

**ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
«FASTVIEW»
Руководство оператора
Версия 5.2.0**

ДИВГ.57201-09 34 01
Листов 51

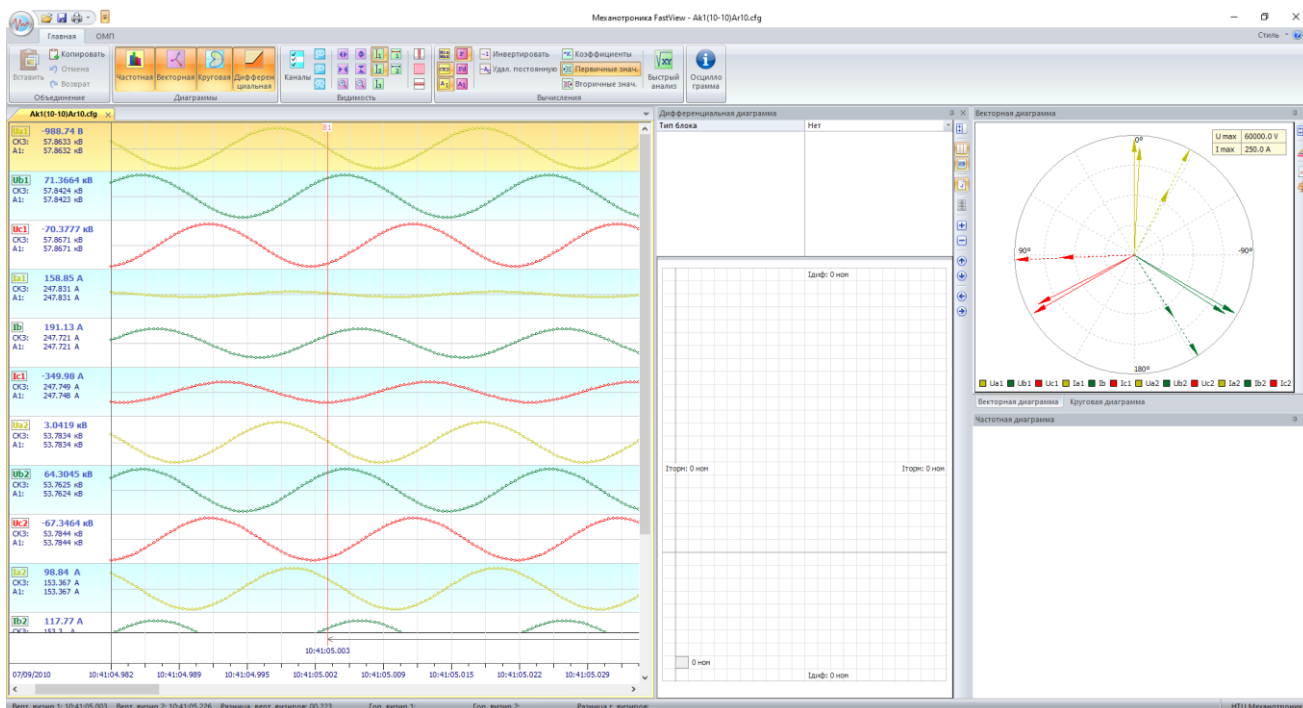
СОДЕРЖАНИЕ

	Лист
СОДЕРЖАНИЕ	2
1. Общие сведения	4
2. Условия выполнения ПО "FastView"	4
3. Установка / обновление / удаление ПО "FastView"	4
4. Элементы управления, кнопки панелей инструментов	11
5. Файловые операции	11
6. Поиск файлов	11
7. Параметры страницы	12
8. Предварительный просмотр	12
9. Печать	13
10. Параметры осциллограммы, задание кодировки	13
11. Комментарии	14
12. Загрузка настроек	14
13. Настройки	15
14. Изменение визуального стиля приложения	16
15. Справка и окно «О программе»	16
16. Объединение осциллограмм и буфер обмена	16
17. Раздел «Диаграммы»	17
18. Раздел «Видимость»	17
19. Раздел «Вычисления»	17
20. Окно «Быстрый анализ»	18
21. Вкладка «Симметричные составляющие»	19
22. Вкладка «Нулевая последовательность»	20
23. Вкладка «Междуфазные сопротивления»	21
24. Вкладка «Фазные сопротивления»	22
25. Вкладка «Дифференциальные токи»	23
26. Вкладка «Редактор формул»	25
27. Осциллограммы	27
28. Рецензирование осциллограммы	29
29. Векторная диаграмма	30
30. Круговая диаграмма	31
31. Характеристики дистанционной защиты	31
32. Частотная диаграмма	33
33. Дифференциальная диаграмма	34
34. Определение места повреждения (ОМП)	35
35. Ввод данных ОМП	35
36. Метод одностороннего замера	36
37. Метод двустороннего замера	38
38. ОМП сетей с изолированной нейтралью	38
39. ОМП сетей с заземленной нейтралью	39
40. ОМП двустороннего замера	40
41. Определение места повреждения, локализация участка на осциллограмме	41
42. Объединение осциллограмм	41
43. Математический аппарат	43
44. Формулы для вычисления расчетных каналов	44
45. Формула	44
46. Анализ сигнала	44
47. Токи	45
48. Напряжения	46
49. Мощности	47
50. Коэффициент мощности	47
51. Фазная	48
52. Сопротивления	48

53. Дифференциальная защита..... 49

1. Общие сведения

Приложение FastView предназначено для отображения осциллограмм, записанных в формате COMTRADE (*.CFG), COMTRADE'13 (*.CFF), Configurator-MT (*.STO) и OSC_2 (*.OSC) расчета и анализа сигналов на частотной, векторной и круговой диаграммах, определения места повреждения (ОМП) в сетях с изолированной и заземленной нейтралью и объединения осциллограмм.



2. Условия выполнения ПО "FastView"

Минимальный состав аппаратных средств:

- 32-разрядный (x86) или 64-разрядный (x64) процессор с тактовой частотой 1 ГГц или выше;
- 1 Гб (для 32-разрядной системы) или 2 Гб (для 64-разрядной системы) оперативной памяти;
- свободное место на жестком диске не менее 200 Мб;
- монитор с минимальным разрешением не ниже 1280x768;
- графическое устройство DirectX 9 с драйвером WDDM 1.0 или более поздней версии;
- клавиатура, манипулятор "мышь".

Минимальный состав программных средств:

- операционная система (ОС) Windows 10 32-разрядной или 64-разрядной версии или выше или ОС семейства «Linux»: «Astra Linux Special Edition 1.7», «Astra Linux Special Edition 1.8» или «ALT Linux»;

