

**ОТКРЫТОЕ
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ
“СМОЛЕНСКЭНЕРГО”**

214019, г. Смоленск, ул. Тенишевой, 33
Тел.(4812) 42-95-59, факс (4812) 42-95-12
e-mail: smolenskenergo@smolen.ru



ИНФОРМАЦИОННОЕ ПИСЬМО №1-2006/РЗА

13 декабря 2006 г.

**О предотвращении
автоколебательных режимов
систем автоматического контроля
ВЧ канала релейной защиты
приемопередатчиков ПВЗ-9 0*****

Главный инженер

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'А.Н. Прудников'.

А.Н. Прудников

1. Общее описание автоколебательного режима АК

При эксплуатации ВЧ каналов релейных защит, оснащенных приемопередатчиками серий ПВЗ-90***, были выявлены случаи возникновения режимов работы системы автоматического контроля канала, когда блоки АК противоположных ВЧ постов указанных типов самопроизвольно попадают в режим непрерывного скоростного – несколько раз в секунду - обмена сигналами передатчиков (автоколебательный режим). Причем, стоит отметить особо, что подобный процесс:

- не является нормальным режимом функционирования системы автоконтроля,
- ни коим образом не может заменять штатный режим АК, т. к. практически не содержит информации о действительном текущем состоянии ВЧ канала,
- при отсутствии внешних возмущений или управляющих воздействий может продолжаться бесконечно долго, т. к. не вызывает срабатывания сигнализации НЕИСПРАВНОСТЬ поста (которая блокирует автоматические проверки канала),¹
- вызывает неоправданно повышенное потребление электроэнергии и ускоряет износ отдельных элементов оборудования.²

Кроме описанных случаев также неоднократно наблюдалась необъяснимое прежде срабатывание сигнализации ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНАЯ приемопередатчиков с индикацией НЕИСПРАВНОСТЬ ЧАСЫ, что может служить дополнительным подтверждением фактов нестандартной работы АК, а также говорит о том, что подобные случаи автоколебаний системы автоматического контроля канала – это весьма частое явление.

Подобное, в частности, наблюдалось в Рязанской и Смоленской энергосистемах, где в качестве высокочастотной аппаратуры основных защит ЛЭП широко используются ВЧ посты серий ПВЗ-90***.

Таким образом, исходя из вышеизложенного, следует вывод: автоколебания системы АК ПВЗ-90*** являют собой определенную угрозу и их следует предотвращать. — Настоящим документом представлены наиболее вероятная версия механизма возникновения автоколебаний и практические рекомендации по их недопущению.

¹ Однако при этом, как правило, очень скоро срабатывает сигнализация ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНАЯ (неисправность ЧАСов), что, пожалуй, в условиях работы приемопередатчиков на объектах без постоянного оперативного персонала является единственным источником информации о нежелательном режиме АК.

² Справедливости ради, нельзя не признать, что всё это не мешает нормальной работе защиты, т. к. для неё по принципу действия существует приоритет над автоматическими проверками канала.

2. Некоторые особенности формата обмена сигналами

«Стандартный» протокол обмена сигналами АК приемопередатчиков ПВЗ-90*** вкратце можно описать так (см. Рис. 1):

