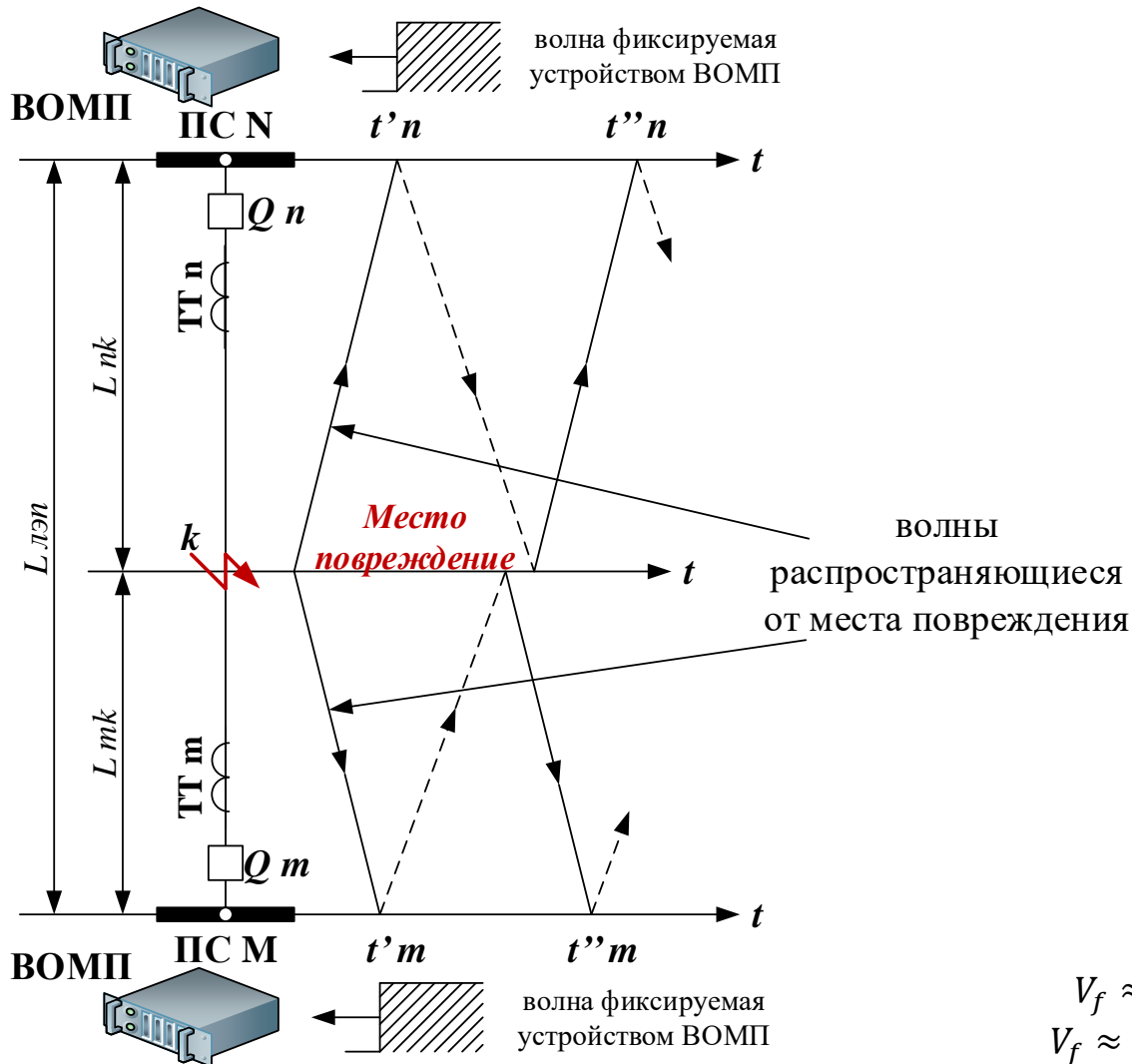


- Волновой метод ОМП

- Инженер системотехник ОРЗА:
- Георгиевский А.А.