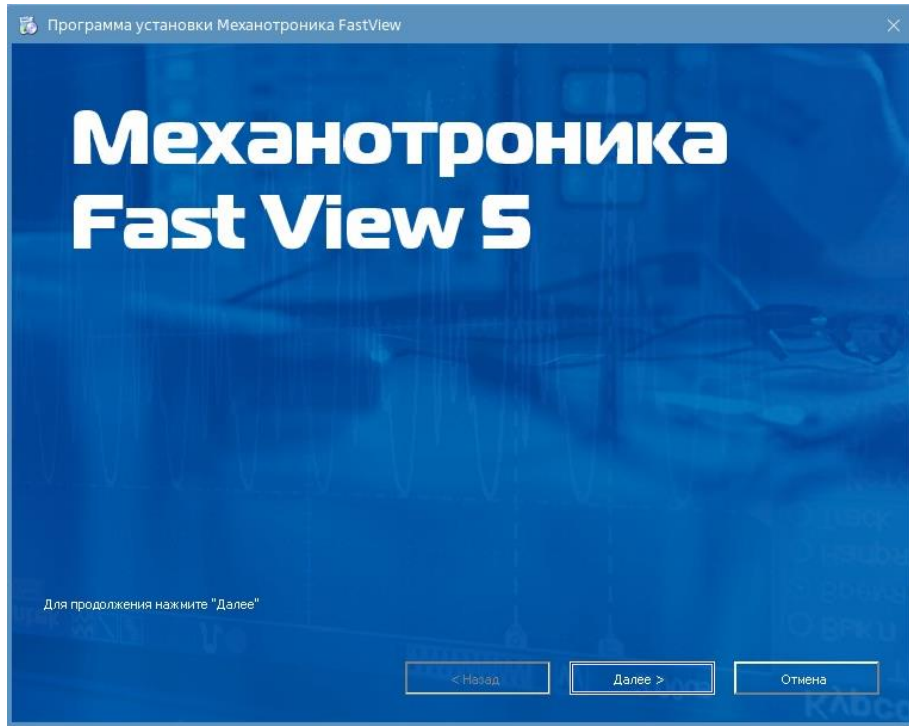
Квалификация персонала: умение пользоваться ОС Windows.

3. Установка / обновление / удаление ПО "FastView"

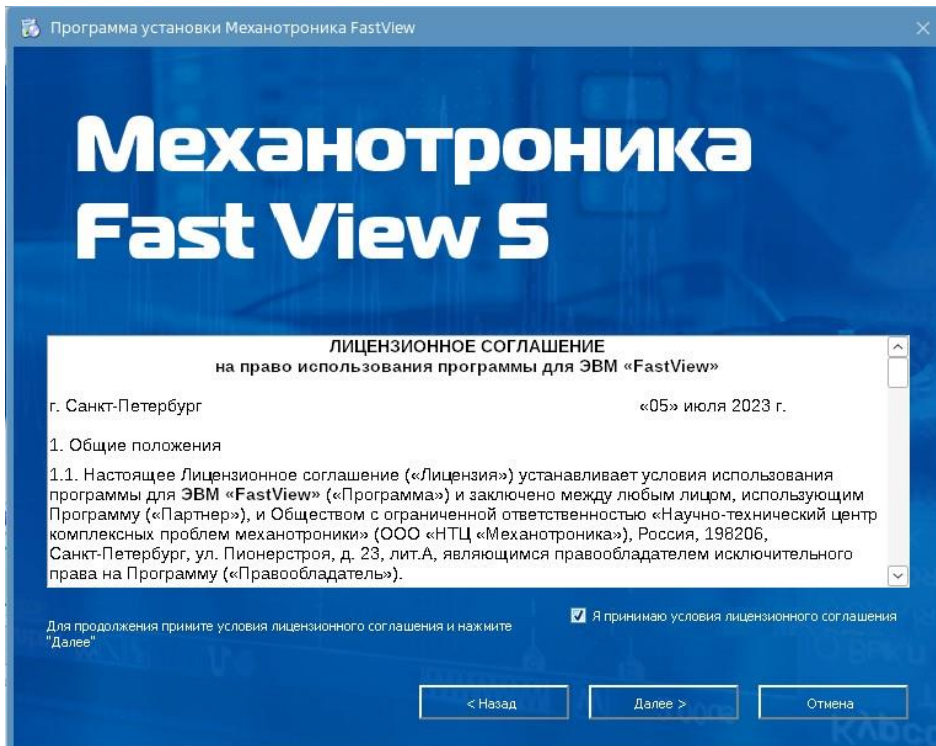
3.1 Установка в ОС «Windows»

3.1.1 Для установки следует запустить программу - установщик "Setup_FastView.exe".

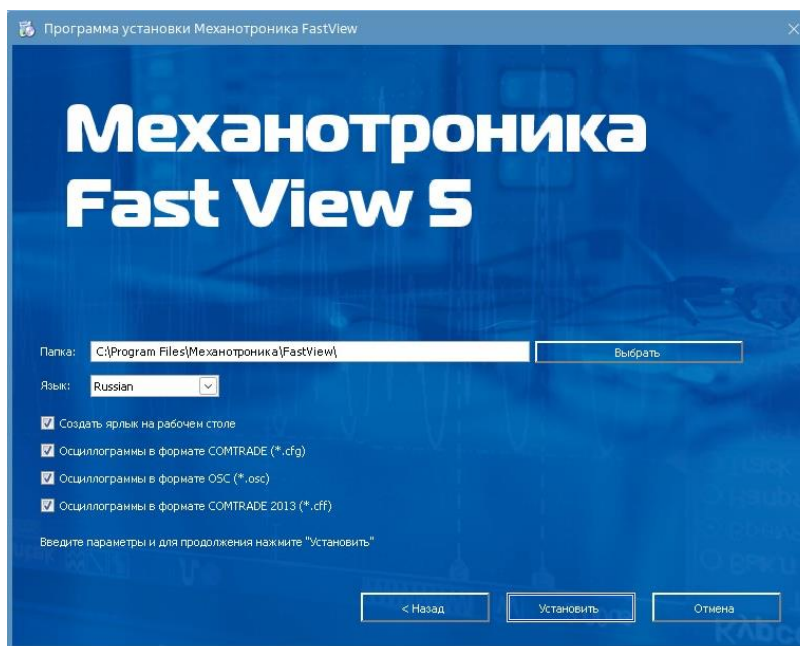
Примеры окон при установке ПО "FastView":



3.1.2 Далее необходимо следовать указаниям, приведенным в окне установки: нажать кнопку "Далее" при необходимости обновить / установить программу. Для продолжения установки, необходимо принять условия лицензионного соглашения установив в появившемся окне отметку "Я принимаю условия лицензионного соглашения" и нажать кнопку "Далее". Либо отказаться от установки нажатием кнопки "Отмена".



Задать директорию для установки. По умолчанию ПО "FastView" устанавливается в директорию C:\Program Files\Механотроника\FastView:



Примечание – Далее на рисунках с отображением окон версия, обозначение и дата могут отличаться от указанных в программном обеспечении "FastView".

3.2 Установка в ОС «Astra Linux Special Edition 1.7»

Примечание - Далее на рисунках с отображением окон версия, обозначение и дата могут отличаться от указанных в программном комплексе.

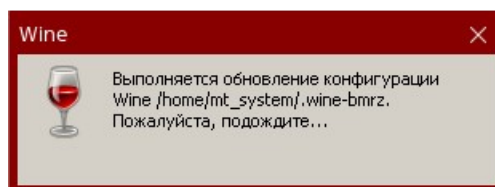
3.2.1 Для запуска процесса установки программного обеспечения на ПК с ОС «Astra Linux Special Edition 1.7» следует выполнить шаги:

3.2.2 Запустить терминал и перейти в директорию, содержащую установочный файл ПО «FastView», используя команду `cd <путь к директории>`.

Пример ввода команды в терминале приведен на рисунке:

```
system@astra-11477: cd Загрузки/FastView_
```

3.2.3 Запустить выполнение скрипта `installerFV.sh`, с помощью команды `sh installerFV.sh`. Дождаться окончания процесса установки пакета «Wine» и открытия окна установки программного обеспечения "FastView".



3.2.4 Далее следовать инструкциям, приведенным в п. 3.1.2 настоящего документа.