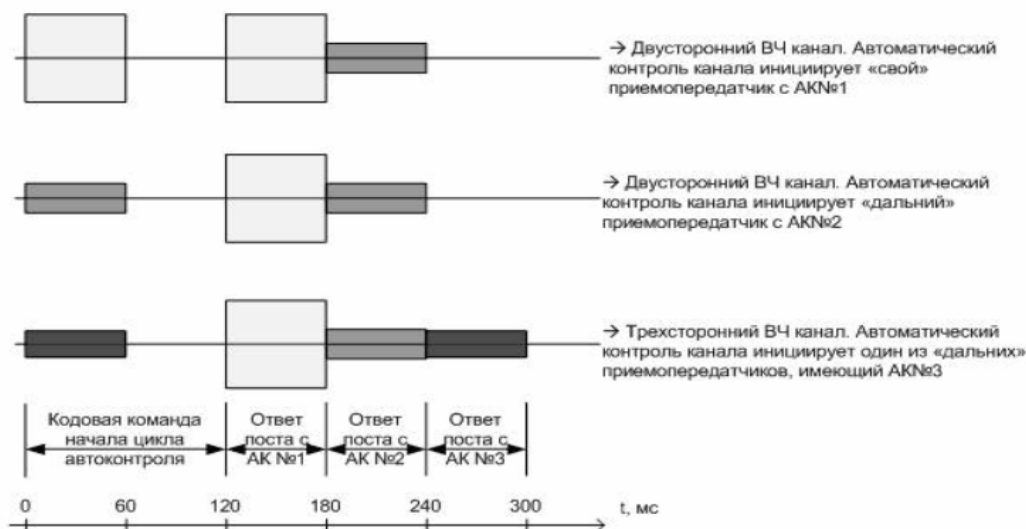


Рис. 1. «Стандартный» формат обмена сигналами АК ПВЗ-90***

Примечание: Возможны варианты исполнения с укороченным «ответом» АК№3, однако для рассматриваемой ситуации это принципиального значения не имеет.

- Блок АК одного из ВЧ постов по сигналу собственных внутренних ЧАСов посылает в канал команду-«запрос» начала цикла контроля. Формат этой команды таков: «60мс импульс – 60мс пауза»
- Блоками АК всех (!) приемопередатчиков данного канала осуществляется постоянное отслеживание характера ВЧ сигналов и их проверка на соответствие форматам используемых команд. Таким образом, распознав сигнал как команду к началу обмена сигналами, блоки АК последовательно-поочередно (каждый согласно своему номеру) запускают собственные передатчики на 60мс, формируя т. наз. «ответы». — Именно во время таких «ответов» автоматически выполняются простейшие измерения параметров канала.³

Дополнительно к изложенному необходимо отметить, что:

во-первых, полный «стандартный» цикл автоматической проверки формируется специальным узлом АК – РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕм, цикл всегда начинается с началом сигнала «запрос»⁴ и номинально длится в ПВЗ-90, ПВЗ-90М 300мс, а в ПВЗ-90М1 – 390мс;

во-вторых, однажды запустившись, РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬ не начнёт новый цикл, не завершив предыдущий, если только на передатчик не поступит внешнее управляющее воздействие (пуск, останов) от релейной части защиты (которое имеет приоритет над АПК и таким образом блокирует-сбрасывает РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬ);⁵

в-третьих, неисправность канала, распознанная во время автоматической проверки фиксируется только после того, как она подтвердилась т. наз. КОНТРОЛЬНОй ПРОВЕРКОЙ;

в-четвертых, подразумевается(!), что запуск распределителей всех блоков АК в ВЧ канале происходит практически синхронно (т. е. одновременно с началом команды-«запроса»);⁶

³ А именно: наличие сигнала и достаточность запаса по затуханию – причем, для каждого из обменивающихся приемопередатчиков, т. е. для двусторонних каналов дважды за один цикл проверки, для трехсторонних – трижды.

⁴ Помимо прочего, это означает, что РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬ из состояния ожидания каждый раз запускается в момент изменения состояния основного приемника (точнее – выходной цепи приемника) – т. е. реагирует вне зависимости от того, является ли входной сигнал командой или же это просто помеха.

⁵ Иными словами, никакой внешний сигнал, поступающий по ВЧ каналу, не в состоянии перезапустить РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬ, если тот ещё не отработал предыдущие 300мс.

⁶ Для компенсации возможной неодновременности запусков РАСПРЕДЕЛИТЕлей – с запозданием ответа на «запрос» примерно до 20мс – измерения сигналов-«ответов» при автоматической проверке номинально выполняются в середине соответствующих импульсов, однако случайно возникшая асинхронность в 120мс переводит блоки АК в весьма своеобразный режим: как и почему это может происходить (и происходит) будет показано ниже.

3. Краткий анализ зафиксированного случая развития автоколебаний системы АК

Выявлению одной из наиболее вероятных причин развития автоколебаний в системе автоматического контроля в значительной мере способствовали записи цифровых аварийных регистраторов, зафиксировавших нежелательные процессы. Наиболее показательной из таких записей является осциллограмма на Рис. 2, позволившая распознать и объяснить механизм возникновения колебаний АК на основе сопоставления конкретных фактов.

