

# **ПРИЕМОПЕРЕДАТЧИК СИГНАЛОВ РЕЛЕЙНЫХ ЗАЩИТ «ЛИНИЯ-Р». ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ.**

## **1. ВВЕДЕНИЕ**

Принцип формирования ВЧ сигналов релейных защит, используемый в настоящее время - одночастотный сигнал с амплитудной манипуляцией. Этот принцип подробно изложен в [1]. И, как сказано об этом в [2], «изложенный принцип действия ВЧ канала, скоординированный с принципом действия РЗ, принципиально правилен, что подтверждается многолетним успешным опытом эксплуатации. Он не подвергается сомнению». В то же время, в [2] отмечено, что «наиболее распространенным типом ВЧ защиты в России является дифференциально-фазная защита (ДФЗ). Но приемопередатчики для этой защиты, ныне выпускаемые промышленностью, разработаны в 90-х годах и морально устарели. Необходима разработка новой ВЧ аппаратуры с цифровой обработкой сигналов».

ОАО «Шадринский телефонный завод» разработан и запатентован [3] усовершенствованный способ формирования ВЧ сигналов релейных защит.. Данный способ проверен на практике и использован при разработке «Приемопередатчика сигналов РЗ «Линия-Р», который в настоящее время выпускается ОАО «ШТЗ».

## **2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

### **2.1 Приемопередатчик «Линия-Р». Способ формирования сигналов РЗ**

Назначение:

Приемопередатчик обеспечивает передачу и прием сигналов РЗ при работе с панелями дифференциально-фазных ВЧ защит и направленных защит с ВЧ блокировкой всех типов, выполненными на электромеханических реле, полупроводниковых и микропроцессорных элементах.

Реализация:

Использование импульсного усилителя и дифференциально-мостового линейного фильтра позволило создать простую, надежную и привычную для эксплуатирующих организаций линейную часть.

Способ формирования сигналов РЗ.

В типовой способ формирования сигналов РЗ – одночастотный, с амплитудной манипуляцией - введен ряд изменений, позволяющих обеспечить:

- минимальные искажения, вносимые приемопередатчиком в формирование фазной характеристики в режиме ДФЗ;
- исключение влияния отраженного сигнала при длине линии до 400 км без использования работы на разнесенных частотах;
- высокие характеристики помехоустойчивости по сигналам РЗ;

Использование указанного способа позволяет исключить такие факторы, влияющие на асимметрию фазной характеристики, как:

- искажения длительности сигнала на приеме;
- влияние величины напряжения манипуляции;
- задержка, при распространении сигнала по линии.

Подробное описание способа и его реализации приведено в [3] и [4].

*Замечание:*

*Требования к отсутствию зависимости ВЧ импульсов передатчика от величины напряжения манипуляции и формированию перекрытия только на стороне приема введены в проект «Типовых технических требований к аппаратуре ВЧ связи» (п.8.7.4) [5].*

Кроме перечисленного, Приемопередатчик обеспечивает простоту настройки при проведении пусконаладочных работ и корректную стыковку со всеми эксплуатируемыми в настоящее время панелями защит и простоту настройки при включении на линию.

## 2.2 Искажения, вносимые приемопередатчиками в формирование фазной характеристики в режиме ДФЗ

На асимметрию фазной характеристики влияют три основных фактора. Это:

- искажения длительности сигнала на приеме;
- влияние величины напряжения манипуляции;
- задержка, при распространении сигнала по линии.

### 2.2.1 Искажения длительности сигнала на приеме

У эксплуатируемых в настоящее время Приемопередатчиков ВЧ защит, при значительном превышении порога ограничения сигнала над порогом чувствительности приемника, за счет энергии, накопленной в ВЧ фильтрах приемника, происходит «растяжка» заднего (спадающего) фронта ВЧ импульса, что соответствует его удлинению и одновременному укорочению паузы манипулированного сигнала. Для «своего», более мощного ВЧ сигнала, это удлинение импульса проявляется в большей мере, чем удлинение для «чужого» сигнала. Для ВЧ приемников старого типа (УПЗ-70, АВЗК-80), кроме того, это удлинение зависело от частоты ВЧ сигнала и имело максимальную величину при 40-50 кГц.

Выпускаемые в настоящее время ВЧ приемники (ПВЗ-90М1, ПВЗУ-Е), характеризуются меньшей зависимостью длительности растяжки импульса от частоты ВЧ сигнала. В то же время, удлинение «своего» ВЧ импульса, для указанных типов, достигает 1,5 мс.