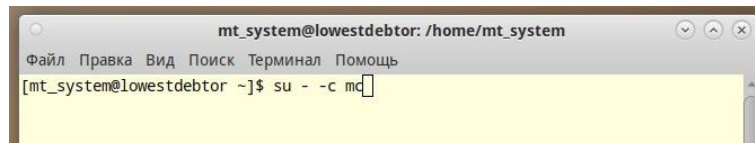
3.3 Установка в ОС «ALT Linux»

3.3.1 Активация репозитория

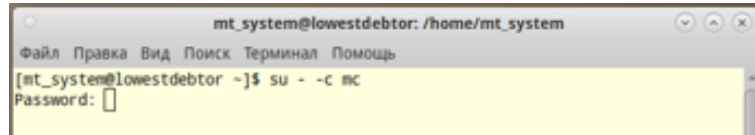
3.3.1.1 Для запуска процесса установки программного обеспечения на ПК с ОС «ALT Linux» следует выполнить шаги:

3.3.1.2 Запустить стандартную программу "MATE Terminal": "Меню -> Приложения -> Системные -> Терминал".

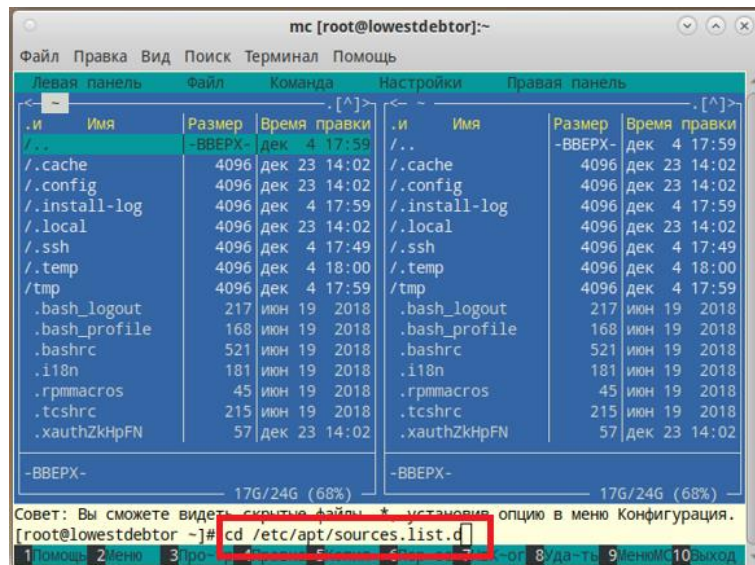
3.3.1.3 С помощью `su` запустить файловый менеджер "Midnight Commander": `su - -c mc`.



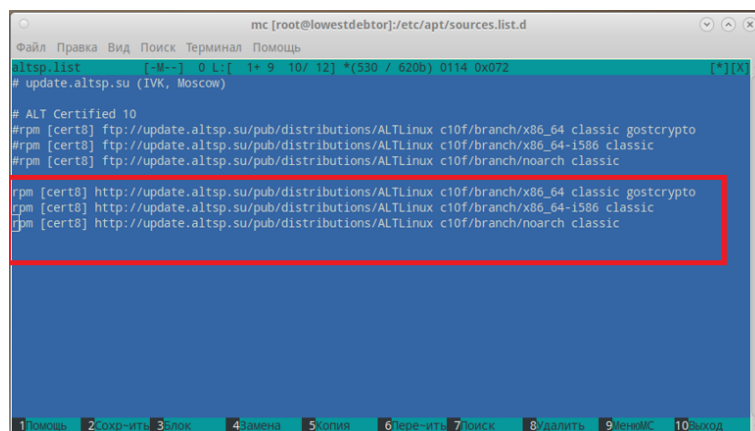
3.3.1.4 Ввести пароль пользователя с правами администратора.



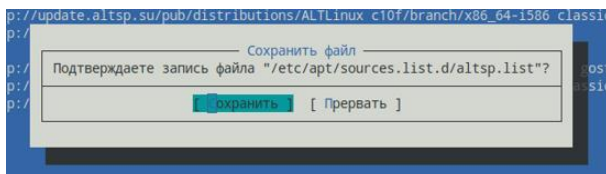
3.3.1.5 Перейти в директорию `/etc/apt/sources.list.d`, выполнив команду: `cd /etc/apt/sources.list.d`.



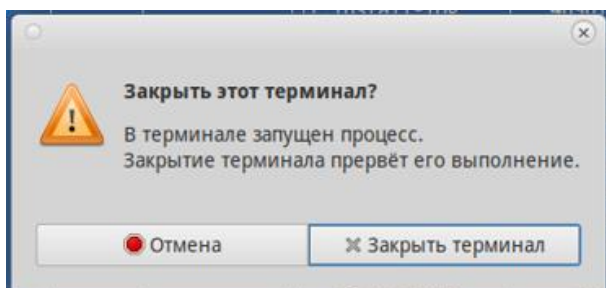
3.3.1.6 Внести изменения в файл "altsp.list", нажав кнопку F4, в строках, содержащих "http://", уберите символ "#" в начале строки.



3.3.1.7 Сохранить файл и выйти из редактора ("F2" + "Esc" + "Esc").



3.3.1.8 Закрыть терминал.



3.3.2 Установка ПО "FastView"

3.3.2.1 Запустить стандартную программу "МАТЕ Terminal": "Меню -> Приложения -> Системные -> Терминал".

3.3.2.2 Перейти в директорию, содержащую установочный файл ПО «FastView», используя команду `cd <путь к директории>`.

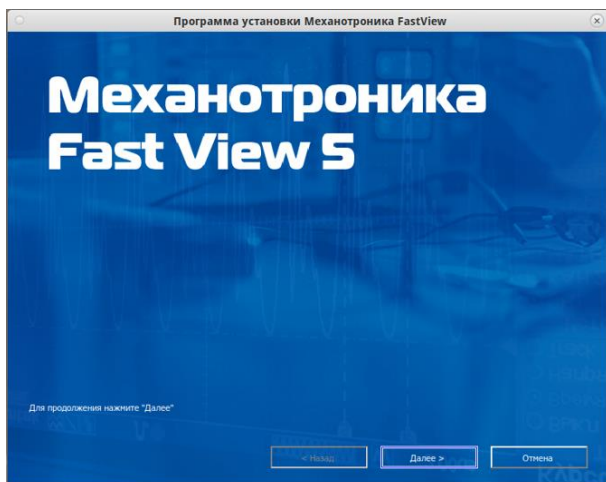
3.3.2.3 С помощью команды `bash` запустить скрипт «`installerFV.sh`»: `bash installer.sh`.

3.3.2.4 Ввести пароль пользователя с правами администратора.

3.3.2.5 В случае, если пакет "Wine" не установлен, запустится установка пакета "Wine" в автоматическом режиме.