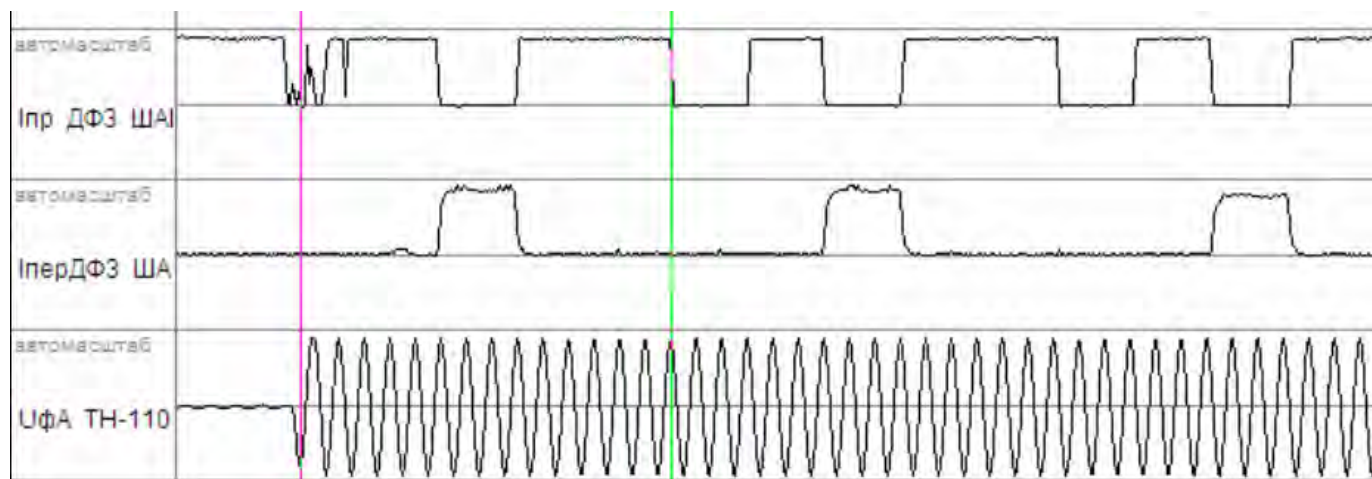


Рис. 2. Осциллограмма начала развития автоколебаний системы АК в двустороннем ВЧ канале с приемопередатчиками ПВЗ-90М

Рассмотрим приведенную осциллограмму (Рис. 2), объективно отметив следующее:

- 1) Начало процесса совпадает с моментом коммутации первичного оборудования (нижний шлейф «УФА ТН-110» - появление напряжения), вызывающим кратковременную помеху в ВЧ канале защиты, которую чувствует приемник ВЧ поста (верхний шлейф «Iпр ДФЗ»).
- 2) Через 120мс от начала срабатывания приемника (помехи) на 60мс пускается «свой» передатчик (средний шлейф «Iпер ДФЗ» - высокий уровень), что, естественно сопровождается работой приемника (верхний шлейф «Iпр ДФЗ» - низкий уровень).
- 3) Через 180мс от начала пуска «своего» передатчика на 60мс запускается «дальний», что видно по наличию сигнала в приемнике (низкий уровень), при незапущенном «своем» передатчике.
- 4) Через 120мс от начала пуска «дальнего» передатчика на 60мс вновь запускается «свой».
- 5) Далее процесс п.п. 3), 4) возобновляется.
- 6) Пуски каждого из передатчиков происходят с периодичностью 300мс и со сдвигами во времени 120 и 180мс друг относительно друга ($120+180=300$ мс).