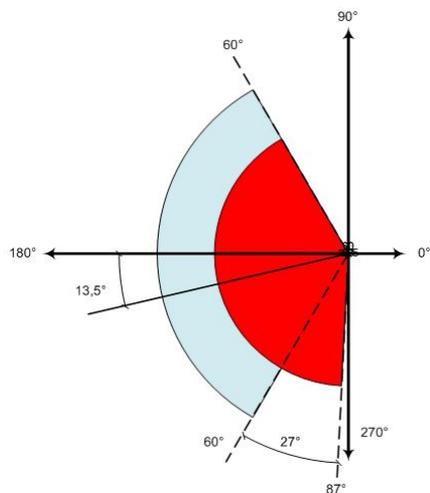


Рис. 1: Влияние краевых искажений в режиме ДФЗ

Растяжка заднего фронта «своего» импульса на время  $\Delta t_1$  и «чужого» импульса на  $\Delta t_2$  увеличивает ширину зоны блокировки на угол  $\delta = [(\Delta t_1 - \Delta t_2) \times 18000]^\circ$ . А за счет того, что время  $\Delta t_1$  больше, чем время  $\Delta t_2$ , наблюдается асимметрия ветвей угловой характеристики органа сравнения фаз. Разворот угла максимальной чувствительности зоны блокировки составляет величину:

$$\varphi = [(\Delta t_1 - \Delta t_2) / 2] \times 18000^\circ.$$

Т.к. удлинением «чужого» сигнала у названных выше постов можно пренебречь, то получим:

- а) Увеличение ширины зоны блокировки

$$\delta = \Delta t_1 \times 18000^\circ = 0,0015 \times 18000 = 27^\circ$$

- б) Разворот угла максимальной чувствительности

$$\varphi = (\Delta t_1 / 2) \times 18000 = 13,5^\circ$$

У приемопередатчика «Линия-Р» искажение длительности импульсов как «своего», так и «чужого» передатчиков составляет  $\pm 0,125$  мс ( $2,25^\circ$ ). Причем, эта величина не зависит от частоты и уровня сигнала. Т.е. увеличением ширины зоны блокировки и разворотом угла максимальной чувствительности, которые вносятся приемопередатчиком в большинстве случаев можно пренебречь.

### 2.2.2 Влияние величины напряжения манипуляции

По результатам эксплуатации выпускаемых в настоящее время постов с релейными панелями ДФЗ (например, ДФЗ-201, ДФЗ-504 и т.д.) следует отметить два момента:

- малую величину перекрытия ВЧ импульсов при величине напряжения манипуляции свыше 100В;
- значительную зависимость смещения заднего фронта импульса от напряжения манипуляции.

Центральной электротехнической лабораторией ОАО Пермэнерго была снята типовая зависимость изменения длительности импульса на выходе передатчика от напряжения манипуляции для постов типа ПВЗУ-Е.

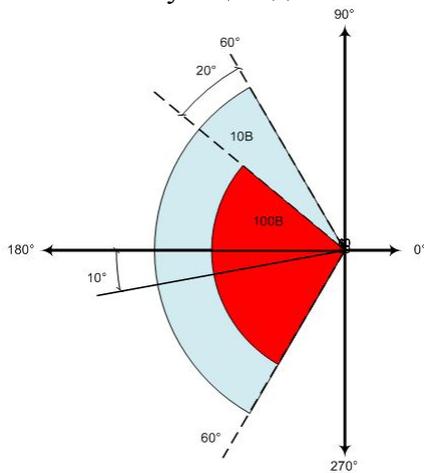


Рис. 2: Влияние величины напряжения манипуляции

Из результатов, проведенных лабораторией Пермэнерго измерений, видно, что для напряжения манипуляции  $U_{ман} = 15В$  асимметрии импульсов передатчика не наблюдается, смещение фронта импульса равно смещению спада.

Однако, для напряжения манипуляции  $U_{ман} = 100В$  наблюдается значительное увеличение смещения спада импульса ( $\Delta t_2$ ), в то время, как смещение фронта импульса ( $\Delta t_1$ ) остается прежним.

$$\varphi_{асимм} = (\Delta t_1 + \Delta t_2) / 2 = 0,5мс = 10^\circ.$$

Таким образом, получаем, что длительность импульса на передачу зависит от напряжения манипуляции. Соответственно на приеме ширина зоны блокировки и разворот угла максимальной чувствительности будут изменяться в зависимости от напряжения манипуляции удаленного передатчика

У приемопередатчика «Линия-Р» величина перекрытия задается оператором и может регулироваться в диапазоне ( $18...54$ )°, с шагом  $2^\circ$ . При этом величина перекрытия поддерживается стабильной и не зависит от амплитуды входного напряжения аналоговой манипуляции.