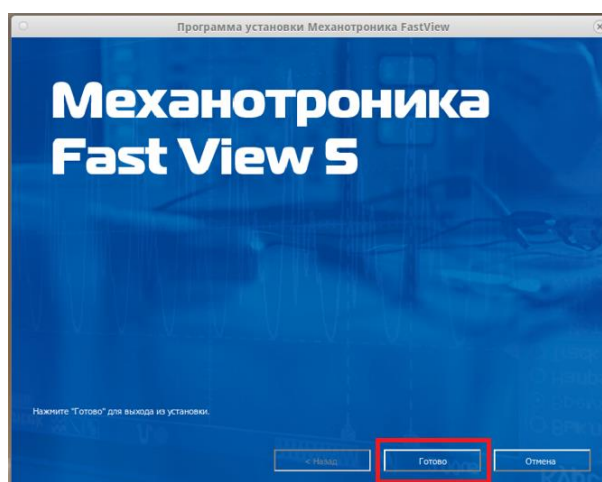
```
Installing Wine ...
Получено: 1 http://update.altsp.su c10f/branch/x86_64 release [3578B]
Получено: 2 http://update.altsp.su c10f/branch/x86_64-i586 release [1033B]
Получено: 3 http://update.altsp.su c10f/branch/noarch release [2199B]
Получено 6810B за 0s (30,5kB/s).
Найдено http://update.altsp.su c10f/branch/x86_64/classic pkglist
Найдено http://update.altsp.su c10f/branch/x86_64/classic release
Найдено http://update.altsp.su c10f/branch/x86_64/gostcrypto pkglist
Найдено http://update.altsp.su c10f/branch/x86_64/gostcrypto release
Найдено http://update.altsp.su c10f/branch/x86_64-i586/classic pkglist
Найдено http://update.altsp.su c10f/branch/x86_64-i586/classic release
Найдено http://update.altsp.su c10f/branch/noarch/classic pkglist
Найдено http://update.altsp.su c10f/branch/noarch/classic release
Чтение списков пакетов... Завершено
Построение дерева зависимостей... 50%
```

3.3.2.6 После окончания установки пакета "Wine", запустится программа установки программы "FastView".



3.3.2.7 Необходимо нажать кнопку "Далее".

3.3.2.8 После установки программы "FastView" нажмите кнопку "Готово".



3.3.2.9 Закрывать терминал.

3.4 Удаление в ОС «Windows»

Удаление программы производится из "Панели управления" ОС Windows или с помощью программы - установщика "Uninstall.exe".

3.5 Удаление в ОС «Astra Linux Special Edition 1.7»

3.5.1 Для запуска процесса удаления программного обеспечения на ПК с ОС «Astra Linux Special Edition 1.7» следует выполнить шаги:

3.5.2 Запустить терминал и перейти в директорию, содержащую установочный файл ПО «FastView», используя команду `cd <путь к директории>`.

3.5.3 Запустить выполнение скрипта `uninstaller_wineFV.sh`, с помощью команды `sh uninstaller_wineFV.sh`. Запустится удаление в автоматическом режиме пакета «Wine» и программного обеспечения «FastView».

3.5.4 Для удаления пакета «Wine» в строке «Uninstall Wine completely (type Y/y) or just application data (type N/n)?» ввести «Y/y» (рисунок 9). Дождаться окончания процесса удаления.

```
system@astra-11477:~$ cd Загрузки/2024.12.11-v5.2.0.7211
system@astra-11477:~/Загрузки/2024.12.11-v5.2.0.7211$ sh uninstaller_wineFV.
sh
Uninstalling FastView ...
Uninstall Wine completely (type Y/y) or just application data(type N/n)? █
```

3.5.5 Для пропуска процесса удаления пакета «Wine» в строке «Uninstall Wine completely (type Y/y) or just application data (type N/n)?» ввести «N/n».

3.6 Удаление в ОС «ALT Linux»

3.6.1 Запустить стандартную программу "МАТЕ Terminal": "Меню -> Приложения -> Системные -> Терминал".

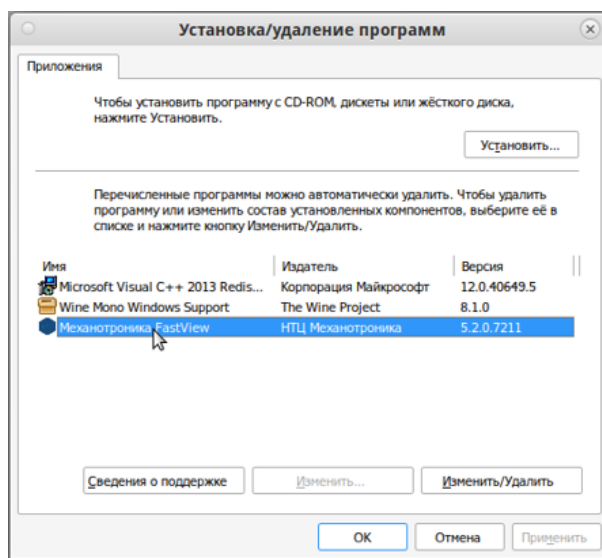
3.6.2 С помощью команды `cd` перейти в директорию с файлами установки программы «FastView»: `cd <путь к директории>`.

3.6.3 С помощью команды `bash` запустить скрипт «uninstaller_wineFV.sh»: `bash uninstaller_wine.sh`.

3.6.4 Запустится удаление в автоматическом режиме пакета Wine и программы «FastView».

3.6.4.1 Удаление пакета Wine и программы «FastView».

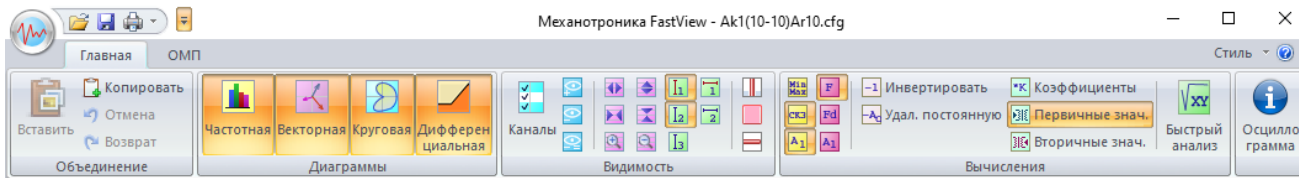
- 3.6.4.1.1 Для удаления пакета Wine и программы «FastView» в строке «Uninstall Wine completely (type Y/y) or just application data (type N/n)?» ввести «Y» (далее ввести пароль пользователя с правами администратора). Запустится в автоматическом режиме процесс удаления пакета Wine и программы «FastView».
- 3.6.4.1.2 При получении предложения удалить файлы (с указанием объёма освобождаемого дискового пространства). Ввести «Y».
- 3.6.4.1.3 Закрыть терминал.
- 3.6.4.2 Удаление только программы «FastView».
- 3.6.4.2.1 Для удаления только программы «FastView» в строке «Uninstall Wine completely (type Y/y) or just application data (type N/n)?» ввести «N». Запустится в автоматическом режиме процесс удаления программы «FastView».
- 3.6.4.2.2 Во всплывающем окне «Установка/удаление программ» выбрать «Механотроника FastView» и нажать кнопку «Изменить/Удалить».



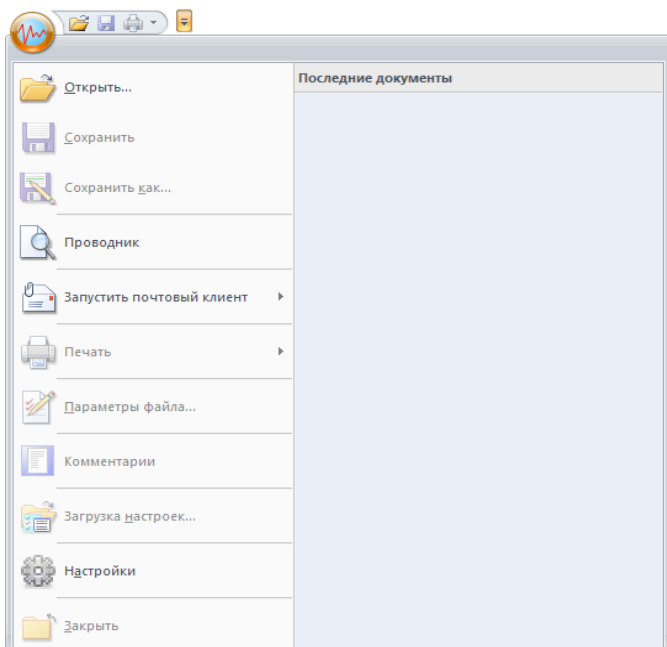
- 3.6.4.2.3 Во всплывающем окне «Удаление Механотроника FastView» нажать кнопку «Да» и подтвердить удаление программы «FastView».
- 3.6.4.2.4 После закрытия окна «Удаление Механотроника FastView» закрыть окно «Установка/удаление программ».
- 3.6.4.2.1 Закрыть терминал.

