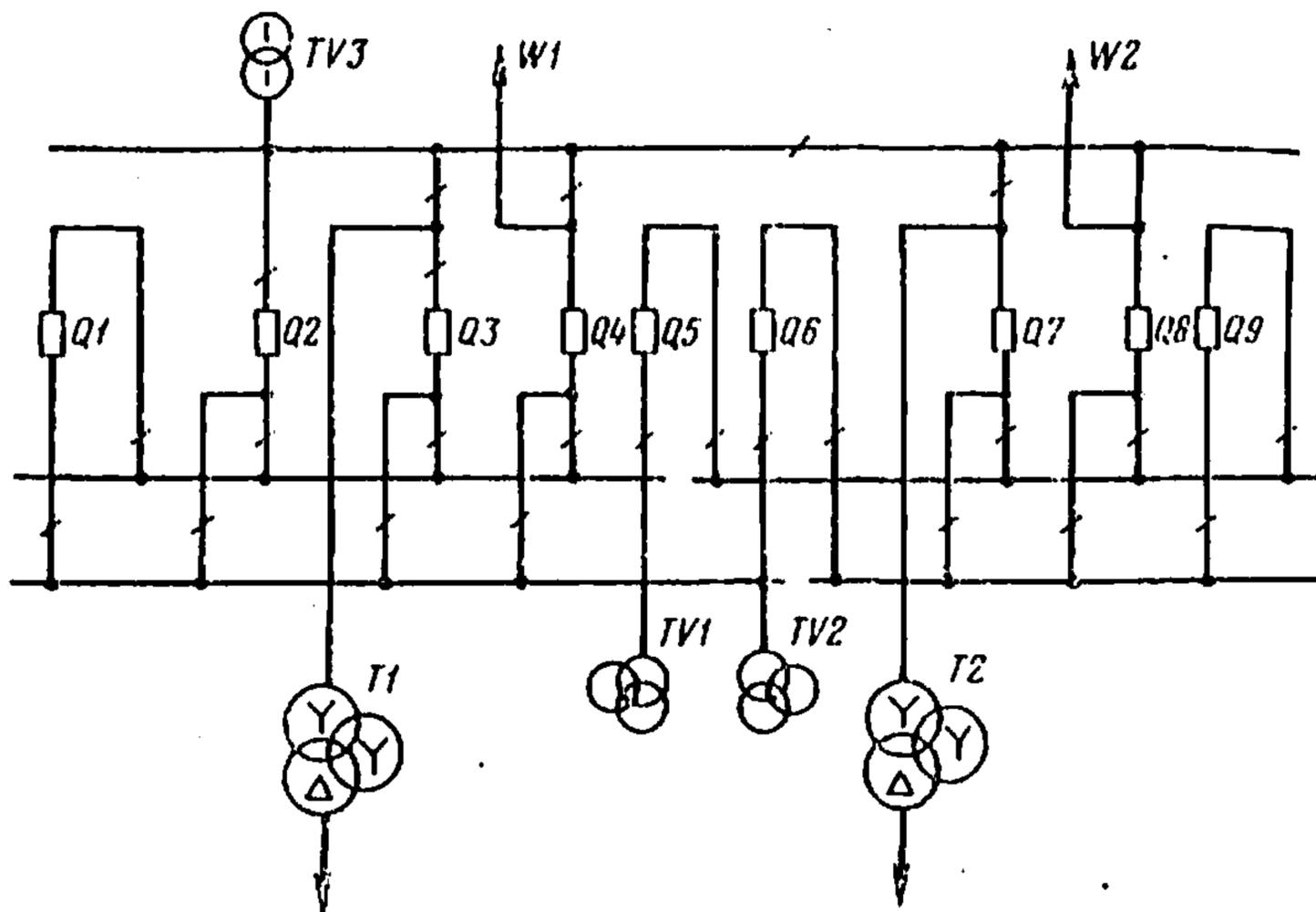


Рис. 1. Принципиальные электрические схемы распределительных устройств 110-500 кВ, в которых возможно возникновение феррорезонанса  
(Оформление рис. 1 см. на обороте)





Окончание рис. I

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

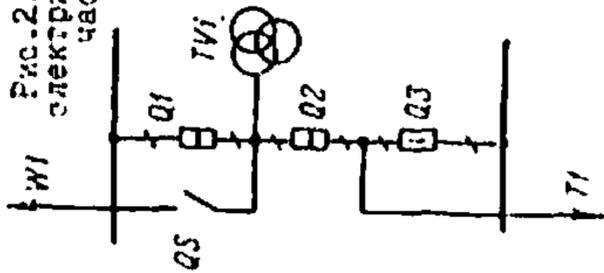
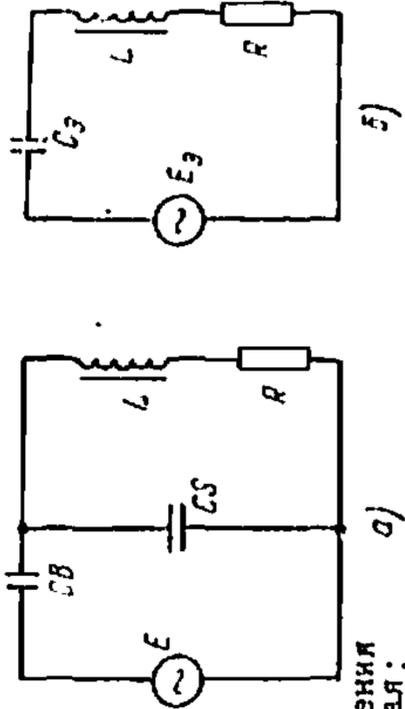


Рис. 3. Схемы замещения части СРУ 500 кВ:



а - с электромагнитных трансформатором напряжения при снятом с него напряжении;  $C_B$  - эквивалентная;  $L$  - индуктивность трансформатора напряжения;  $R$  - активное сопротивление обмотки ВН;  $E$  - ЭДС сети;  $C_1 = C_B + C_S$ ,

где  $C_B$  - сумма результирующих значений емкостей конденсаторов, шунтирующих контакты воздушных выключателей СРУ;

$C_S$  - сумма значений емкостей электрооборудования, шинопроводы и шина СРУ по отношению к земле

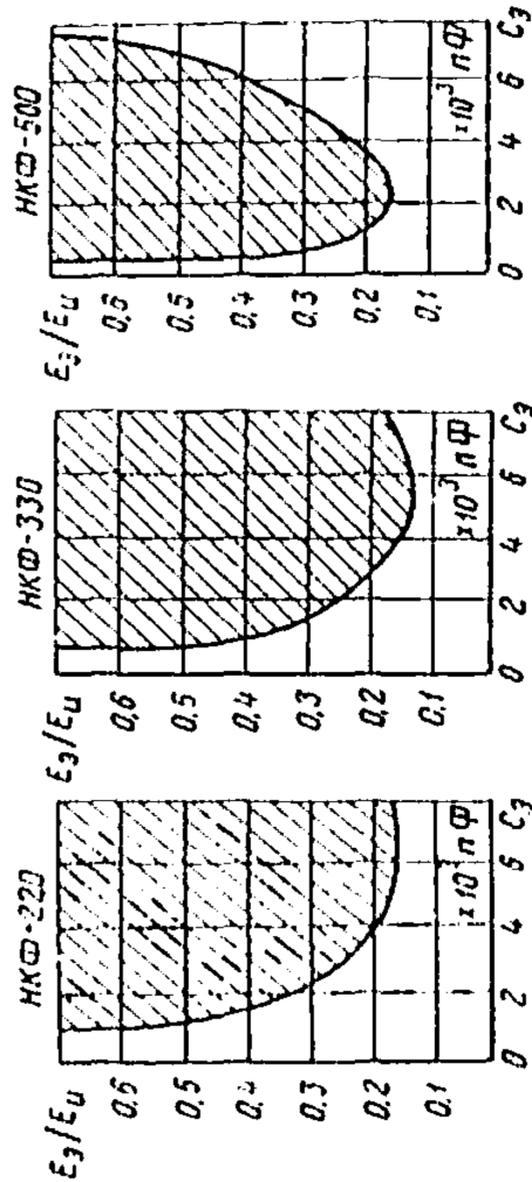


Рис. 4. Области существования феррорезонанса напряжений на частоте 50 Гц ( $U = U_{нзлбр}$ ):  
 ■ - резонанс есть; □ - резонанса нет;