### 2.2.3 Влияние длины линии

За счет конечного времени пробега ВЧ сигнал от удаленного приемопередатчика принимается с запаздыванием. Это почти не изменяет ширину зоны блокировки, но «перекашивает» ее на угол

$$\varphi_{\text{пр}} = (6 \times L_{\text{л}} / 100)^\circ.$$

Обе ветви угловой характеристики органа сравнения фаз при этом несимметричны относительно угла  $180^\circ$ .

Например, для длины линии 200 км время пробега, и, следовательно, асимметрия составит

$$\varphi_{\text{пр}} = 12^\circ.$$

У приемопередатчика «Линия-Р» имеется возможность компенсации задержки распространения сигнала по линии длиной до 300 км с точностью  $\pm 16$  км ( $\pm 1^\circ$ ).

Реальный пример фазной характеристики показан на рисунке.

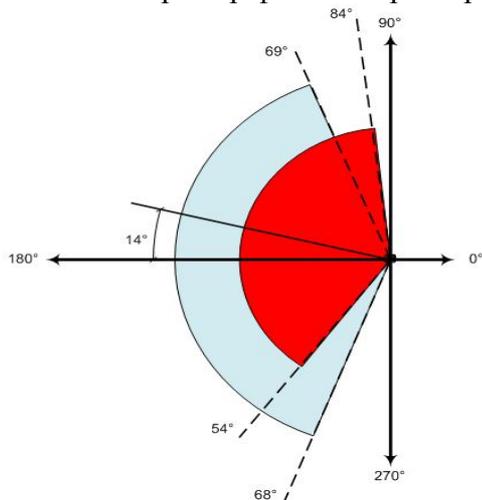


Рис. 3: Влияние длины линии

Здесь длина линии составляет 204 км. Задержка распространения сигнала  $12^\circ$ . В данном случае в приемопередатчике был установлен соответствующий параметр, который позволил полностью скомпенсировать асимметрию, вызванную конечным временем пробега.

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, теоретические проработки и опыт практической работы с внедренной в эксплуатацию аппаратурой показывают, что компенсация основных факторов, влияющих на асимметрию фазной характеристики, позволяет получить симметричную фазную характеристику в режиме ДФЗ, как это показано на рисунке,

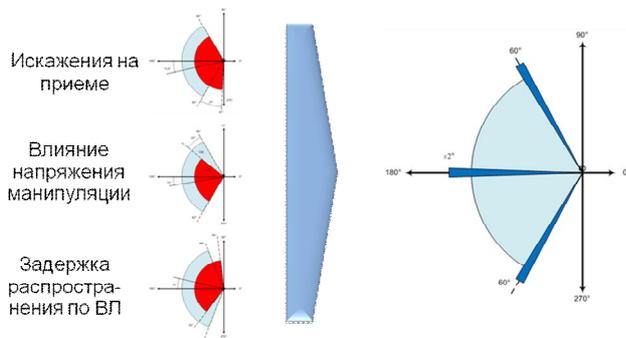


Рис. 4: Компенсация искажений, вносимых в фазную характеристику

а современные методы цифровой обработки и формирования сигналов, сохранив традиционный метод формирования сигнала РЗ, позволяют выйти на качественно новый уровень технических характеристик.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Микуцкий Г.В. Каналы высокочастотной связи для релейной защиты и автоматики. М., «Энергия», 1977.
- [2] РАО «ЕЭС России», ОАО «ВНИИЭ». Научно-технический отчет «Разработка концепции развития ВЧ связи в электроэнергетике». Москва. 2003.
- [3] Способ формирования высокочастотных сигналов релейной дифференциально-фазной защиты воздушных линий электропередачи. Патент на изобретение №2455740.
- [4] Приемопередатчик сигналов релейных защит «Линия-Р». Руководство по эксплуатации. РЕ2.158.078 РЭ. Часть 1. Техническое описание.
- [5] "Технологическая связь. Типовые технические требования к аппаратуре ВЧ связи (вторая редакция)". Проект стандарта организации ОАО «ФСК ЕЭС». 2012.