4. Элементы управления, кнопки панелей инструментов

В верхней части окна расположена панель инструментов, на которой расположены кнопки разделов «Объединение», «Диаграммы», «Видимость», «Вычисления», «Информация» и «ОМП». В заголовке окна находится панель быстрого доступа, на которую можно добавить наиболее часто используемые команды.



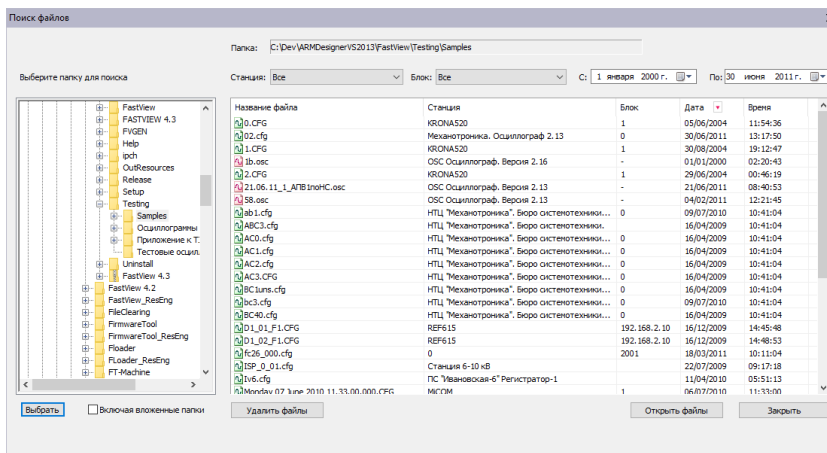
5. Файловые операции



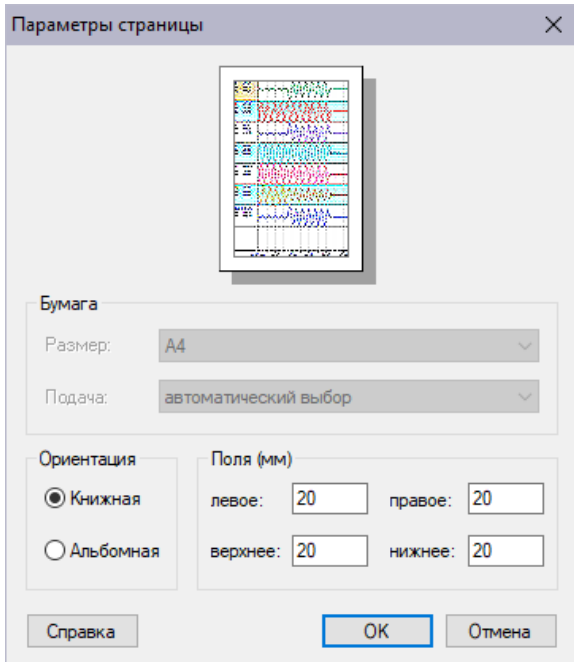
Для работы с файлами доступны операции открытия, сохранения и сохранения под другим именем. Для файлов формата OSC возможно сохранение в формате COMTRADE.

6. Поиск файлов

Окно поиска файлов позволяет выполнить поиск осциллограмм в папке (включая вложенные папки), с выполнением фильтрации по станции, идентификатору и диапазону дат.



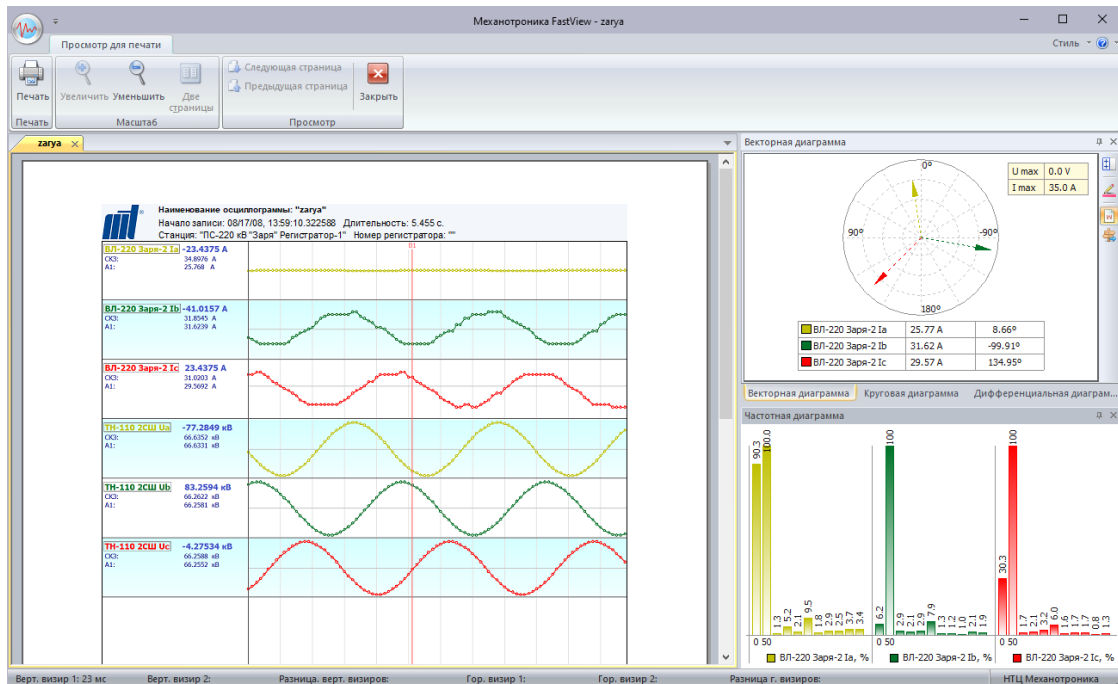
7. Параметры страницы



Для настройки параметров страницы, предназначенной для печати, служит диалоговое окно «Параметры страницы». Для изменения доступны такие параметры, как ориентация и поля страницы.