$$E_3 = E_u \frac{C_B}{C_B + C_S}$$

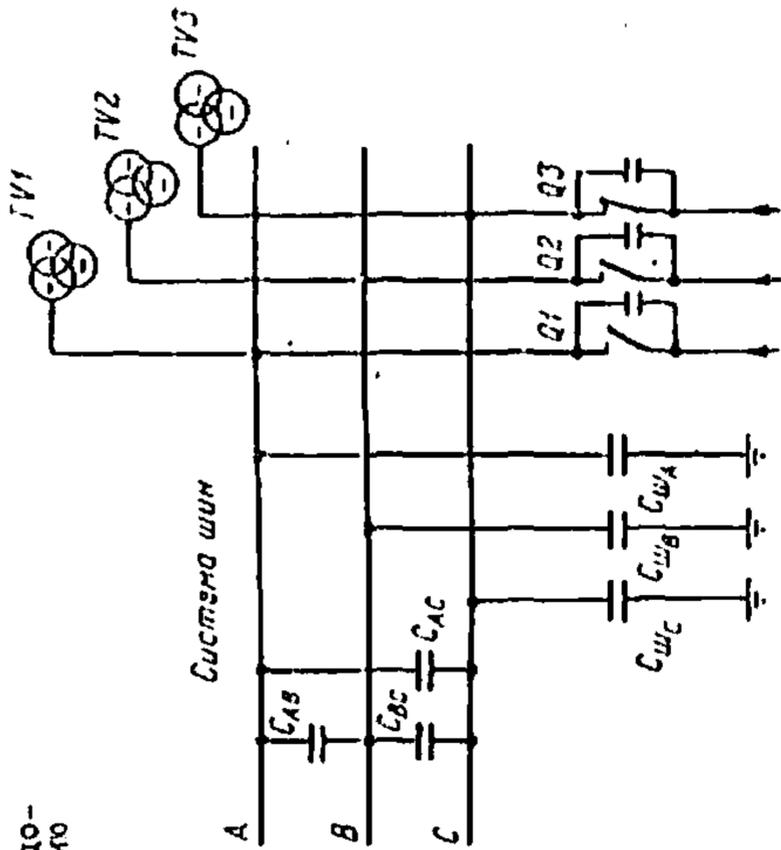


Рис. 5. Схема неполнофазного питания системы шин СРУ после автоматического отключения присоединений от системы шин

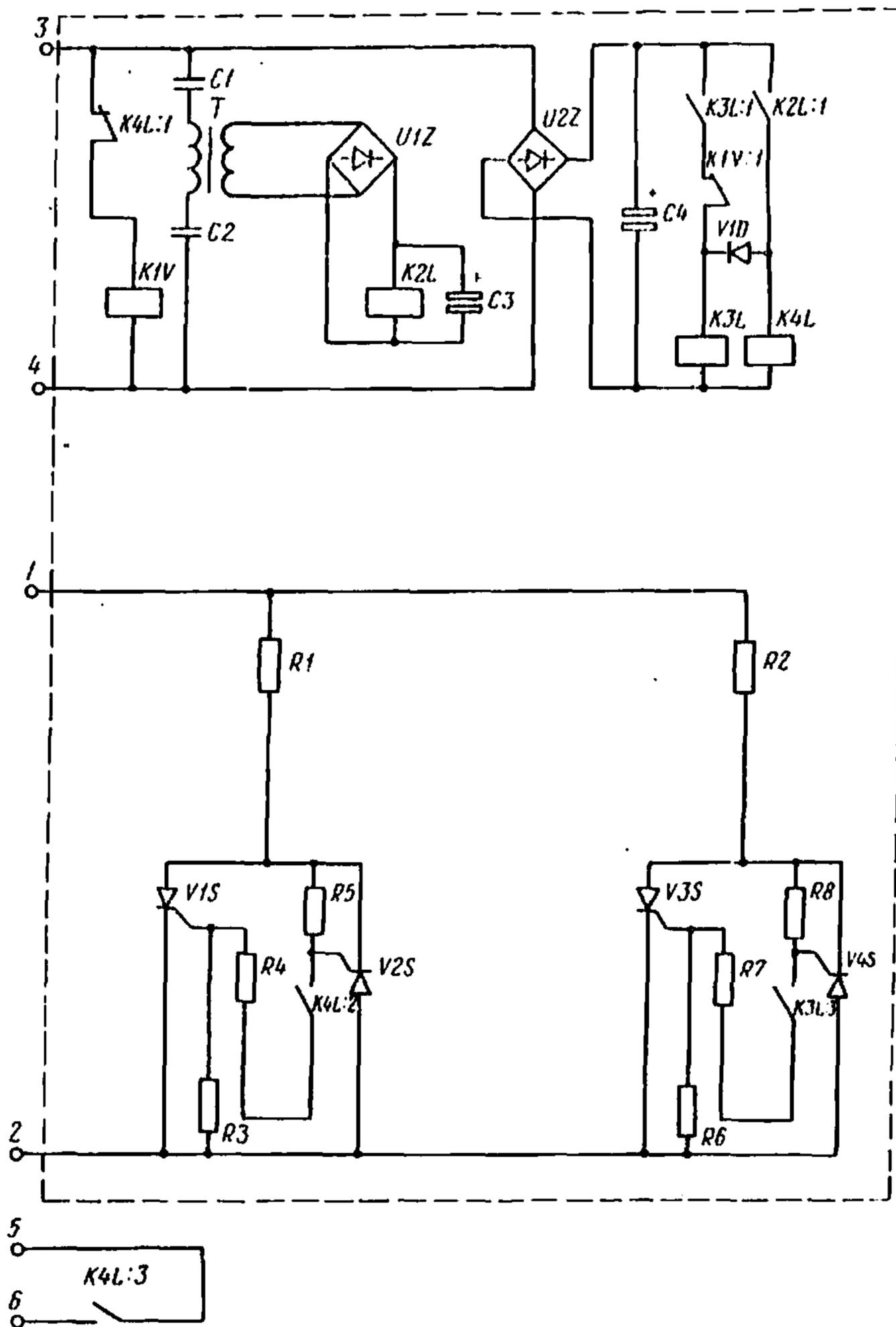


Рис.6. Принципиальная электрическая схема устройства фиксации и подавления феррорезонанса (вариант, разработанный с участием Днепроэнерго, Краснодарэнерго, Смоленскэнерго, Азглавэнерго)

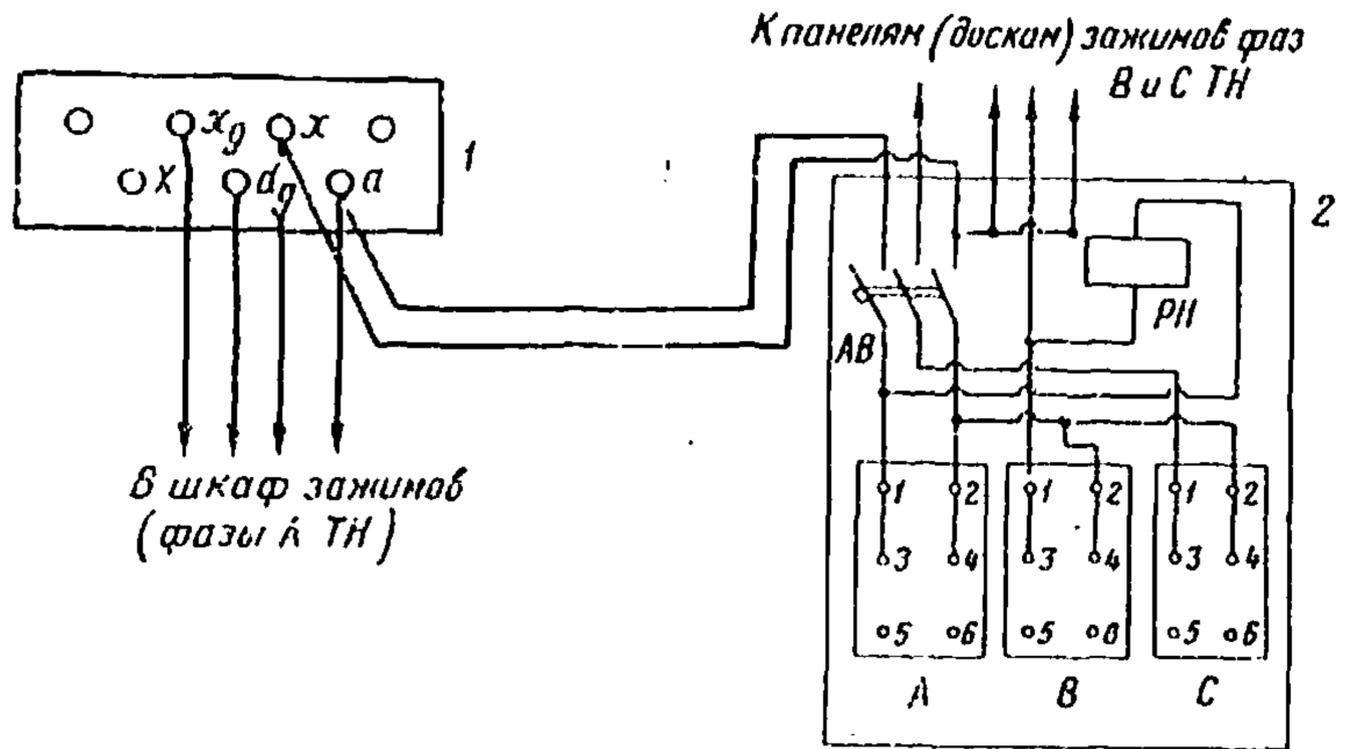


Рис. 7. Схема присоединения устройства фиксации и подавления феррорезонанса к трансформатору напряжения:  
 1 - доска зажимов трансформатора напряжения; 2 - шкаф