• Краткий теоретический экскурс



Формулы расчета дистанции со стороны ПС А:

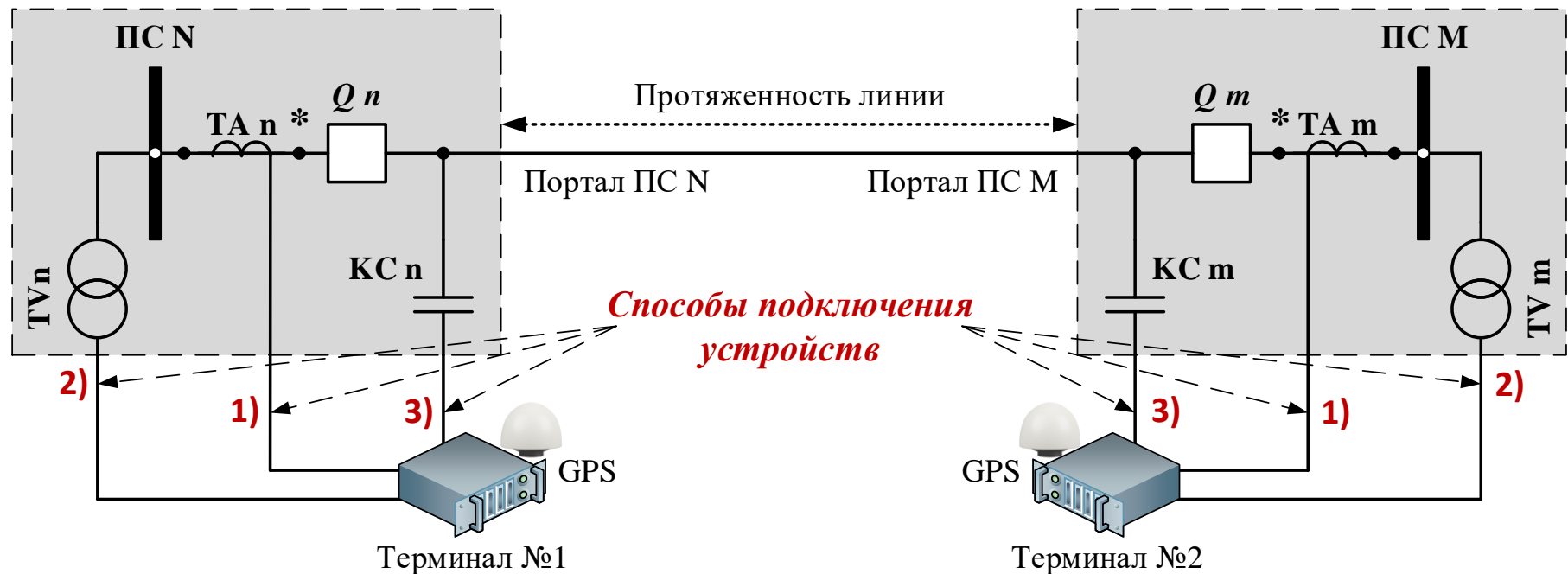
- при одностороннем замере:
$$L_{nk} = \frac{V_f * (t''_n - t'_n)}{2}$$
- при двухстороннем замере:
$$L_{nk} = \frac{L_{лэп} - V_f * (t'_m - t'_n)}{2}$$

Формулы расчета дистанции со стороны ПС В:

- при одностороннем замере:
$$L_{mk} = \frac{V_f * (t''_m - t'_m)}{2}$$
- при двухстороннем замере:
$$L_{mk} = \frac{L_{лэп} - V_f * (t'_n - t'_m)}{2}$$

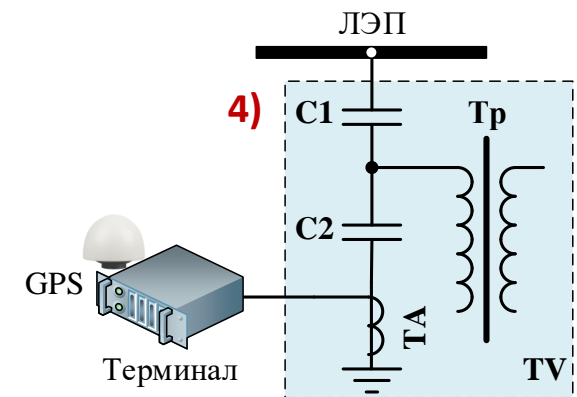
$V_f \approx 299,79$ м/мкс – для воздушных линий
 $V_f \approx 150 - 200$ м/мкс – для кабельных линий

- Способы подключения устройства к контролируемому объекту



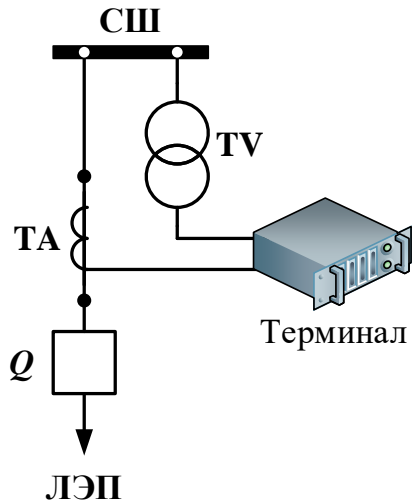
- Различают следующие способы подключения ВОМП:

- 1) к измерительные трансформаторы тока (ТА);
- 2) к измерительным трансформаторам напряжения (ТВ);
- 3) к конденсаторам связи установленные на линии (КС);
- 4) к емкостным ТН через измерительный ТТ установленный в цепи заземления.