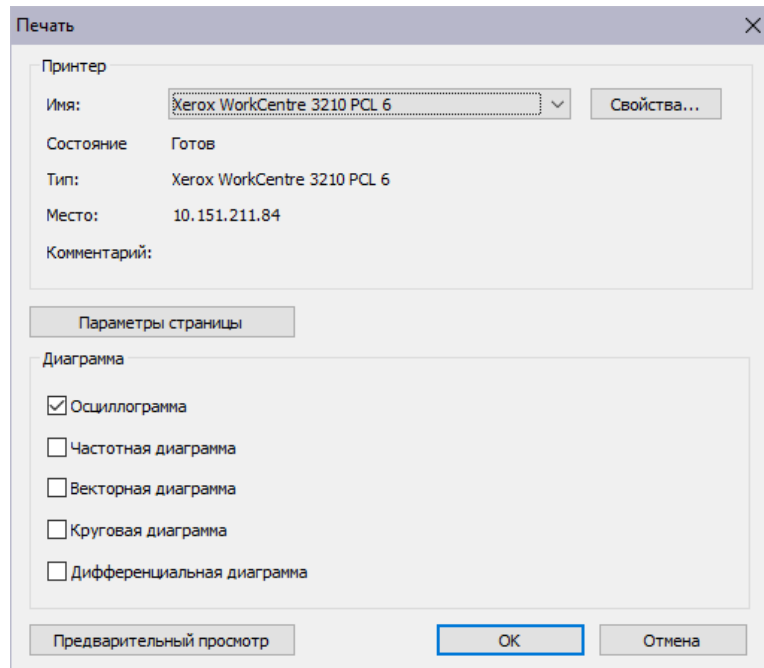
8. Предварительный просмотр

Для предварительного просмотра служит пункт меню «Предварительный просмотр». При этом отображается диаграмма, предварительно выделенная щелчком мыши. В данном режиме можно просмотреть распечатываемый документ, применить увеличение или уменьшение страницы, или распечатать результат.



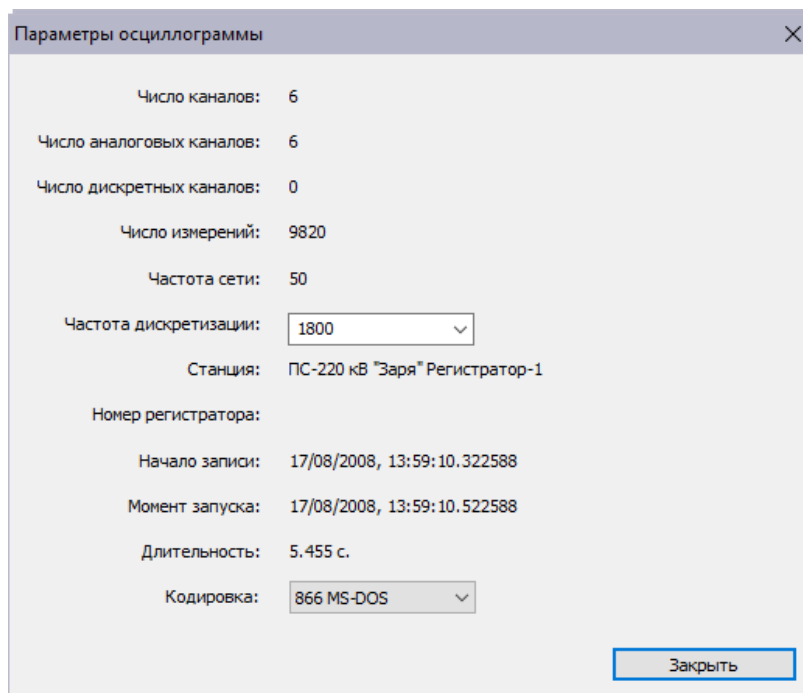
9. Печать

Для печати выбранной диаграммы используется пункт меню «Печать». В появившемся окне можно выбрать принтер, изменить свойства выбранного принтера, и выбрать диаграмму, предназначенную для печати.



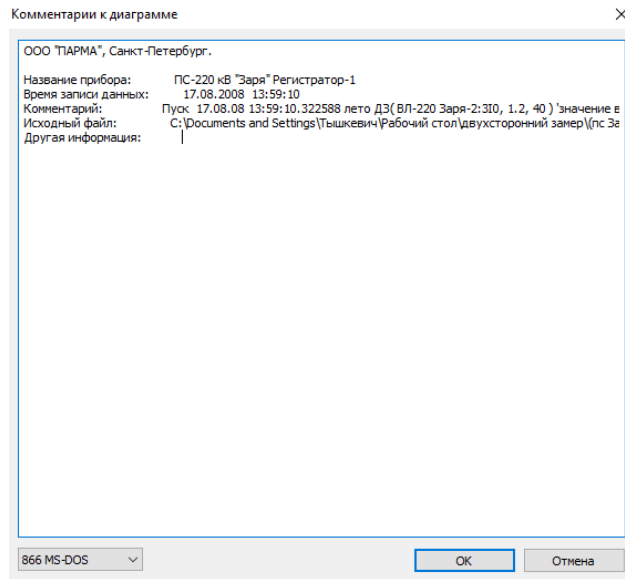
10. Параметры осциллограммы, задание кодировки

Данный пункт меню открывает окно с параметрами осциллограммы. В данном окне можно изменить кодировку, в которой отображается осциллограмма.



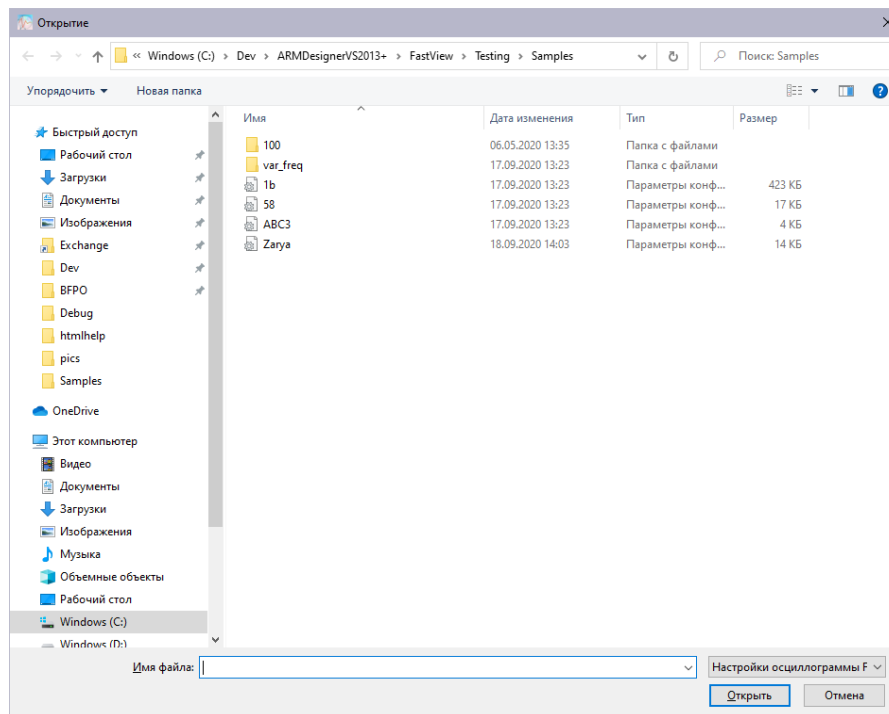
11. Комментарии

Данный пункт меню открывает окно для просмотра и редактирования комментариев к диаграмме, расположенных в файле с расширением hdr



12. Загрузка настроек

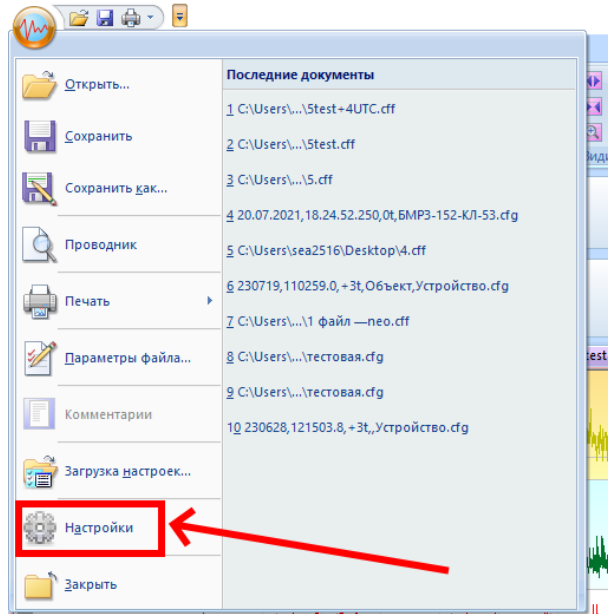
Данный пункт меню открывает диалоговое окно, позволяющее загрузить все настройки осциллограммы, включая вычисляемые каналы и параметры для определения места повреждения (ОМП).