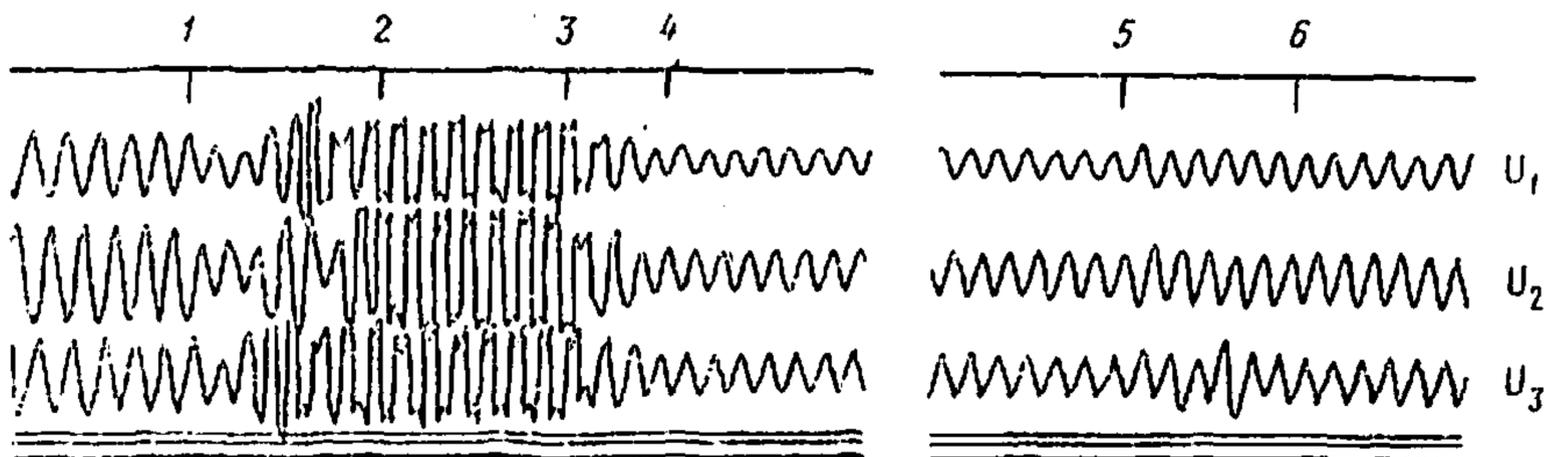


Рис. 8. Осциллограмма возникновения и подавления феррорезонанса в распределительном устройстве 220 кВ:

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

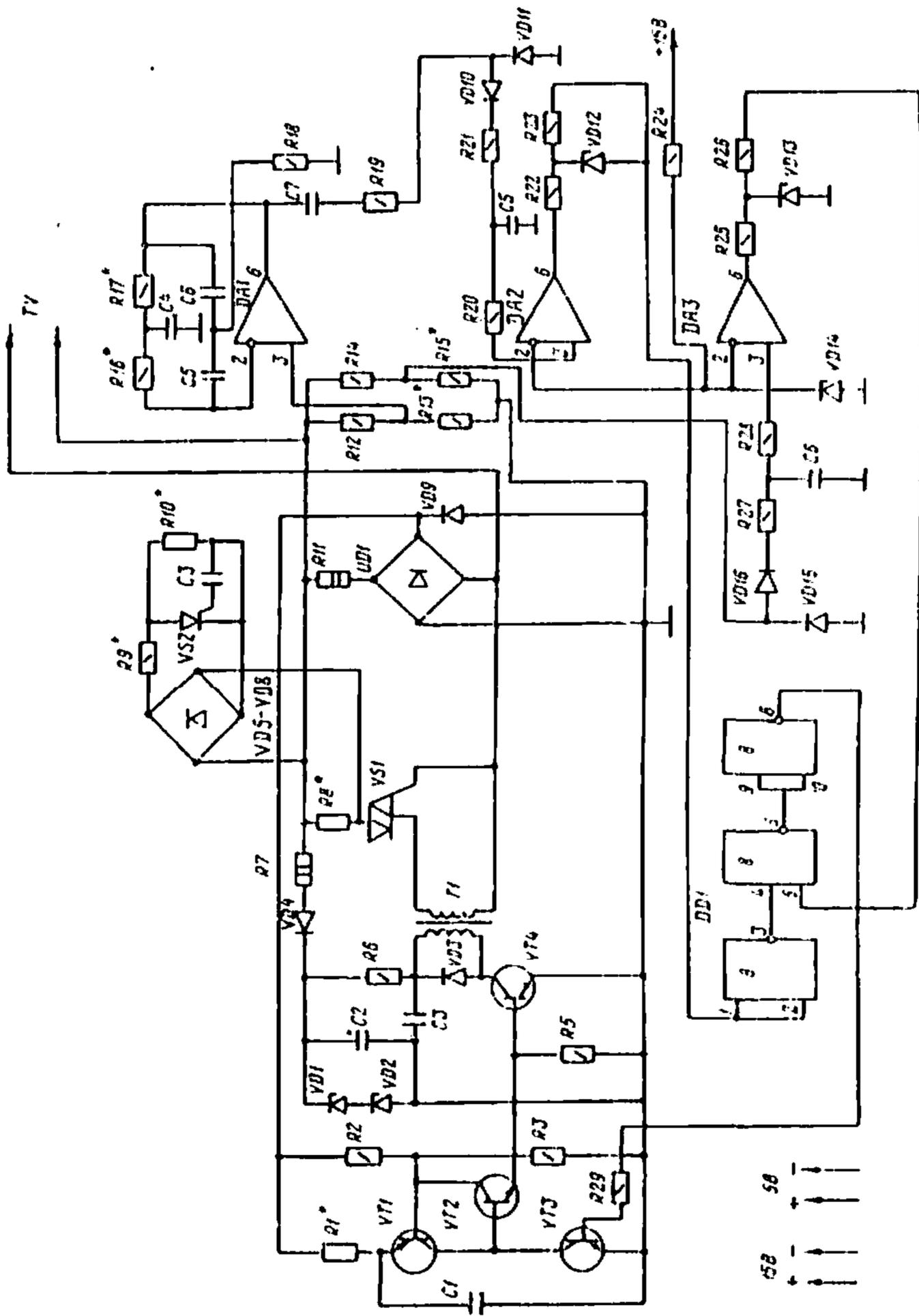


Рис. 9. Принципиальная электрическая схема устройства подавления феррорезонанса

П р и л о ж е н и е I

ПРОГРАММА РАСЧЕТА КРАТКОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ  
ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКОМ С ПЕРИОДИЧЕСКИМ НАПРЯЖЕНИЕМ  
В ПРОЦЕНТНОМ СОБЕЖИВАЮЩЕМ ГАРМОНИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ НАПРЯЖЕНИЯ

Образована программа: CALL PERRES (UN, CB, CS, G), где UN - линейное номинальное напряжение; CB - сумма реактивных эквивалентных емкостей конденсаторов, индуктивных контуров воздушных выключателей ОРУ, кВ; CS - сумма значений емкостей электрооборудования, отключки и для ОРУ со стороны н земли; G - коэффициент изменения фазного напряжения.

Требуемых параметров подпрограммы нет. Время расчета (ЕС IO22) с транзистором - 6 мин.