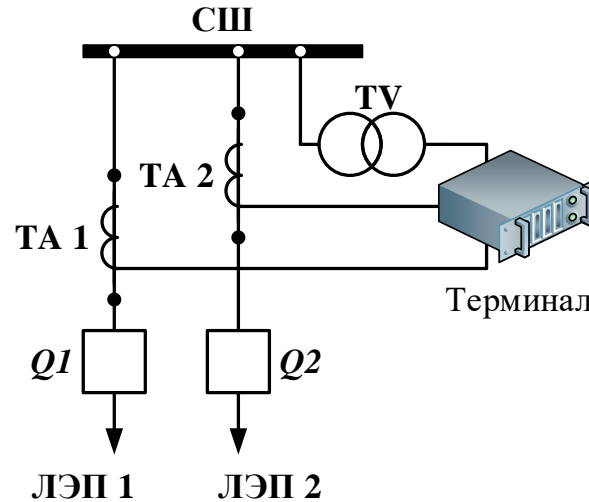


- Число контролируемых присоединений

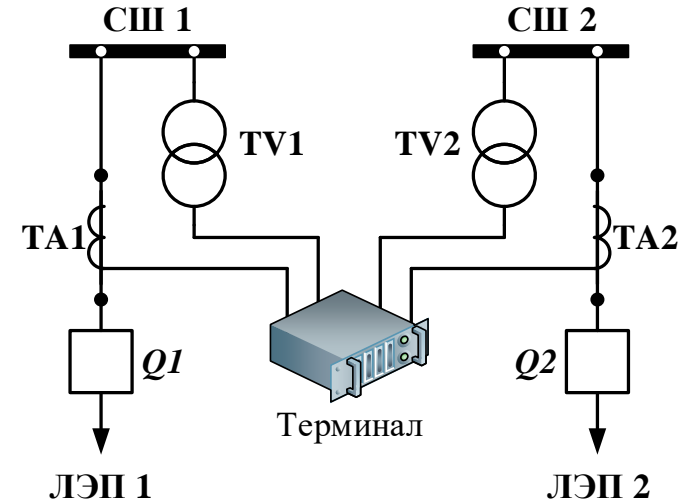
подключение к одной линии



подключение к двум линиям



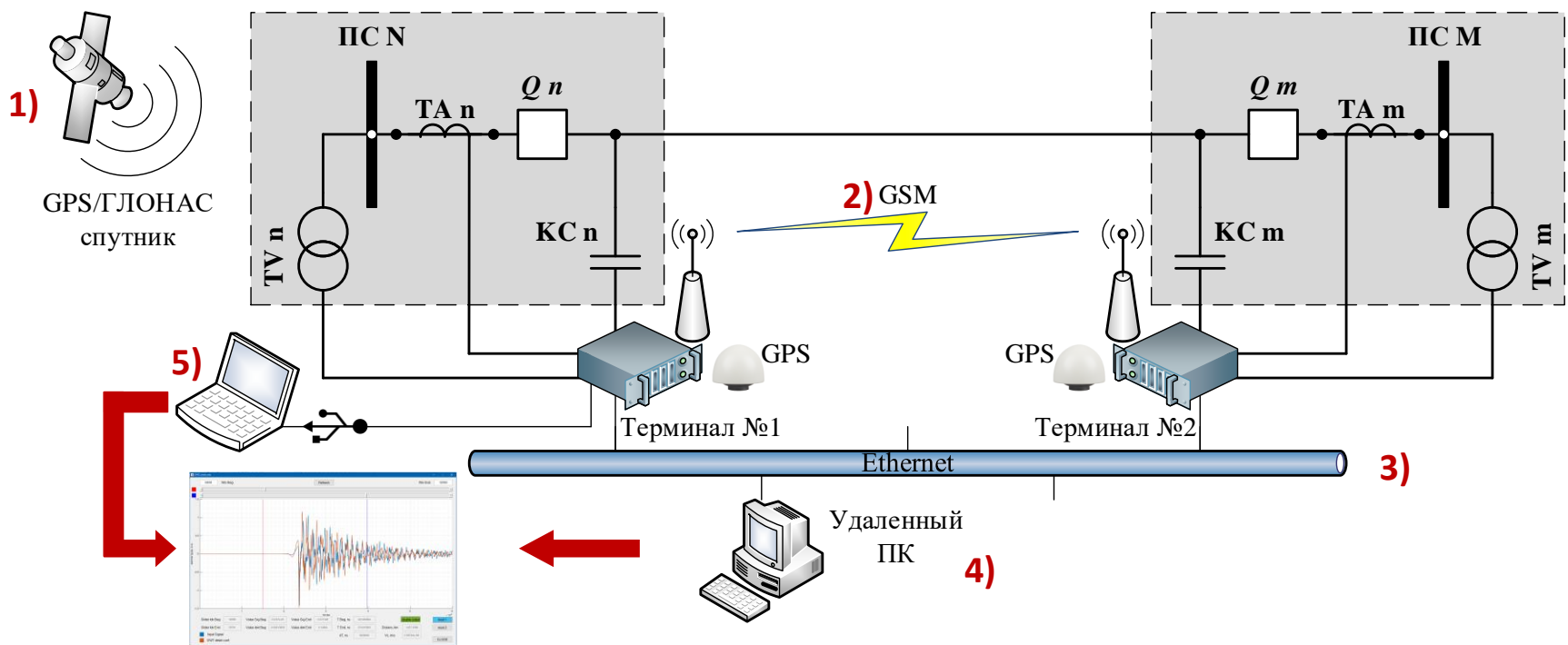
подключение к двум линиям, с двумя системами напряжений