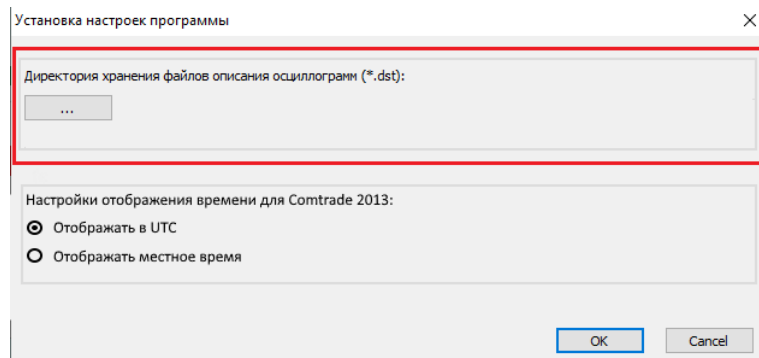
13. Настройки

13.1 Данный пункт меню открывает диалоговое окно, позволяющее осуществить настройки ПО "FastView".

13.2 Для открытия окна настроек необходимо нажать кнопку "Настройки" в меню ПО "FastView".

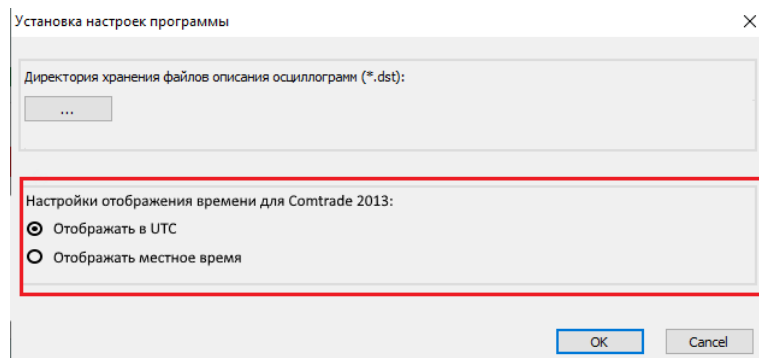


13.3 Доступны выбор директории хранения файлов описания осциллограмм в формате dst.



13.4 Доступен выбор формата отображения времени для осциллограмм формата Comtrade 2013 при просмотре в FastView:

- в формате UTC;
- в формате локального времени.



14. Изменение визуального стиля приложения

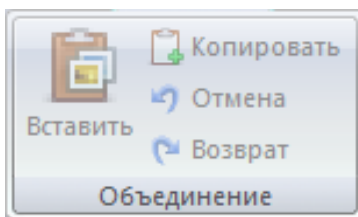
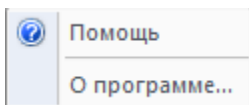
Приложение позволяет изменять стиль оформления, для этого используется меню «Стиль», расположенное в правом верхнем углу.

15. Справка и окно «О программе»

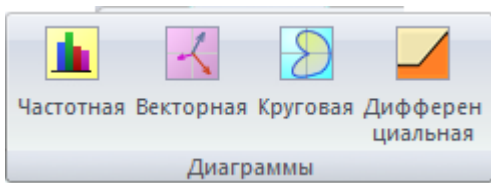
Для получения справки можно воспользоваться кнопкой помощи или её выпадающим меню. В том же меню расположен пункт, позволяющий открыть окно «О программе».

16. Объединение осциллограмм и буфер обмена

Для объединения осциллограмм используются функции раздела «Объединение». Нажатие кнопки «Копировать» копирует выделенные каналы в буфер обмена. Кнопка «Вставить» вставляет эти каналы на текущую осциллограмму. Для копирования изображения диаграммы в буфер обмена нужно выделить диаграмму щелчком мыши, после чего нажать кнопку «Копировать», после чего можно выполнять вставку в других приложениях.

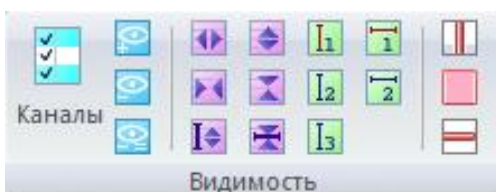


17. Раздел «**Диаграммы**»



Для отображения диаграмм используются кнопки в разделе «Диаграммы». В данной версии доступны частотная, векторная, круговая и дифференциальная диаграммы.

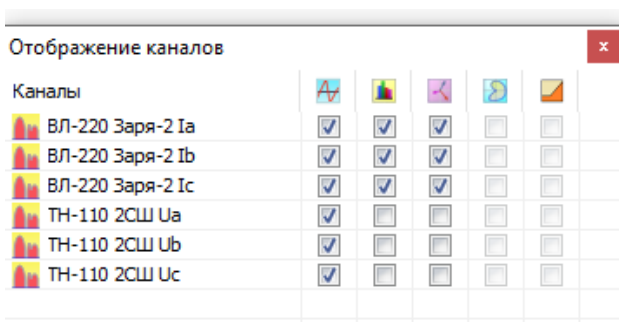
18. Раздел «**Видимость**»



В данном разделе можно выбрать каналы для отображения, скрыть или показать все дискретные каналы или скрыть дискретные каналы, значение которых не менялось в течение всего времени, настроить масштаб отображения, включить или выключить сетку на осциллограмме и горизонтальные или вертикальные визеры. Также здесь доступны элементы

рецензирования осциллограммы: момент времени, линия уровня и область.

По умолчанию, при включении визиров В1, В2, В3 из раздела «Видимость», они устанавливаются в положениях: 0.25, 0.5 и 0.75 соответственно от выведенного на осциллограмме временного диапазона.

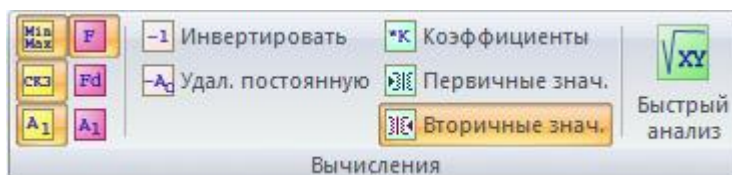


Окно «Отображение каналов», появляющееся при нажатии на кнопку «Каналы» позволяет переименовывать каналы и управлять их видимостью на диаграммах.

Для переименования канала нужно выделить его название двойным щелчком, и ввести новое. Ввод пустого значения возвращает старое имя канала, которое иначе отображается в скобках серым цветом.

19. Раздел «**Вычисления**»

Раздел «Вычисления» определяет режим отображения выделенного канала.



Кнопки служат для показа мгновенного минимального, максимального и среднего значения, значения первой гармоники в заголовке канала, а также переключают режим отображения канала между мгновенными, действующими значениями и значением первой гармоники.

Кнопки служат для инверсии и удаления постоянной составляющей сигнала в отображении канала.

При выборе типа анализа появляется окно задания данных. Поля заполняются автоматически на основании информационной модели. Если соответствия не найдены поля не заполняются.