4. Наиболее вероятные причина возникновения и механизм развития автоколебаний АК

Взаимное сопоставление рассмотренных выше результатов анализа осциллограммы (п. 3) и особенностей функционирования системы автоматического контроля ВЧ канала приемопередатчиков ПВЗ-90*** (п. 2) позволяет представить механизм развития нежелательных процессов по следующему сценарию:

- приемник одного из постов ВЧ канала реагирует на относительно слабую помеху, которую не чувствует приемник противоположной стороны ⁷;
- в случае, когда длительность такой помехи примерно (!) совпадает с длительностью команды-«запроса» АК, то она идентифицируется принявшим её блоком АК как начало обмена сигналами ⁸, на что тот реагирует «ответом» - однократным импульсом 60мс через заданное время согласно присвоенному номеру. Например, АК №1 сгенерирует таким образом «ответ» через 120мс от начала приема помехи;
- т. к. противоположный АК ранее не принял помеху, но принял импульс-«ответ», то этот импульс расшифровывается как «запрос», на который согласно протоколу следует отвечать не сразу, а через заданное время в соответствии с присвоенным номером – что и происходит. Например, АК №2 в подобной ситуации «ответит» через 180мс от начала приема ... «ответа» 1-го (а не тотчас же после него), т. к. он «не знает», что на самом деле это был «ответ»;
- АК первого, не получив «ответа» с противоположной стороны в нужное время, запоминает неисправность, но пока не блокируется, а переходит на цикл КОНТРОЛЬНАЯ ПРОВЕРКА. Как будет далее расцениваться запоздавший «ответ» противоположного зависит от того, завершил или нет к этому моменту РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬ блока АК первого свою программу. Если не завершил, то реакции на несвоевременный дальний сигнал не последует. Если завершил, то КОНТРОЛЬНАЯ ПРОВЕРКА сбросится, а «ответ» противоположного будет расшифрован как «запрос», на что первый даст «ответ» - однократный импульсом 60мс через заданное время согласно присвоенному номеру;
- противоположный АК таким образом окажется в абсолютно подобной ситуации – своевременных ответов от первого не будет, ответные импульсы первого будут восприниматься как «запрос», а заодно сбрасывать КОНТРОЛЬНУЮ ПРОВЕРКУ.

Следовательно, в результате имеем ситуацию, когда очередные циклы автоматической проверки для противоположных передатчиков запускаются не синхронно, как это предусмотрено, а со сдвигом во времени, что порождает самоподдерживающийся, незатухающий процесс непрерывного скоростного – несколько раз в секунду - обмена сигналами, который при отсутствии внешних возмущений или управляющих воздействий может существовать бесконечно долго.

⁷ Такое может происходить, например, при оперировании выключателями или разъединителями на одной из подстанций, соединенных защищаемой линией.

⁸ Следует отметить, что продолжительность помехи, распознаваемой как «запрос», в первом приближении может составлять прикл. 30...90мс !

5. Возможность и условия развития автоколебательных режимов АК

Скрупулезный анализ схемотехнических и функциональных особенностей систем АК известных модификаций приемопередатчиков ПВЗ-90*** с точки зрения возможности и условий возникновения автоколебаний согласно механизму, описанному в п. 4, дает следующие результаты:

АК двусторонних каналов:

- приемопередатчиков ПВЗ-90 и ПВЗ-90М – принципиально подвержены автоколебаниям, независимо от номера АК, принявшего помеху за «запрос»⁹;
- приемопередатчиков ПВЗ-90М1 (-90М1Д) – автоколебания невозможны.

АК трехсторонних каналов:

- приемопередатчиков ПВЗ-90 и ПВЗ-90М – подвержены автоколебаниям только в случаях, если:
 - о АК№2 принимает, а АК№1 и №3 не принимают помеху за «запрос»,
или
 - о АК№1 и №3 принимают, а АК№2 не принимает помеху за «запрос».
- приемопередатчиков ПВЗ-90М1 (-90М1Д) – подвержены автоколебаниям только в случаях, если:
 - о АК№2 принимает, а АК№1 и №3 не принимают помеху за «запрос»,
или
 - о АК№3 принимает, а АК№1 и №2 не принимают помеху за «запрос» при условии, что мешающий импульс возникнет в промежутке времени между «ответами» №1 и №2.