- Устройство реализующее принцип ВОМП может обеспечивать контроль:

- 1) одной линии электропередачи;
- 2) двух линий (двухцепной линии) электропередачи.

• Организация связи и передачи данных



• При организации метода ВОМП необходимо обеспечить:

- высокоточную синхронизацию устройств по времени при помощи GPS/ГЛОНАСС 1);
- канал связи между терминалами для возможности обмена метками времени, может быть обеспечен при помощи GSM 2) или Ethernet 3).

• Дополнительные возможности:

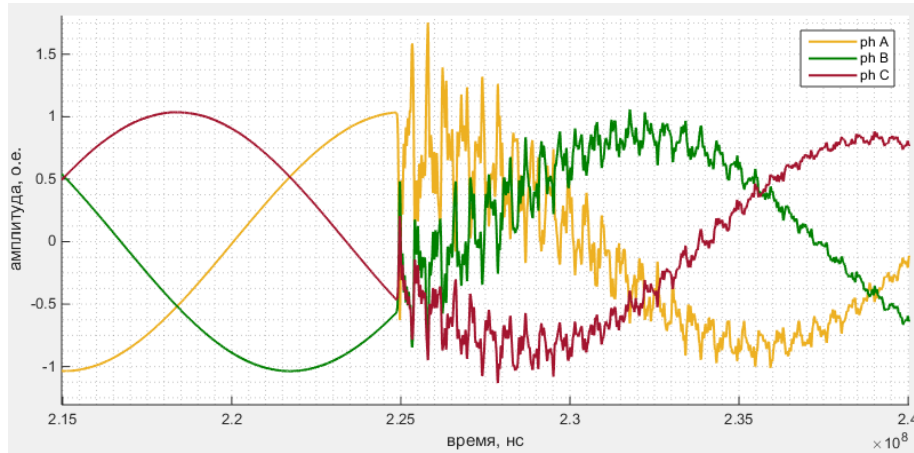
- возможность скачивать ВЧ-осциллограмму на ПК через USB интерфейс 5);
- передача осциллограммы на удаленный ПК для дальнейшего анализа 4).

Требования предъявляемые к модулю ВОМП:

- продолжительность записи осциллограммы: 100 мс – 5 периодов при частоте 50 Гц;
- количество каналов по напряжению: 6 (2х3 для подключения двух ТН);
- номинальное входное напряжение каналов: 100 В;
- количество каналов по току: 6 (2х3 для подключения двухцепной (двух) линии);
- номинальный входной ток: 1 или 5 А;
- исполнение трансформаторов тока встроенные;
- частота дискретизации АЦП: 2 – 10 МГц;
- разрядность АЦП 12 бит;
- синхронизация времени: 1PPS GPS от 1 мкс – 100 нс;
- объем памяти на 100 осциллограмм (требуется обсуждений);