ПРОГРАММА:

```

00001  SUBROUTINE PERRES (UN, CB, CS, G)
00002  DIMENSION X(2), Y(2), Z(2), X2(2), Y2(2), Z2(2), X4(4), Y4(4), Z4(4)
00003  DIMENSION X1(2), Y1(2), Z1(2), X3(2), Y3(2), Z3(2), X5(2), Y5(2), Z5(2)
00004  DIMENSION X6(2), Y6(2), Z6(2), X7(2), Y7(2), Z7(2), X8(2), Y8(2), Z8(2)
00005  DIMENSION X9(2), Y9(2), Z9(2), X10(2), Y10(2), Z10(2)
00006  DIMENSION X11(2), Y11(2), Z11(2), X12(2), Y12(2), Z12(2)
00007  DIMENSION X13(2), Y13(2), Z13(2), X14(2), Y14(2), Z14(2)
00008  DIMENSION X15(2), Y15(2), Z15(2), X16(2), Y16(2), Z16(2)
00009  DIMENSION X17(2), Y17(2), Z17(2), X18(2), Y18(2), Z18(2)
00010  DIMENSION X19(2), Y19(2), Z19(2), X20(2), Y20(2), Z20(2)
00011  DIMENSION X21(2), Y21(2), Z21(2), X22(2), Y22(2), Z22(2)
00012  DIMENSION X23(2), Y23(2), Z23(2), X24(2), Y24(2), Z24(2)
00013  DIMENSION X25(2), Y25(2), Z25(2), X26(2), Y26(2), Z26(2)
00014  DIMENSION X27(2), Y27(2), Z27(2), X28(2), Y28(2), Z28(2)
00015  DIMENSION X29(2), Y29(2), Z29(2), X30(2), Y30(2), Z30(2)
00016  DIMENSION X31(2), Y31(2), Z31(2), X32(2), Y32(2), Z32(2)
00017  DIMENSION X33(2), Y33(2), Z33(2), X34(2), Y34(2), Z34(2)
00018  DIMENSION X35(2), Y35(2), Z35(2), X36(2), Y36(2), Z36(2)
00019  DIMENSION X37(2), Y37(2), Z37(2), X38(2), Y38(2), Z38(2)
00020  DIMENSION X39(2), Y39(2), Z39(2), X40(2), Y40(2), Z40(2)
00021  DIMENSION X41(2), Y41(2), Z41(2), X42(2), Y42(2), Z42(2)
00022  DIMENSION X43(2), Y43(2), Z43(2), X44(2), Y44(2), Z44(2)
00023  DIMENSION X45(2), Y45(2), Z45(2), X46(2), Y46(2), Z46(2)
00024  DIMENSION X47(2), Y47(2), Z47(2), X48(2), Y48(2), Z48(2)
00025  DIMENSION X49(2), Y49(2), Z49(2), X50(2), Y50(2), Z50(2)
00026  DIMENSION X51(2), Y51(2), Z51(2), X52(2), Y52(2), Z52(2)
00027  DIMENSION X53(2), Y53(2), Z53(2), X54(2), Y54(2), Z54(2)
00028  DIMENSION X55(2), Y55(2), Z55(2), X56(2), Y56(2), Z56(2)
00029  DIMENSION X57(2), Y57(2), Z57(2), X58(2), Y58(2), Z58(2)
00030  DIMENSION X59(2), Y59(2), Z59(2), X60(2), Y60(2), Z60(2)
00031  DIMENSION X61(2), Y61(2), Z61(2), X62(2), Y62(2), Z62(2)
00032  DIMENSION X63(2), Y63(2), Z63(2), X64(2), Y64(2), Z64(2)
00033  DIMENSION X65(2), Y65(2), Z65(2), X66(2), Y66(2), Z66(2)
00034  DIMENSION X67(2), Y67(2), Z67(2), X68(2), Y68(2), Z68(2)
00035  DIMENSION X69(2), Y69(2), Z69(2), X70(2), Y70(2), Z70(2)
00036  DIMENSION X71(2), Y71(2), Z71(2), X72(2), Y72(2), Z72(2)
00037  DIMENSION X73(2), Y73(2), Z73(2), X74(2), Y74(2), Z74(2)
00038  DIMENSION X75(2), Y75(2), Z75(2), X76(2), Y76(2), Z76(2)
00039  DIMENSION X77(2), Y77(2), Z77(2), X78(2), Y78(2), Z78(2)
00040  DIMENSION X79(2), Y79(2), Z79(2), X80(2), Y80(2), Z80(2)
00041  DIMENSION X81(2), Y81(2), Z81(2), X82(2), Y82(2), Z82(2)
00042  DIMENSION X83(2), Y83(2), Z83(2), X84(2), Y84(2), Z84(2)
00043  DIMENSION X85(2), Y85(2), Z85(2), X86(2), Y86(2), Z86(2)
00044  DIMENSION X87(2), Y87(2), Z87(2), X88(2), Y88(2), Z88(2)
00045  DIMENSION X89(2), Y89(2), Z89(2), X90(2), Y90(2), Z90(2)
00046  DIMENSION X91(2), Y91(2), Z91(2), X92(2), Y92(2), Z92(2)
00047  DIMENSION X93(2), Y93(2), Z93(2), X94(2), Y94(2), Z94(2)
00048  DIMENSION X95(2), Y95(2), Z95(2), X96(2), Y96(2), Z96(2)
00049  DIMENSION X97(2), Y97(2), Z97(2), X98(2), Y98(2), Z98(2)
00050  DIMENSION X99(2), Y99(2), Z99(2), X100(2), Y100(2), Z100(2)
00051  DIMENSION X101(2), Y101(2), Z101(2), X102(2), Y102(2), Z102(2)
00052  DIMENSION X103(2), Y103(2), Z103(2), X104(2), Y104(2), Z104(2)
00053  DIMENSION X105(2), Y105(2), Z105(2), X106(2), Y106(2), Z106(2)
00054  DIMENSION X107(2), Y107(2), Z107(2), X108(2), Y108(2), Z108(2)
00055  DIMENSION X109(2), Y109(2), Z109(2), X110(2), Y110(2), Z110(2)
00056  DIMENSION X111(2), Y111(2), Z111(2), X112(2), Y112(2), Z112(2)
00057  DIMENSION X113(2), Y113(2), Z113(2), X114(2), Y114(2), Z114(2)
00058  DIMENSION X115(2), Y115(2), Z115(2), X116(2), Y116(2), Z116(2)
00059  DIMENSION X117(2), Y117(2), Z117(2), X118(2), Y118(2), Z118(2)
00060  DIMENSION X119(2), Y119(2), Z119(2), X120(2), Y120(2), Z120(2)
00061  DIMENSION X121(2), Y121(2), Z121(2), X122(2), Y122(2), Z122(2)
00062  DIMENSION X123(2), Y123(2), Z123(2), X124(2), Y124(2), Z124(2)
00063  DIMENSION X125(2), Y125(2), Z125(2), X126(2), Y126(2), Z126(2)
00064  DIMENSION X127(2), Y127(2), Z127(2), X128(2), Y128(2), Z128(2)
00065  DIMENSION X129(2), Y129(2), Z129(2), X130(2), Y130(2), Z130(2)
00066  DIMENSION X131(2), Y131(2), Z131(2), X132(2), Y132(2), Z132(2)
00067  DIMENSION X133(2), Y133(2), Z133(2), X134(2), Y134(2), Z134(2)
00068  DIMENSION X135(2), Y135(2), Z135(2), X136(2), Y136(2), Z136(2)
00069  DIMENSION X137(2), Y137(2), Z137(2), X138(2), Y138(2), Z138(2)
00070  DIMENSION X139(2), Y139(2), Z139(2), X140(2), Y140(2), Z140(2)
00071  DIMENSION X141(2), Y141(2), Z141(2), X142(2), Y142(2), Z142(2)
00072  DIMENSION X143(2), Y143(2), Z143(2), X144(2), Y144(2), Z144(2)
00073  DIMENSION X145(2), Y145(2), Z145(2), X146(2), Y146(2), Z146(2)
00074  DIMENSION X147(2), Y147(2), Z147(2), X148(2), Y148(2), Z148(2)
00075  DIMENSION X149(2), Y149(2), Z149(2), X150(2), Y150(2), Z150(2)
00076  DIMENSION X151(2), Y151(2), Z151(2), X152(2), Y152(2), Z152(2)
00077  DIMENSION X153(2), Y153(2), Z153(2), X154(2), Y154(2), Z154(2)
00078  DIMENSION X155(2), Y155(2), Z155(2), X156(2), Y156(2), Z156(2)
00079  DIMENSION X157(2), Y157(2), Z157(2), X158(2), Y158(2), Z158(2)
00080  DIMENSION X159(2), Y159(2), Z159(2), X160(2), Y160(2), Z160(2)
00081  DIMENSION X161(2), Y161(2), Z161(2), X162(2), Y162(2), Z162(2)
00082  DIMENSION X163(2), Y163(2), Z163(2), X164(2), Y164(2), Z164(2)
00083  DIMENSION X165(2), Y165(2), Z165(2), X166(2), Y166(2), Z166(2)