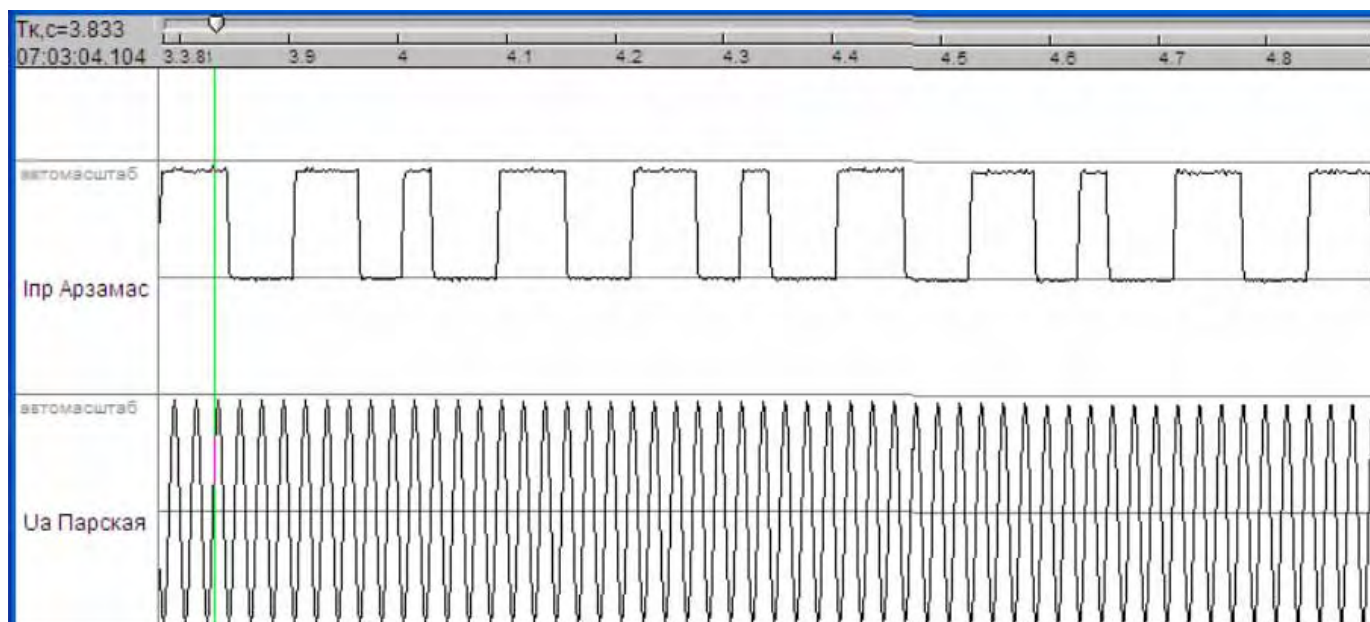


Рис. 3. Осциллограмма автоколебательного процесса АК в трехстороннем ВЧ канале

⁹ При условии, что другим АК помеха не принята вообще! Документальное подтверждение развития такого режима при приеме помехи постом с АК№1 уже было представлено выше - см. Рис. 2.

6. Практические способы подавления автоколебательных режимов АК

Исходя из формата автоматического обмена сигналами и общих схемотехнических и конструктивных особенностей АК приемопередатчиков ПВЗ-90*** способы подавления автоколебаний могут реализовываться следующими путями:

- продление программы РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ АК с тем, чтобы «несанкционированный» ответный сигнал «дальнего» передатчика не мог быть принят как «запрос» и, следовательно, не вызывал собственный «ответ» и не сбивал КОНТРОЛЬНую ПРОВЕРКУ;
- изменение протокола обмена сигналами так, чтобы несвоевременный ложный «ответ» не мог быть принят как «запрос» по причине несоответствия формату команды-«запроса»;
- блокировка-пропуск одного очередного импульса пуска АК сигналом НЕИСПРАВНОСТЬ ЧАСЫ с тем, чтобы прекратить его несвоевременные «ответы» - возврат АК к нормальному режиму при этом произойдет по отработке КОНТРОЛЬНой ПРОВЕРКИ.

Безусловно, наибольший интерес представляют способы во-первых, эффективные, а во-вторых, легко реализуемые. Проведенные исследования и анализ приводят к выводам о практической целесообразности дифференцированного подхода к решению проблемы в зависимости от исполнения (модификации) аппаратуры, а также от режима (дву- или трехсторонний) её работы.