• Фазо-модальное преобразование

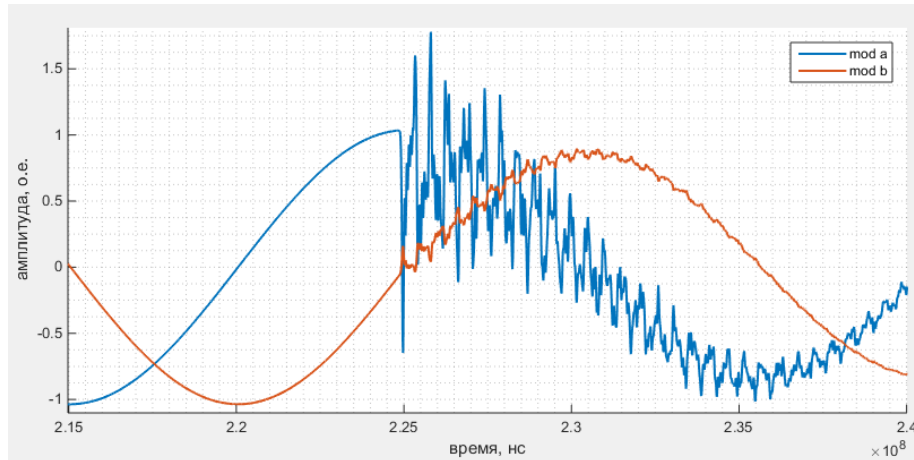
- сигнал в фазных координатах:



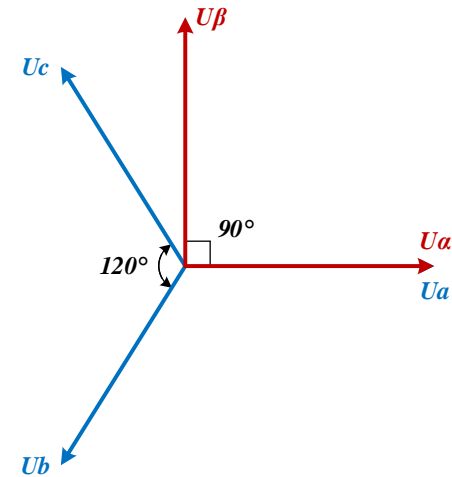
матрица перехода для преобразования Кларк:

$$\begin{bmatrix} mod_0 \\ mod_\alpha \\ mod_\beta \end{bmatrix} = \frac{2}{3} * \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} ph_A(t) \\ ph_B(t) \\ ph_C(t) \end{bmatrix}$$

- сигнал в модальных координатах:



- векторная диаграмма преобразования:



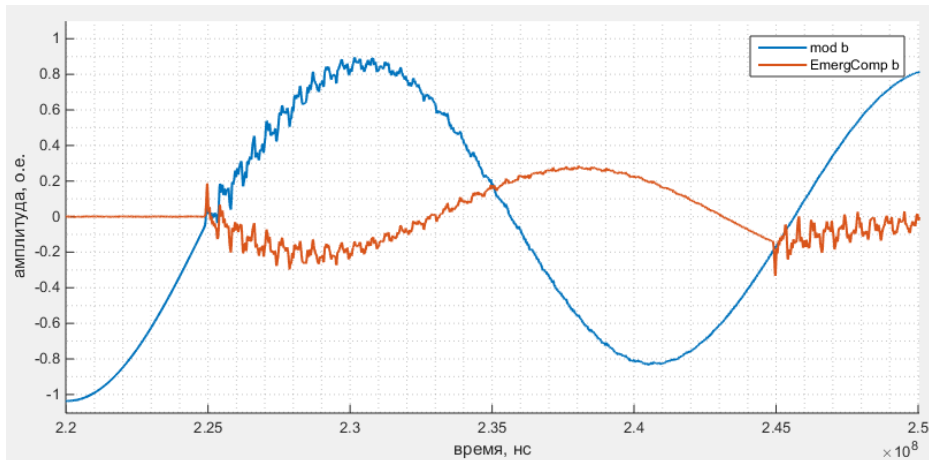
• Методы выявления переходного процесса

В теории алгоритмов волновых ОМП выделяют два основных способа определения переходных процессов:

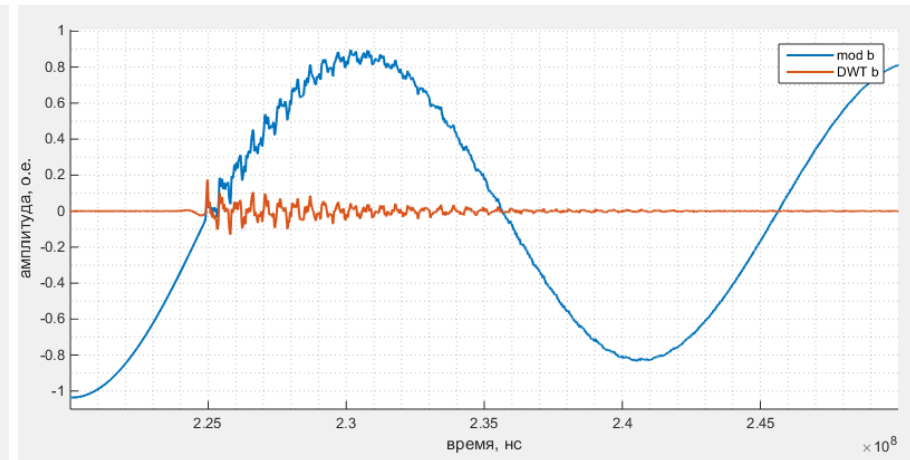
- метод основанный на расчете аварийной составляющей за период $T = 0,02$ с:

$$EmergComp(t) = sig(t) - sig(t - T);$$
- метод основанный на дискретном вейвлет преобразовании (ДВП), основанный на вейвлете Добеши 4 «db4».