00084  DIMENSION X167(2), Y167(2), Z167(2), X168(2), Y168(2), Z168(2)
00085  DIMENSION X169(2), Y169(2), Z169(2), X170(2), Y170(2), Z170(2)
00086  DIMENSION X171(2), Y171(2), Z171(2), X172(2), Y172(2), Z172(2)
00087  DIMENSION X173(2), Y173(2), Z173(2), X174(2), Y174(2), Z174(2)
00088  DIMENSION X175(2), Y175(2), Z175(2), X176(2), Y176(2), Z176(2)
00089  DIMENSION X177(2), Y177(2), Z177(2), X178(2), Y178(2), Z178(2)
00090  DIMENSION X179(2), Y179(2), Z179(2), X180(2), Y180(2), Z180(2)
00091  DIMENSION X181(2), Y181(2), Z181(2), X182(2), Y182(2), Z182(2)
00092  DIMENSION X183(2), Y183(2), Z183(2), X184(2), Y184(2), Z184(2)
00093  DIMENSION X185(2), Y185(2), Z185(2), X186(2), Y186(2), Z186(2)
00094  DIMENSION X187(2), Y187(2), Z187(2), X188(2), Y188(2), Z188(2)
00095  DIMENSION X189(2), Y189(2), Z189(2), X190(2), Y190(2), Z190(2)
00096  DIMENSION X191(2), Y191(2), Z191(2), X192(2), Y192(2), Z192(2)
00097  DIMENSION X193(2), Y193(2), Z193(2), X194(2), Y194(2), Z194(2)
00098  DIMENSION X195(2), Y195(2), Z195(2), X196(2), Y196(2), Z196(2)
00099  DIMENSION X197(2), Y197(2), Z197(2), X198(2), Y198(2), Z198(2)
00100  DIMENSION X199(2), Y199(2), Z199(2), X200(2), Y200(2), Z200(2)
00101  DIMENSION X201(2), Y201(2), Z201(2), X202(2), Y202(2), Z202(2)
00102  DIMENSION X203(2), Y203(2), Z203(2), X204(2), Y204(2), Z204(2)
00103  DIMENSION X205(2), Y205(2), Z205(2), X206(2), Y206(2), Z206(2)
00104  DIMENSION X207(2), Y207(2), Z207(2), X208(2), Y208(2), Z208(2)
00105  DIMENSION X209(2), Y209(2), Z209(2), X210(2), Y210(2), Z210(2)
00106  DIMENSION X211(2), Y211(2), Z211(2), X212(2), Y212(2), Z212(2)
00107  DIMENSION X213(2), Y213(2), Z213(2), X214(2), Y214(2), Z214(2)
00108  DIMENSION X215(2), Y215(2), Z215(2), X216(2), Y216(2), Z216(2)
00109  DIMENSION X217(2), Y217(2), Z217(2), X218(2), Y218(2), Z218(2)
00110  DIMENSION X219(2), Y219(2), Z219(2), X220(2), Y220(2), Z220(2)
00111  DIMENSION X221(2), Y221(2), Z221(2), X222(2), Y222(2), Z222(2)
00112  DIMENSION X223(2), Y223(2), Z223(2), X224(2), Y224(2), Z224(2)
00113  DIMENSION X225(2), Y225(2), Z225(2), X226(2), Y226(2), Z226(2)
00114  DIMENSION X227(2), Y227(2), Z227(2), X228(2), Y228(2), Z228(2)
00115  DIMENSION X229(2), Y229(2), Z229(2), X230(2), Y230(2), Z230(2)
00116  DIMENSION X231(2), Y231(2), Z231(2), X232(2), Y232(2), Z232(2)
00117  DIMENSION X233(2), Y233(2), Z233(2), X234(2), Y234(2), Z234(2)
00118  DIMENSION X235(2), Y235(2), Z235(2), X236(2), Y236(2), Z236(2)
00119  DIMENSION X237(2), Y237(2), Z237(2), X238(2), Y238(2), Z238(2)
00120  DIMENSION X239(2), Y239(2), Z239(2), X240(2), Y240(2), Z240(2)
00121  DIMENSION X241(2), Y241(2), Z241(2), X242(2), Y242(2), Z242(2)
00122  DIMENSION X243(2), Y243(2), Z243(2), X244(2), Y244(2), Z244(2)
00123  DIMENSION X245(2), Y245(2), Z245(2), X246(2), Y246(2), Z246(2)
00124  DIMENSION X247(2), Y247(2), Z247(2), X248(2), Y248(2), Z248(2)
00125  DIMENSION X249(2), Y249(2), Z249(2), X250(2), Y250(2), Z250(2)
00126  DIMENSION X251(2), Y251(2), Z251(2), X252(2), Y252(2), Z252(2)
00127  DIMENSION X253(2), Y253(2), Z253(2), X254(2), Y254(2), Z254(2)
00128  DIMENSION X255(2), Y255(2), Z255(2), X256(2), Y256(2), Z256(2)
00129  DIMENSION X257(2), Y257(2), Z257(2), X258(2), Y258(2), Z258(2)
00130  DIMENSION X259(2), Y259(2), Z259(2), X260(2), Y260(2), Z260(2)
00131  DIMENSION X261(2), Y261(2), Z261(2), X262(2), Y262(2), Z262(2)
00132  DIMENSION X263(2), Y263(2), Z263(2), X264(2), Y264(2), Z264(2)
00133  DIMENSION X265(2), Y265(2), Z265(2), X266(2), Y266(2), Z266(2)
00134  DIMENSION X267(2), Y267(2), Z267(2), X268(2), Y268(2), Z268(2)
00135  DIMENSION X269(2), Y269(2), Z269(2), X270(2), Y270(2), Z270(2)
00136  DIMENSION X271(2), Y271(2), Z271(2), X272(2), Y272(2), Z272(2)
00137  DIMENSION X273(2), Y273(2), Z273(2), X274(2), Y274(2), Z274(2)
00138  DIMENSION X275(2), Y275(2), Z275(2), X276(2), Y276(2), Z276(2)
00139  DIMENSION X277(2), Y277(2), Z277(2), X278(2), Y278(2), Z278(2)
00140  DIMENSION X279(2), Y279(2), Z279(2), X280(2), Y280(2), Z280(2)
00141  DIMENSION X281(2), Y281(2), Z281(2), X282(2), Y282(2), Z282(2)
00142  DIMENSION X283(2), Y283(2), Z283(2), X284(2), Y284(2), Z284(2)
00143  DIMENSION X285(2), Y285(2), Z285(2), X286(2), Y286(2), Z286(2)
00144  DIMENSION X287(2), Y287(2), Z287(2), X288(2), Y288(2), Z288(2)
00145  DIMENSION X289(2), Y289(2), Z289(2), X290(2), Y290(2), Z290(2)
00146  DIMENSION X291(2), Y291(2), Z291(2), X292(2), Y292(2), Z292(2)
00147  DIMENSION X293(2), Y293(2), Z293(2), X294(2), Y294(2), Z294(2)
00148  DIMENSION X295(2), Y295(2), Z295(2), X296(2), Y296(2), Z296(2)
00149  DIMENSION X297(2), Y297(2), Z297(2), X298(2), Y298(2), Z298(2)
00150  DIMENSION X299(2), Y299(2), Z299(2), X300(2), Y300(2), Z300(2)
00151  DIMENSION X301(2), Y301(2), Z301(2), X302(2), Y302(2), Z302(2)
00152  DIMENSION X303(2), Y303(2), Z303(2), X304(2), Y304(2), Z304(2)
00153  DIMENSION X305(2), Y305(2), Z305(2), X306(2), Y306(2), Z306(2)
00154  DIMENSION X307(2), Y307(2), Z307(2), X308(2), Y308(2), Z308(2)
00155  DIMENSION X309(2), Y309(2), Z309(2), X310(2), Y310(2), Z310(2)
00156  DIMENSION X311(2), Y311(2), Z311(2), X312(2), Y312(2), Z312(2)
00157  DIMENSION X313(2), Y313(2), Z313(2), X314(2), Y314(2), Z314(2)
00158  DIMENSION X315(2), Y315(2), Z315(2), X316(2), Y316(2), Z316(2)
00159  DIMENSION X317(2), Y317(2), Z317(2), X318(2), Y318(2), Z318(2)
00160  DIMENSION X319(2), Y319(2), Z319(2), X320(2), Y320(2), Z320(2)
00161  DIMENSION X321(2), Y321(2), Z321(2), X322(2), Y322(2), Z322(2)