Таким образом,

для исключения несинхронных автоколебательных режимов АК предлагается:

Для двусторонних каналов с приемопередатчиками ПВЗ-90М:

- в приемопередатчике с блоком АК№2 разомкнуть режимную перемычку 17-22 на печатной плате блока, оставив остальные перемычки в соответствии с ранее выбранным режимом. В результате «ответ» АК№2 удлинится и не может быть расшифрован АК№1 как «запрос».¹⁰ (См Рис. 4)

Для двусторонних каналов с приемопередатчиками ПВЗ-90:

- в приемопередатчике с блоком АК№2 разомкнуть режимную перемычку ПЗ 38-40 платы А2 блока АК, оставив остальные перемычки в соответствии с ранее выбранным режимом. Эффект аналогичен описанному для ПВЗ-90М. (Рисунок не приводится в связи с полной аналогией с ПВЗ-90М).

¹⁰ Модель работы АК в этой ситуации может быть описана так:

1. АК№1 «ловит» помеху, которую идентифицирует как «вызов» и, естественно, посылает в канал свой «стандартный» ответ. АК№2, не чувствуя помеху, «думает», что это сигнал «вызова» и «отвечает», но его «длинный» ответ на конце №1 не может быть расшифрован как «вызов», т. к. не соответствует формату сигнала вызова. В результате автоколебания прекращаются, едва успев начаться, а система АК переходит на КОНТРОЛЬНую ПРОВЕРКУ, которая произойдет прилбл. через 200секунд.

2. АК№2 «ловит» помеху, которую идентифицирует как «вызов» и посылает в канал свой «длинный» ответ, который на стороне с АК№1 не может быть расшифрован как «вызов», т. к. не соответствует формату сигнала вызова. В результате автоколебания даже и не «пытаются» начаться, а система АК переходит на КОНТРОЛЬНую ПРОВЕРКУ

Фрагмент принципиальной схемы блока АК№2 приемопередатчика ПВЗ-90М

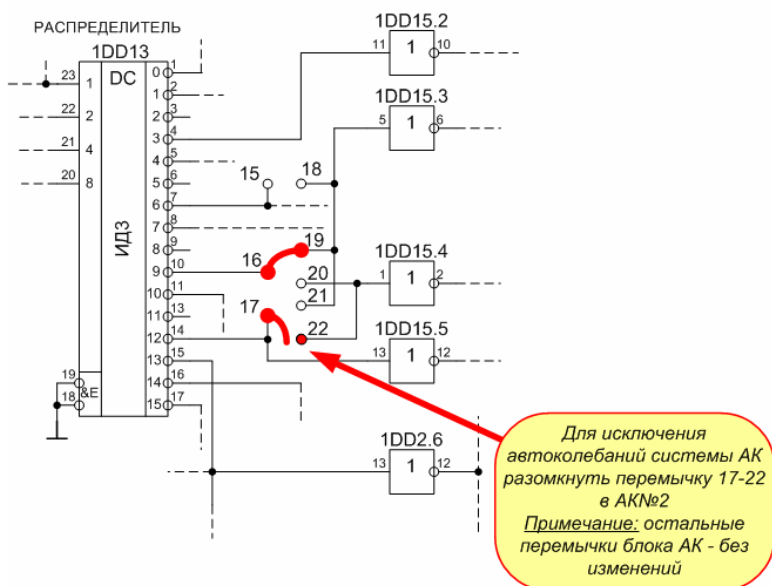


Рис. 4. Подавление автоколебаний АК приемопередатчиков ПВЗ-90М в двусторонних ВЧ каналах

Для трехсторонних каналов с приемопередатчиками ПВЗ-90М:

- выполнить доработку АК№2, позволяющую добиться задержки окончания цикла РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ, согласно схеме, приведенной на Рис. 5