• расчет аварийной составляющей:



• переходной процесс полученный через ДВП:



Способы определения фронта первичных ЭМ волн

Выявление фронта ЭМ осуществляется с помощью статистических методов:

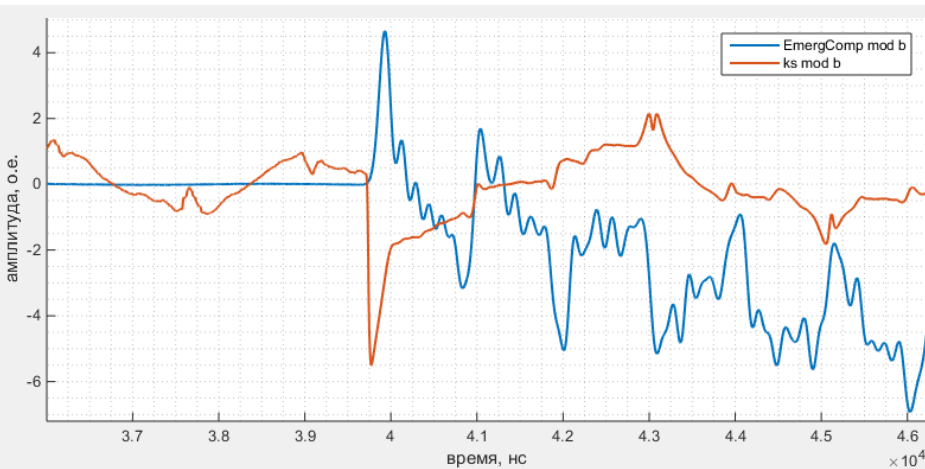
- коэффициента асимметрии:

$$\gamma_1 = \frac{\mu_3}{\sigma^3}, \quad \mu_3 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (x_j - M[X])^3, \quad \sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (x_j - M[X])^2, \quad M[X] = \frac{1}{n} * \sum_{j=1}^n x_j$$

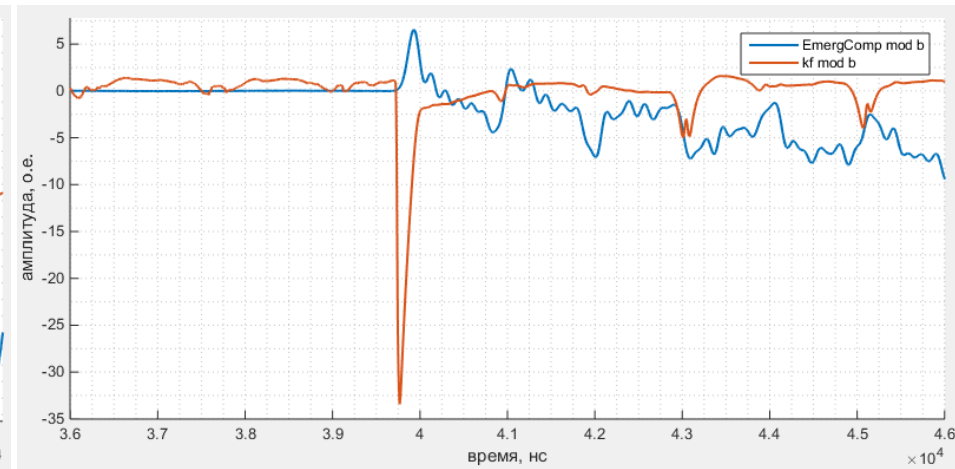
- коэффициента эксцесса:

$$\gamma_2 = \frac{\mu_4}{\sigma^4} - 3, \quad \mu_4 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (x_j - M[X])^4$$

- расчет коэффициента асимметрии:

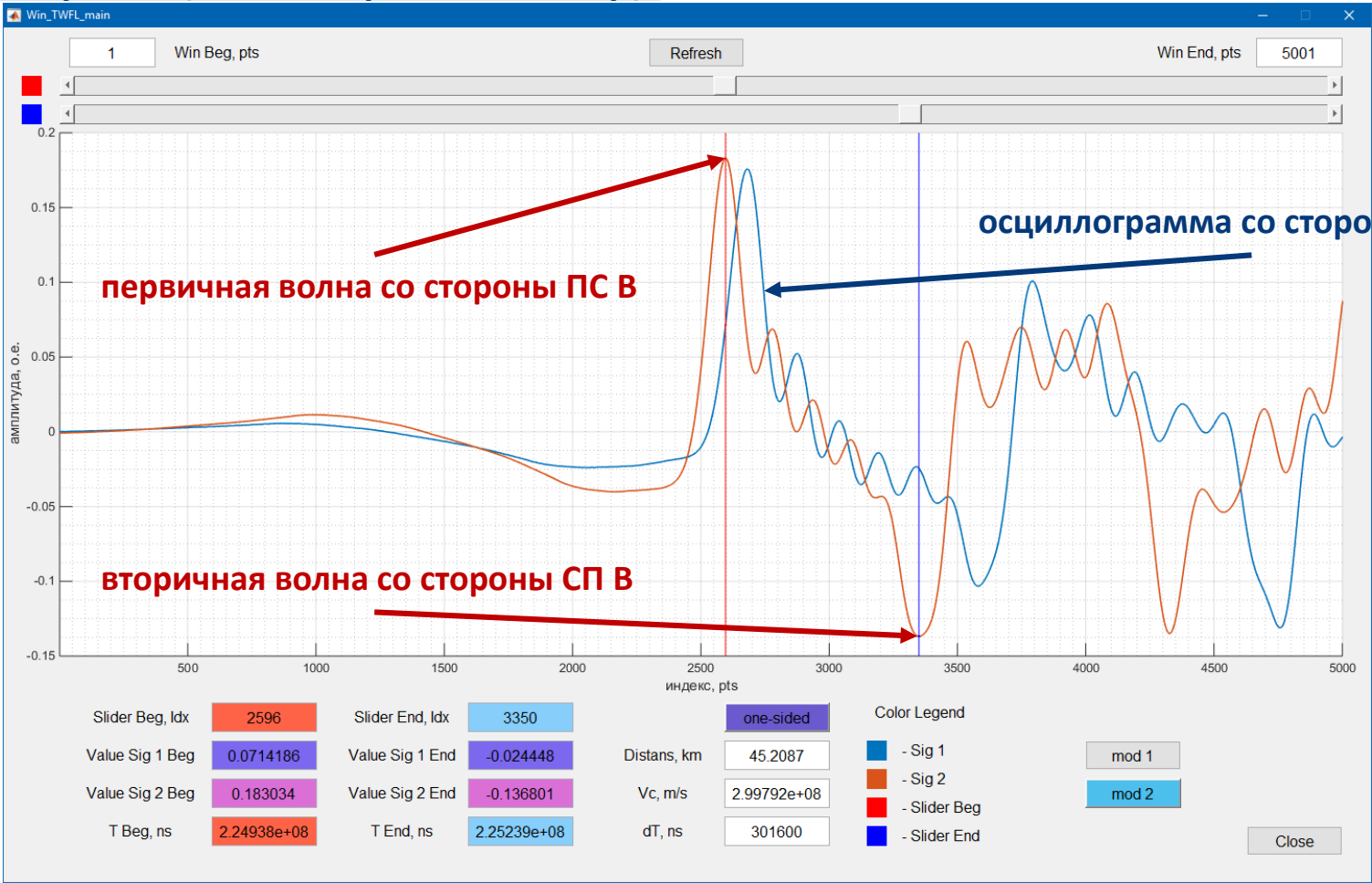


- расчет коэффициента эксцесса:



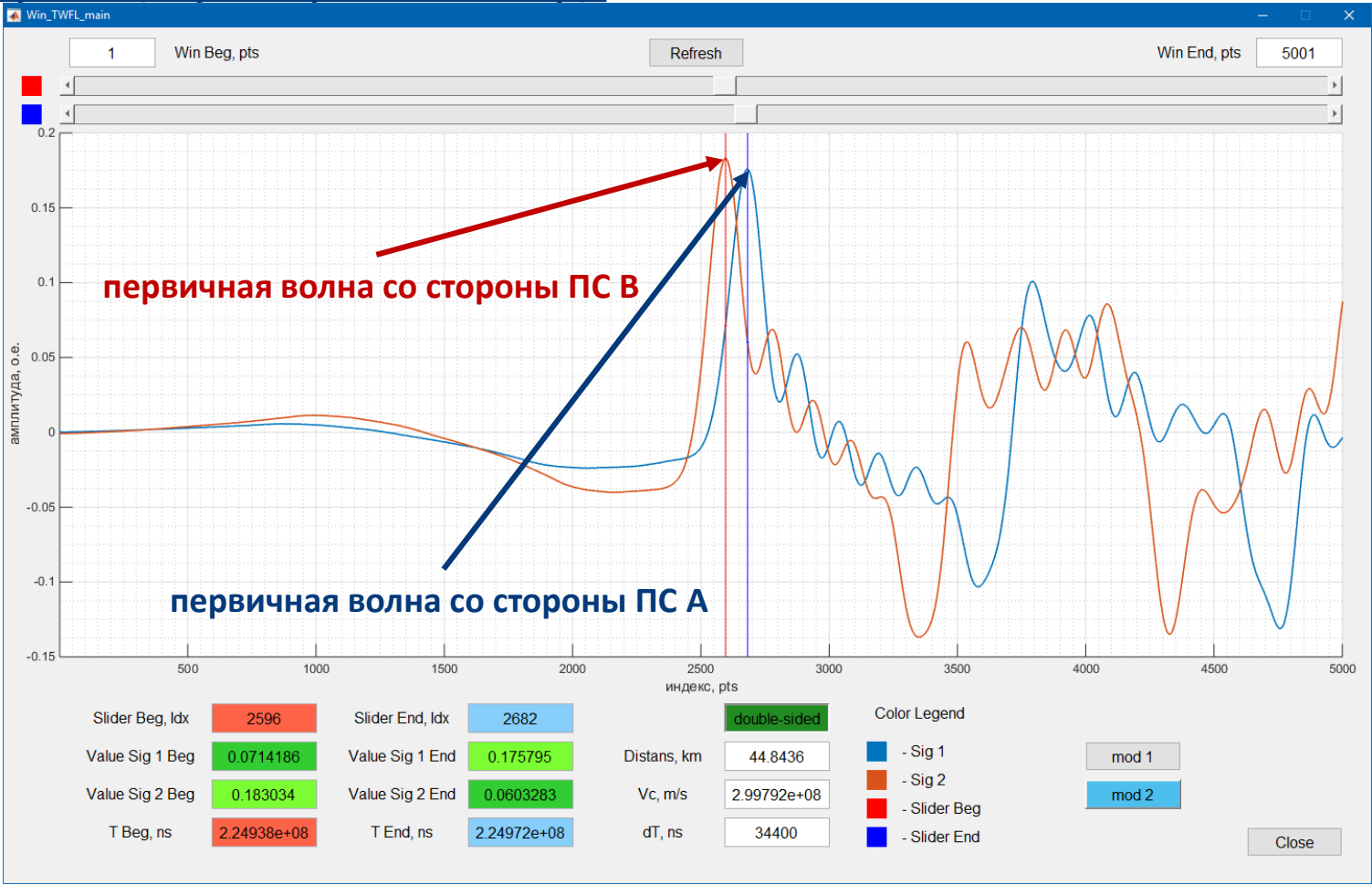
- Анализ осциллограмм при помощи ПК

Ручной способ определения места повреждения на ПК в программе просмотра осциллограмм (односторонний замер):



• Анализ осциллограмм при помощи ПК

Ручной способ определения места повреждения на ПК в программе просмотра осциллограмм (двухсторонний замер):



• Погрешность волнового метода ОМП

Погрешность ВОМП основанных на двухстороннем замере складывается из:

- *погрешности дискретизации осциллограммы:*

при $F_{adc} = 1 \text{ МГц}$: $dx_{adc} = \pm V_f * t_{adc} = \pm 299,79 * 1 = \pm 299,79 \text{ м};$

при $F_{adc} = 10 \text{ МГц}$: $dx_{adc} = \pm V_f * t_{adc} = \pm 299,79 * 0.1 = \pm 29,98 \text{ м};$

- *погрешность синхронизации устройств (полукомплектов):*

при точности PPS 0,1 мкс: $dx_{pps} = \pm V_f * t_{adc} = \pm 299,79 * 0.1 = \pm 29,98 \text{ м};$

- *погрешность вносимая алгоритмом обработки осциллограмм:*

зависит от конкретной реализации алгоритма, не имеет аналитического выражения, в предельном случае равна погрешности дискретизации: $dx_{pg} = dx_{adc};$

Суммарная погрешность полукомплекта:

$$dx_{\Sigma} = dx_{adc} + dx_{pps} + dx_{pg}$$

- Проблемы реализацией волнового ОМП

При реализации метода ВОМП выделяют следующие проблемы:

- способы регистрации вторичных волн, при организации одностороннего метода;
- критерии (алгоритмы) пуска ВОМП при возникновении повреждений на линиях;
- критерии срабатывания (определения временных меток): поиск максимально элемента в массиве, компаратор;
- определение скорости распространения волн в линии – конструктивный параметр;
- алгоритмы поиска повреждений на линиях с отпайками;
- расчет ВОМП в неоднородных линиях.