00162  DIMENSION X323(2), Y323(2), Z323(2), X324(2), Y324(2), Z324(2)
00163  DIMENSION X325(2), Y325(2), Z325(2), X326(2), Y326(2), Z326(2)
00164  DIMENSION X327(2), Y327(2), Z327(2), X328(2), Y328(2), Z328(2)
00165  DIMENSION X329(2), Y329(2), Z329(2), X330(2), Y330(2), Z330(2)
00166  DIMENSION X331(2), Y331(2), Z331(2), X332(2), Y332(2), Z332(2)
00167  DIMENSION X333(2), Y333(2), Z333(2), X334(2), Y334(2), Z334(2)
00168  DIMENSION X335(2), Y335(2), Z335(2), X336(2), Y336(2), Z336(2)
00169  DIMENSION X337(2), Y337(2), Z337(2), X338(2), Y338(2), Z338(2)
00170  DIMENSION X339(2), Y339(2), Z339(2), X340(2), Y340(2), Z340(2)
00171  DIMENSION X341(2), Y341(2), Z341(2), X342(2), Y342(2), Z342(2)
00172  DIMENSION X343(2), Y343(2), Z343(2), X344(2), Y344(2), Z344(2)
00173  DIMENSION X345(2), Y345(2), Z345(2), X346(2), Y346(2), Z346(2)
00174  DIMENSION X347(2), Y347(2), Z347(2), X348(2), Y348(2), Z348(2)
00175  DIMENSION X349(2), Y349(2), Z349(2), X350(2), Y350(2), Z350(2)
00176  DIMENSION X351(2), Y351(2), Z351(2), X352(2), Y352(2), Z352(2)
00177  DIMENSION X353(2), Y353(2), Z353(2), X354(2), Y354(2), Z354(2)
00178  DIMENSION X355(2), Y355(2), Z355(2), X356(2), Y356(2), Z356(2)
00179  DIMENSION X357(2), Y357(2), Z357(2), X358(2), Y358(2), Z358(2)
00180  DIMENSION X359(2), Y359(2), Z359(2), X360(2), Y360(2), Z360(2)
00181  DIMENSION X361(2), Y361(2), Z361(2), X362(2), Y362(2), Z362(2)
00182  DIMENSION X363(2), Y363(2), Z363(2), X364(2), Y364(2), Z364(2)
00183  DIMENSION X365(2), Y365(2), Z365(2), X366(2), Y366(2), Z366(2)
00184  DIMENSION X367(2), Y367(2), Z367(2), X368(2), Y368(2), Z368(2)
00185  DIMENSION X369(2), Y369(2), Z369(2), X370(2), Y370(2), Z370(2)
00186  DIMENSION X371(2), Y371(2), Z371(2), X372(2), Y372(2), Z372(2)
00187  DIMENSION X373(2), Y373(2), Z373(2), X374(2), Y374(2), Z374(2)
00188  DIMENSION X375(2), Y375(2), Z375(2), X376(2), Y376(2), Z376(2)
00189  DIMENSION X377(2), Y377(2), Z377(2), X378(2), Y378(2), Z378(2)
00190  DIMENSION X379(2), Y379(2), Z379(2), X380(2), Y380(2), Z380(2)
00191  DIMENSION X381(2), Y381(2), Z381(2), X382(2), Y382(2), Z382(2)
00192  DIMENSION X383(2), Y383(2), Z383(2), X384(2), Y384(2), Z384(2)
00193  DIMENSION X385(2), Y385(2), Z385(2), X386(2), Y386(2), Z386(2)
00194  DIMENSION X387(2), Y387(2), Z387(2), X388(2), Y388(2), Z388(2)
00195  DIMENSION X389(2), Y389(2), Z389(2), X390(2), Y390(2), Z390(2)
00196  DIMENSION X391(2), Y391(2), Z391(2), X392(2), Y392(2), Z392(2)
00197  DIMENSION X393(2), Y393(2), Z393(2), X394(2), Y394(2), Z394(2)
00198  DIMENSION X395(2), Y395(2), Z395(2), X396(2), Y396(2), Z396(2)
00199  DIMENSION X397(2), Y397(2), Z397(2), X398(2), Y398(2), Z398(2)
00200  DIMENSION X399(2), Y399(2), Z399(2), X400(2), Y400(2), Z400(2)
00201  DIMENSION X401(2), Y401(2), Z401(2), X402(2), Y402(2), Z402(2)
00202  DIMENSION X403(2), Y403(2), Z403(2), X404(2), Y404(2), Z404(2)
00203  DIMENSION X405(2), Y405(2), Z405(2), X406(2), Y406(2), Z406(2)
00204  DIMENSION X407(2), Y407(2), Z407(2), X408(2), Y408(2), Z408(2)
00205  DIMENSION X409(2), Y409(2), Z409(2), X410(2), Y410(2), Z410(2)
00206  DIMENSION X411(2), Y411(2), Z411(2), X412(2), Y412(2), Z412(2)
00207  DIMENSION X413(2), Y413(2), Z413(2), X414(2), Y414(2), Z414(2)
00208  DIMENSION X415(2), Y415(2), Z415(2), X416(2), Y416(2), Z416(2)
00209  DIMENSION X417(2), Y417(2), Z417(2), X418(2), Y418(2), Z418(2)
00210  DIMENSION X419(2), Y419(2), Z419(2), X420(2), Y420(2), Z420(2)
00211  DIMENSION X421(2), Y421(2), Z421(2), X422(2), Y422(2), Z422(2)
00212  DIMENSION X423(2), Y423(2), Z423(2), X424(2), Y424(2), Z424(2)
00213  DIMENSION X425(2), Y425(2), Z425(2), X426(2), Y426(2), Z426(2)
00214  DIMENSION X427(2), Y427(2), Z427(2), X428(2), Y428(2), Z428(2)
00215  DIMENSION X429(2), Y429(2), Z429(2), X430(2), Y430(2), Z430(2)
00216  DIMENSION X431(2), Y431(2), Z431(2), X432(2), Y432(2), Z432(2)
00217  DIMENSION X433(2), Y433(2), Z433(2), X434(2), Y434(2), Z434(2)
00218  DIMENSION X435(2), Y435(2), Z435(2), X436(2), Y436(2), Z436(2)
00219  DIMENSION X437(2), Y437(2), Z437(2), X438(2), Y438(2), Z438(2)
00220  DIMENSION X439(2), Y439(2), Z439(2), X440(2), Y440(2), Z440(2)
00221  DIMENSION X441(2), Y441(2), Z441(2), X442(2), Y442(2), Z442(2)
00222  DIMENSION X443(2), Y443(2), Z443(2), X444(2), Y444(2), Z444(2)
00223  DIMENSION X445(2), Y445(2), Z445(2), X446(2), Y446(2), Z446(2)
00224  DIMENSION X447(2), Y447(2), Z447(2), X448(2), Y448(2), Z448(2)
00225  DIMENSION X449(2), Y449(2), Z449(2), X450(2), Y450(2), Z450(2)
00226  DIMENSION X451(2), Y451(2), Z451(2), X452(2), Y452(2), Z452(2)
00227  DIMENSION X453(2), Y453(2), Z453(2), X454(2), Y454(2), Z454(2)
00228  DIMENSION X455(2), Y455(2), Z455(2), X456(2), Y456(2), Z456(2)
00229  DIMENSION X457(2), Y457(2), Z457(2), X458(2), Y458(2), Z458(2)
00230  DIMENSION X459(2), Y459(2), Z459(2), X460(2), Y460(2), Z460(2)
00231  DIMENSION X461(2), Y461(2), Z461(2), X462(2), Y462(2), Z462(2)
00232  DIMENSION X463(2), Y463(2), Z463(2), X464(2), Y464(2), Z464(2)
00233  DIMENSION X465(2), Y465(2), Z465(2), X466(2), Y466(2), Z466(2)
00234  DIMENSION X467(2), Y467(2), Z467(2), X468(2), Y468(2), Z468(2)
00235  DIMENSION X469(2), Y469(2), Z469(2), X470(2), Y470(2), Z470(2)
00236  DIMENSION X471(2), Y471(2), Z471(2), X472(2), Y472(2), Z472(2)
00237  DIMENSION X473(2), Y473(2), Z473(2), X474(2), Y474(2), Z474(2)
00238  DIMENSION X475(2), Y475(2), Z475(2), X476(2), Y476(2), Z476(2)
00239  DIMENSION X477(2), Y477(2), Z477(2), X478(2), Y478(2), Z478(2)
00240  DIMENSION X479(2), Y479(2), Z479(2), X480(2), Y480(2), Z480(2)
002
```