Фрагмент принципиальной схемы блока АК№2 приемопередатчика ПВЗ-90М

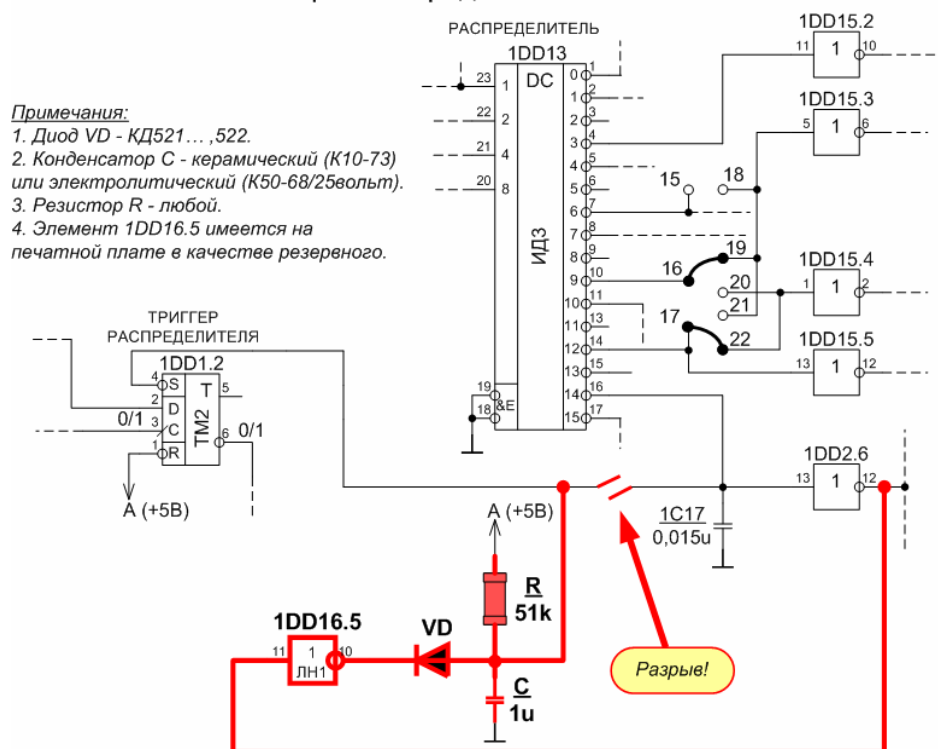


Рис. 5. Подавление автоколебаний АК приемопередатчиков ПВЗ-90М в трехсторонних ВЧ каналах

Элемент 1DD16.5 имеется на плате АК как резервный; диод, резистор, конденсатор монтируются дополнительно. Схема задерживает «сбрасывающий» импульс на входе триггера распределителя.

ПРИЛОЖЕНИЕ

О методе исследования несинхронной работы автоконтроля

При исследованиях работы АК трудно получить режим автоколебаний АК, поэтому он создавался искусственно с применением нижеприведенной дополнительной схемы.

Для получения автоколебательного режима при пуске АК с противоположной стороны, исключался импульс запроса на данном конце, и схемы АК начинали работать со сдвигом.

В связи с тем, что ИМП ПУСКА формируется как при переходе тока приема в нуль, так и при возрастании его до 20 мА, потребовалось бы исключать два ИМП ПУСКА. Но, для упрощения схемы, был временно отпаян один из выводов С14 на плате ПРМ2. (Через этот конденсатор формируется ИМП ПУСКА при возрастании тока приема, и он требуется только для схем действующих на вывод ДФЗ при фиксации неисправности для приема команды дистанционного сброса). После этого требовалось исключать только один ИМП ПУСКА – схема представлена ниже на рисунке.