Результаты определяются в таблице

Номера перекосов	Кратность повышения фазного напряжения	% номинального фазного напряжения гармонических составляющих		
		1-й	3-й	5-й
1	1.77	67.11	2.71	1.24
2	1.66	48.81	13.99	7.22
3	1.45	191.23	44.51	7.33
4	1.76	252.11	63.39	26.58
5	1.67	121.35	15.13	19.53
6	1.12	147.04	12.07	11.56
7	1.22	199.97	16.67	23.38
8	1.64	132.05	34.66	16.36
9	1.91	179.50	33.49	2.79
10	1.57	189.79	23.98	14.51
11	1.37	139.39	47.97	19.16
12	1.76	125.11	37.57	7.88
13	1.63	174.85	38.62	2.19
14	1.54	135.24	26.43	14.22
15	1.58	122.35	32.71	4.99
16	1.52	164.78	43.19	9.95
17	1.59	167.67	43.46	7.37
18	1.61	177.24	37.44	8.59
19	1.45	163.32	46.13	11.22
20	1.58	172.63	41.21	4.52

14.10.29 DATE 11/11/11

Тестовый материал:  $UW = 220, CB = 2 \cdot 10^{-9}, CS = 2 \cdot 10^{-9}, G = 1, I.$

Программа расчета кратностей повышения напряжения при феррорезонансе и процентного содержания гармонических составляющих напряжения при установке параллельно трансформатору напряжения ОПН.

```

0001 SJBRU TIME FEROPN(UW,CB,CS,G)
0002 DIMENSION X(4),M(2),PI(120),P(2120),K5(6),K4(60)
0003 DATA X1=2.125,T/4=0.25=0.1=0.05,
0004 C1=0.666=CB*(UW=1.E3/314.),=2
0005 C2=0.566=CS*(UW=1.E3/314.),=2
0006 DO 1 J=1,25
0007 DO 6 K=1,100
0008 T=J*2.1E-4
0009 D=J*25.
0010 DO 2 J=1,2
0011 X(2)=J*(X(J)
0012 IF(ABS(X(2)),LT.1.E-6) TM=UN*X(2)/110.
0013 IF(ABS(X(2)),GE.1.E-6) TM=UN*X(2)*110.
0014 =10.*ABS(X(2))=0.6.*ABS(X(2))/110.
0015 IF(UW,LE.220.) UP=ABS(X(1))=1.58248E-3
0016 IF(UW,GT.220.) UP=ABS(X(1))=1.8823E-3
0017 DO 9 I=1,17
0018 IF(UP,GE.10.56=0.04.),AND(UP,LE.(0.62=0.04=1)) GO TO 10
0019 GO TO 11
0020 Y1=2.3956=UN*(1.-3B,833=10.62=0.04=1-UP)+5209.
0021 =-(0.62=0.04=1-UP)+3)=10.=11-6)
0022 IF(X(1),LT.0.) Y1=-11
0023 Y11=(C1=0.314.,=314.159=COS(314.159*Y1)-TM*Y1)/(C1+C2)
0024 IF(ABS(X(2)),LT.1.E-6) F=UM/110.
0025 IF(ABS(X(2)),GE.1.E-6) F=UM*(1.+
0026 =ABS(X(2))=0.04=0.6.*ABS(X(2))/110.
0027 DO 4 J=1,2
0028 X1(J)=X(2)*J+2.E-4*(J)/DM
0029 O=DM=1.
0030 IF(DH,GE.1.) GO TO 3

```

0000  
0001  
0002  
0003  
0004  
0005  
0006  
0007  
0008  
0009  
0010

0011  
0012  
0013  
0014  
0015  
0016  
0017  
0018  
0019  
0020  
0021  
0022  
0023  
0024  
0025  
0026  
0027  
0028  
0029  
0030  
0031  
0032  
0033  
0034  
0035  
0036  
0037  
0038  
0039  
0040  
0041  
0042  
0043  
0044  
0045  
0046  
0047  
0048  
0049  
0050  
0051  
0052  
0053  
0054  
0055  
0056  
0057  
0058  
0059  
0060  
0061  
0062  
0063  
0064  
0065  
0066  
0067  
0068  
0069  
0070  
0071  
0072  
0073  
0074  
0075  
0076  
0077  
0078  
0079  
0080  
0081  
0082  
0083  
0084  
0085  
0086  
0087  
0088  
0089  
0090  
0091  
0092  
0093  
0094  
0095  
0096  
0097  
0098  
0099  
0100

0101  
0102  
0103  
0104  
0105  
0106  
0107  
0108  
0109  
0110

ПРИМЕРЫ С РЕЗУЛЬТАТАМИ РАСЧЕТА  
ПРОЦЕССА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ФЕРРОРЕЗОНАНСА  
В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОМ УСТРОЙСТВЕ 220 кВ

Пример № 1

Номер периода	Кратность изменения напряжения (от $U_{н.ф}$ )	% номинального фазного напряжения гармонических составляющих		
		1-я	3-я	5-я
1	0,77	67,11	2,71	1,24
2	0,86	48,01	15,99	7,20
3	2,45	191,03	44,61	7,33
4	2,76	200,11	65,39	26,68
5	2,07	121,39	15,13	19,63
6	2,02	147,04	12,07	11,86
7	2,20	199,87	16,67	28,38
8	1,66	132,05	34,66	16,38
9	1,91	179,60	33,49	2,79
10	1,87	189,79	20,98	14,61
11	1,37	139,99	47,97	19,16
12	1,78	185,11	32,60	7,08
13	1,65	174,88	38,60	2,18
14	1,54	155,24	46,45	14,20
15	1,68	182,35	32,71	4,99
16	1,59	164,78	45,19	9,98
17	1,59	167,47	43,44	7,87
18	1,61	177,24	37,46	0,69
19	1,45	163,32	46,13	11,12
20	1,58	172,63	41,21	4,62

Примечание. На шинах распределительного устройства установлены вентильные разрядники, на трансформатор напряжения подается напряжение через емкостные делители четырех выключателей ВВБ-220.

Пример № 2

Номер периода.	Кратность изомерная напряжения (от $U_{н.ф.}$ )	% возмездного фазного напряжения гармонических составляющих		
		1-й	3-й	5-й
1	0,77	67,11	2,71	1,24
2	0,86	48,01	15,99	7,2
3	1,66	172,39	37,91	3,31
4	1,66	196,61	37,33	5,88
5	1,65	190,66	34,97	10,35
6	1,61	178,38	35,17	2,22
7	1,46	165,73	45,17	9,61
8	1,55	170,87	42,12	5,78
9	1,54	172,02	41,56	4,88
10	1,50	167,76	44,13	8,17
11	1,53	171,52	41,87	5,32
12	1,51	170,10	42,86	6,45
13	1,51	169,40	43,22	6,77
14	1,52	170,97	42,26	5,77
15	1,51	169,72	43,07	6,74
16	1,51	170,12	43,81	6,43
17	1,51	170,43	42,63	6,19
18	1,51	169,86	42,93	6,63
19	1,51	170,28	42,71	6,30
20	1,51	170,18	42,73	6,33

Примечание. На шинах распределительного устройства установлены ограничители перенапряжений воздушной линии (ОПН), на трансформатор напряжения подается напряжение через бакетные контакты четырех выключателей ВВГ-250.

## Приложение 3

ЗНАЧЕНИЯ ЕМКОСТЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ  
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ 150-500 кВ

Т а б л и ц а 1

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
ВВД-220	700	ВВ-500Б	550
ВВЭК-220	500	ВНБ-500	350
ВВБ-330*	413	ВНБ-500	335
ВВБ-330Б*	413	ВВ-500Б	550
ВВБ-330Б-40/3200*	413	ВВЭК-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 ВВВ-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 ТФНД-500 кВ	150
Трансформатор напряжения 500 кВ	500
Разрядник 500 кВ	200
Выключатель ВНВ-500/2000 (полуполос)	235
Ошиновка 110-500 кВ	8-10 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.

П р и л о ж е н и е 1

Штамп завода-изготовителя  
выключателей

Заместителю главного инженера  
ПО "Совтехэнерго"

г.Герру А.Д.

105266, Москва, Семеновская  
наб., д.2/1

26.03.81 № 11-90/1116

На № 2518 от 20.01.81

По вопросу демонтажа  
делительных конденсаторов  
на выключателях 110 кВ

Считаю допустимым снятие конденсаторов ДМРУ-80-0,001 со всех выключателей серии ВВБ на напряжение 110 кВ: ВВБ-110-6, ВВБ-110-31,5/2000 (с вертикальным резервуаром в основании), ВВБМ-110Б и ВВУ-110Б независимо от вида распределительного устройства (открытое или закрытое), в котором они установлены.

Заместитель руководителя В.К.ТАРАСОВ

Верно: В.М.Максимов

ОПИСАНИЕ ПРИНЦИПАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ  
УСТРОЙСТВА ФИКСАЦИИ И ПОДАВЛЕНИЯ ФЕРРОРЕЗОНАНСА<sup>I</sup>

I. Основные параметры устройства

Количество ступеней нагрузки, подключаемой к трансформатору напряжения.....	2
Время включения резистора:	
R1 .....	0,03 с
R2 .....	0,30-0,39 с
Время готовности устройства к повторному действию .....	Не более 0,04 с
Потребляемая мощность при отсутствии феррорезонанса .....	I В·А
Напряжения срабатывания к возврата реле:	
K1V $U_{ср}$ .....	46 В
$U_{г}$ .....	40 В
K2V $U_{ср}$ .....	1,9 В
$U_{г}$ .....	1,4 В
K3V $U_{ср}$ .....	14,2 В
$U_{г}$ .....	2,3 В
K4V $U_{ср}$ .....	14,5 В
$U_{г}$ .....	2,5 В

2. Состав устройства

2.1. Логический блок (рисуну 3,4)

Логический блок состоит из реле контроля наличия напряжения частотой 50 Гц (K1V), фильтра напряжения третьей гармонической составляющей с выходным реле (K2L) постоянного тока, реле включения (K4L) тиристоров (V1S, V2S), реле включения (K3L) тиристоры (V3S, V4S).

<sup>I</sup> В настоящее время завершается разработка электронного устройства фиксации и подавления феррорезонанса (см. рис. 9) с участием ЦО "Добросоветатель", ИОН УССР и ряда других организаций.

## 2.2. Нагрузочный блок (выводы 1,2)

Нагрузочный блок, состоит из силовых резисторов ( $R1$ ,  $R2$ ), тиристоров ( $V1S$ ,  $V2S$ ,  $V3S$ ,  $V4S$ ), коммутирующих силовых резисторов, резисторов ( $R4$ ,  $R7$ ), ограничивающих ток управления тиристоров, резисторов ( $R3$ ,  $R5$ ,  $R6$ ,  $R8$ ), исключающих самопроизвольное открытие тиристоров.

## 3. Работа схемы устройства

### 3.1. Исходное состояние схемы

Феррорезонанс отсутствует, на входе (выводы 3,4) присутствует номинальное рабочее напряжение ( $f = 50$  Гц).

Цепи катушек реле  $K2L$ ,  $K3L$ ,  $K4L$  разомкнуты.

Цепь обмотки реле  $KIV$  замкнута контактом  $K4L : I$  и реле находится в сработавшем состоянии.

Цепь управления тиристорами разомкнута (на контактах  $K4L : 2$ ,  $K3L : 3$ ).

### 3.2. Работа элементов схемы при возникновении феррорезонанса

Срабатывает выходное реле  $K2L$  и замыкает контактами  $K2L : I$  цепь катушек реле  $K4L$  и  $K3L$ . Контакт  $K4L : I$  размыкает цепь катушек реле  $KIV$ . Контакт  $K4L : 2$  открывает тиристоры  $V1S$  и  $V2S$  и к выводам 1-2 устройства подключается резистор  $R1$ . Реле  $K3L$  самоудерживается через контакт  $K3L : I$ .

Контактом  $K3L : 3$  открываются тиристоры  $V3S$ ,  $V4S$ , подключающие силовой резистор  $R2$  параллельно резистору  $R1$ .

### 3.3. Работа элементов схемы после подавления феррорезонанса

Возвращаются в исходное состояние реле  $K2L$  и  $K4L$ . Контакт  $K4L$ : 1 замыкает цепь катушек реле  $K1V$  ( $U_{ср} = 0,7-0,8U_{ном}$ ,  $U_{ост} = (0,25-0,3)U_{ном}$ ). Контакт  $K4L$ : 2 размыкает цепь управления тиристорами  $V1S$  и  $V2S$ , отключая от выводов 1, 2 силовой резистор  $R1$ .

### 3.4. Работа элементов схемы после подачи рабочего напряжения на трансформатор напряжения

Срабатывает реле  $K1V$ . Контакт  $K1V$ : 1 размыкается цепь обмотки реле  $K3L$ . Контакт  $K3L$ : 3 размыкает цепи управления тиристорами  $V3S$  и  $V4S$ , отключающих резистор  $R2$  от выводов 1, 2 устройства.

### 3.5. Работа схемы сигнализации

При феррорезонансе через контакт  $K4L$ : 3 подается сигнал о возникновении феррорезонанса.

## 4. Основные технические данные элементов устройства

$R1 = 0,2 \text{ Ом}$ ;  $R2 = 0,6 \text{ Ом}$ ;  $R3, R5, R6, R8$  - МЛТ-1-56 $\pm$ 10%;  
 $R4, R7$  - ПЭВ-25-300  $\pm$ 10%;  $C1, C2$  - МЕМ-500-025 $\pm$ 10%;  $C3$  - К50-6-25-300 $\pm$ 10%;  $C4$  - К50-12-150-150-150 $\pm$ 10%;  $V1D$  - Д226;  $V1S, V2S$  - Т10-80-3-333У2;  $V3S, V4S$  - Т10-50-3-333У2;  $V1Z$  - Ю1402,  $K1V$  - РН54/48;  
 $K2L$  - 235.007.26;  $K3L, K4L$  - РНУ-0-511У4; Т - трансформатор (Ш18х18,  $W_1 = W_2 = 200 \text{ Вт}$ , ПЭВ-2  $\phi$  0,21, зазор до 2 мм).

С п и с о к  
использованной литературы

1. ТИПОВАЯ инструкция по производству оперативных переключений в электроустановках. - М.: СПО Союзтехэнерго, 1985.
2. ТИПОВАЯ инструкция по ликвидации аварий в электрической части энергосистем. - М.: СЭТИ ОРГРЭС, 1972.
3. ПРАВИЛА технической эксплуатации электрических станций и сетей. - М.: Энергия, 1977.
4. ГОСТ 1516.1-76 "Электрооборудование переменного тока на напряжения от 3 до 500 кВ. Требования к электрической прочности изоляции". - М.: Госстандарт, 1977.
5. ГОСТ 16357-83 "Разрядники вентильные переменного тока на номинальные напряжения от 3,8 до 600 кВ. Общие технические условия". - М.: Госстандарт, 1983.
6. ТУ 16-521.259-79 "Ограничители перенапряжений нелинейные типов ОПН-110У1, ОПН-150У1, ОПН-220У1 и ОПН-330У1".
7. ПАВЛОВ В.И., МАКСИМОВ В.М. Феррорезонанс в электрических сетях с заземленной нейтралью. - Электрические станции, 1975, № 1.
8. ЗИХЕРМАН М.Х., МАКСИМОВ В.М. Определение возможности возникновения феррорезонанса в ОРУ 220-500 кВ электростанций и подстанций энергосистем. Экспресс-информация. Серия: Эксплуатация и ремонт электрических сетей. Вып. I. - М.: Информэнерго, 1979.
9. ГАШИМОВ А.М., БОРИСЕНКО Л.С., ДЖУВАРЛЫ Ч.М., ДМИТРИЕВ Е.В., ЖДАНОВ В.С., НАЗАРОВ А.И., НУРМАМЕДОВ Т.А. Предотвращение резонанса напряжений с трансформаторами напряжения (50-500 кВ). - В кн.: Ограничение токов коротких замыканий и сопутствующих перенапряжений. Баку: Элм, 1983.
10. ГАШИМОВ А.М., ДЖУВАРЛЫ Ч.М., ДМИТРИЕВ Е.В., МАКСИМОВ В.М., САДУХОВ В.М. Применение сплайн-интерполяции для моделирования ограничителей перенапряжений. - Доклады Академии наук Азербайджанской ССР, 1986, № 5.
11. ПЕРЕДАЧА энергии постоянным и переменным током. - Труды НИИЭТ. Вып. 21-22. М.: Энергия, 1975.

О Г Л А В Л Е Н И Е

1. Общие положения .....	3
2. Методика определения возможности возникнове- ния феррорезонанса в распределительных устройствах 150-500 кВ с электромагнитны- ми трансформаторами напряжения и выключа- телями, содержащими емкости делители напряжения .....	4
3. Способы предотвращения и подавления ферроре- зонанса в распределительных устройствах 110-500 кВ .....	6
4. Основные технические требования к способам предотвращения и устройствам фиксации и подавления феррорезонанса в распредели- тельных устройствах 150-500 кВ .....	8
5. Выбор комплекса мероприятий по предотвраще- нию и подавлению феррорезонанса в распре- делительных устройствах 150-500 кВ .....	9
6. Указания по экспериментальной проверке су- ществования феррорезонанса в распредели- тельных устройствах 150-500 кВ электро- станций и подстанций .....	11
7. Указания по выбору параметров и уставок уст- ройства фиксации и подавления феррорезо- нанса в распределительных устройствах 150-500 кВ .....	12
8. Указания по обеспечению правильности дейст- вия АПВ шин распределительных устройств 150-330 кВ при возникновении феррорезо- нанса .....	13
П р и л о ж е н и е 1. Программа расчета крат- ностей повышения напряжения при феррорезо- нансе с трансформаторов: напряжения и про- центного содержания гармонических состав- ляющих напряжения .....	22
П р и л о ж е н и е 2. Примеры с результатами расчета процесса возникновения феррорезо- нанса в распределительном устройстве 220 кВ .....	27
П р и л о ж е н и е 3. Значения емкостей обо- рудования распределительных устройств 150- 500 кВ .....	29
П р и л о ж е н и е 4. Письмо завода-изготови- теля выключателей "По вопросу демонтажа до- лительных конденсаторов на выключателях 110 кВ" от 26.03.81 № П1-90/П116.....	31
П р и л о ж е н и е 5. Описание принципиальной электрической схемы устройства фиксации и подавления феррорезонанса .....	32
С п и с о к ь с п о л ь з о в а н н о й л и т е р а т у р ы .....	35