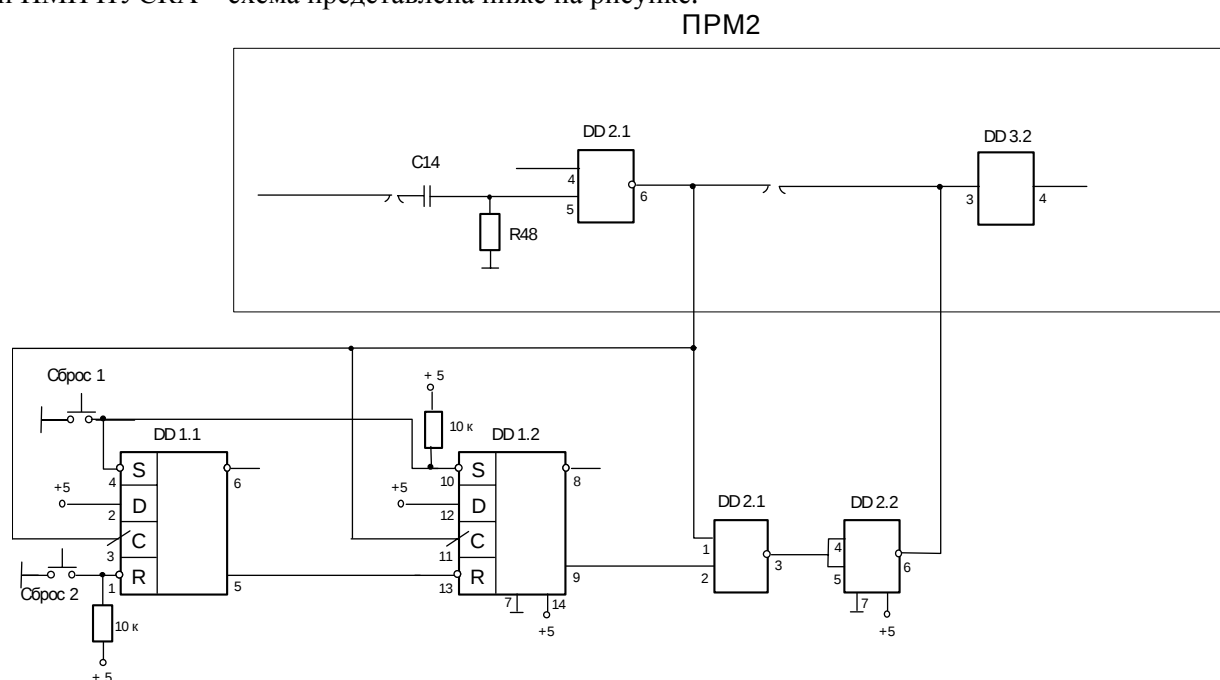


Рисунок. Схема для исследования режима автоколебательного процесса АК.
DD1 – КР1533ТМ2, DD2 – КР1533ЛАЗ.

Методика принудительного запуска автоколебательного режима

1. Смонтировать дополнительную схему (см. Рисунок).
2. Включить питание, нажать «сброс 1» на дополнительной плате, в результате чего 5 и 9 выходы триггеров установятся в состояние 1. Затем на блоке АК приемопередатчика нажать «сброс», после - «дистанционный сброс».
3. Дождаться прохождения проверок АК со своей и с противоположной сторон.
4. Кратковременно нажать «сброс 2» (выходы триггеров 5 и 9 установятся в состояние 0). Затем нажать «Пуск АПК» с противоположной стороны.

Если на противоположной стороне нет персонала, то нажимается кнопка «дистанционный сброс», в результате чего через некоторое время (0-200 с) запускается «дальний» АК. Затем кратковременно нажимается «сброс 2» (триггеры 5 и 9 устанавливаются в состояние 0). Если «своя» контрольная проверка опережает проверку от противоположного АК, то следует снова нажать кнопку «дистанционный сброс», затем кратковременно «сброс 2».

Триггер DD1.1 при 1 импульсе переключается в состояние 1, а триггер DD1.2 переключается в 1 при втором импульсе, пропуская, начиная со второго, все остальные импульсы через элементы 2ИНЕ.

Остановить процесс можно нажатием на кнопку «дистанционный сброс» на блоке АК приемопередатчика.

О предотвращении автоколебательных режимов систем автоматического контроля ВЧ канала релейной защиты приемопередатчиков ПВЗ-90***	1
1. Общее описание автоколебательного режима АК	2
2. Некоторые особенности формата обмена сигналами.....	3
3. Краткий анализ зафиксированного случая развития автоколебаний системы АК	4
4. Наиболее вероятные причина возникновения и механизм развития автоколебаний АК.....	5
5. Возможность и условия развития автоколебательных режимов АК.....	6
6. Практические способы подавления автоколебательных режимов АК.....	7
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	10