В окне задания данных задаются следующие данные:

- Задаются аналоговые каналы;
- Вводятся необходимые настройки.

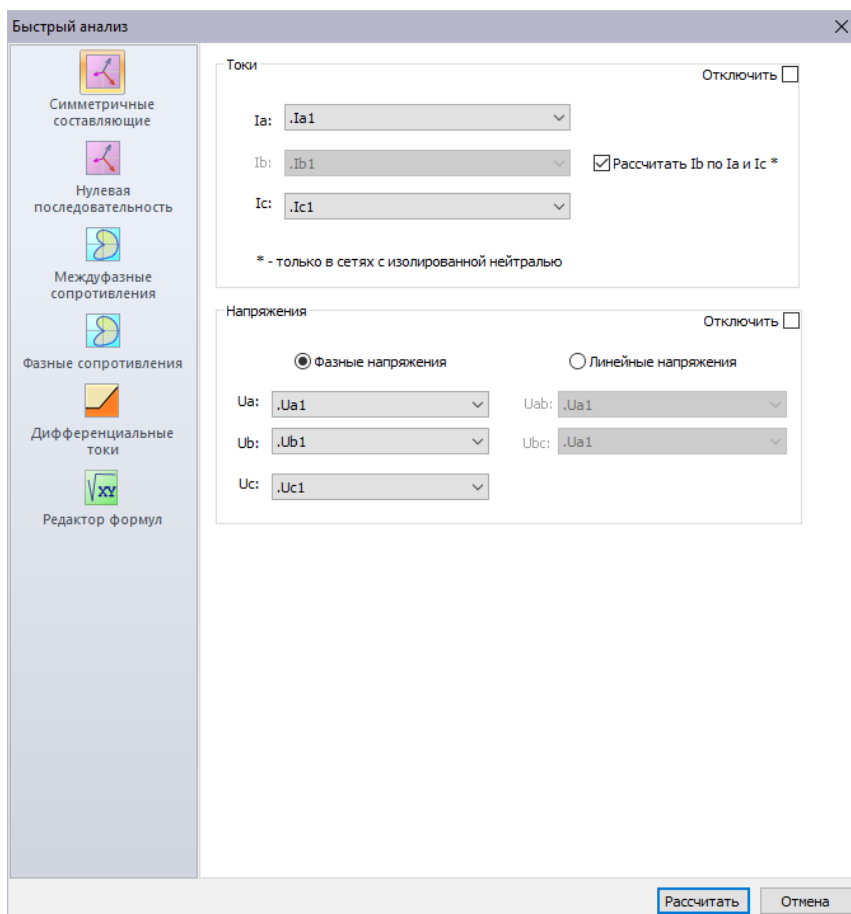
После заполнения всех полей областей «Токи» и «Напряжения» активируется кнопка «Рассчитать». После этого выполняется расчет всех необходимых сигналов. Формулы для расчета всех сигналов сохраняются в редакторе формул. Таким образом инструмент «Быстрый анализ» предназначен для быстрого создания расчетных сигналов.

Помимо этого, расчетные каналы отправляются для отображения на круговую, векторную или дифференциальную диаграмму.

Настройки, задаваемые в инструменте «Быстрый анализ», сохраняются также в set-файле.

21. Вкладка «Симметричные составляющие»

На вкладке возможно отключить расчет токов либо напряжений, установив соответствующий флажок.



Расчётные формулы для токов

Наименование расчетного канала	Формула из «Редактора формул»	Входные данные	Условие расчёта
Ib	Ток Ib	Ia=Ia, Ic=Ic, 3I ₀ =0	Рассчитать Ib по Ia и Ic
I1	Ток I1	Ia=Ia, Ib=Ib, Ic=Ic	

I2	Ток I2	Ia=Ia, Ib=Ib, Ic=Ic	
3U ₀	Ток 3U ₀	Ia=Ia, Ib=Ib, Ic=Ic	Рассчитать Ib по Ia и Ic

Расчётные формулы для напряжений

Наименование расчетного канала	Формула из «Редактора формул»	Входные данные	Условие расчёта
U1	Напряжение U1 по фазным напряжениям	Ua=Ua, Ub=Ub, Uc=Uc	Фазные напряжения
U2	Напряжение U1 по фазным напряжениям	Ua=Ua, Ub=Ub, Uc=Uc	Фазные напряжения
3U ₀	Напряжение 3U ₀	Ua=Ua, Ub=Ub, Uc=Uc	Фазные напряжения
U1	Напряжение U1 по линейным напряжениям	Uab=Uab, Ubc=Ubc	Линейные напряжения
U2	Напряжение U2 по линейным напряжениям	Uab=Uab, Ubc=Ubc	Линейные напряжения

22. Вкладка «Нулевая последовательность»

На вкладке возможно отключить расчет токов либо напряжений, установив соответствующий флажок.

Расчетные каналы отображаются только на временной диаграмме.
Ток 3I₀ и напряжение 3U₀ отправляются на векторную диаграмму.
Мощность S₀ отправляется на круговую диаграмму

Расчётные формулы для токов

Наименование расчетного канала	Формула из «Редактора формул»	Входные данные	Условие расчёта
$3I_0$	Ток $3I_0$	$I_a=I_a, I_b=I_b, I_c=I_c$	Расчётный
-	-	-	Измеренный

Расчётные формулы для напряжений

Наименование расчетного канала	Формула из «Редактора формул»	Входные данные	Условие расчёта
$3U_0$	Напряжение $3U_0$	$U_a=U_a, U_b=U_b, U_c=U_c$	Рассчитанный из U_a, U_b, U_c
$3U_0$	$U_{ни}+U_{ик}$	$U_{ни}, U_{ик}$	Рассчитанный из $U_{ни}, U_{ик}$
-	-	-	Измеренный

Расчётные формулы для мощности

Наименование расчетного канала	Формула из «Редактора формул»	Входные данные	Условие расчёта
S_0	Мощность фазная полная S	$I_{ф1}=3I_0, U_{ф2-ф3}=3U_0$	

23. Вкладка «Междуфазные сопротивления»

Расчетные каналы сопротивлений отображаются на временной диаграмме.
Сопротивления отображаются на круговой диаграмме.

Расчётные формулы

Наименование расчетного канала	Формула из «Редактора формул»	Входные данные	Условие расчёта
Ib	Ток Ib	Ia=Ia, Ic=Ic, 3I ₀ =0	Расчитать Ib по Ia и Ic
Uca	Линейные напряжения по линейным напряжениям	U _{лин1} =Uab, U _{лин2} =Ubc	Линейные напряжения
Uab		U _{фазн1} =Ua, U _{фазн2} =Ub	
Ubc		U _{фазн1} =Ub, U _{фазн2} =Uc	
Uca		U _{фазн1} =Uc, U _{фазн2} =Ua	
Zab	Сопротивление фаза-фаза полное Z	I _{ф1} =Ia, I _{ф2} =Ib, U _{ф1-ф2} =Uab	Фазные напряжения
Zbc		I _{ф1} =Ib, I _{ф2} =Ic, U _{ф1-ф2} =Ubc	
Zca		I _{ф1} =Ic, I _{ф2} =Ia, U _{ф1-ф2} =Uca	

24. Вкладка «Фазные сопротивления»

Быстрый анализ

Симметричные составляющие

Нулевая последовательность

Междуфазные сопротивления

Фазные сопротивления

Дифференциальные токи

Редактор формул

Токи

Ia: .Ia1

Ib: .Ib1

Ic: .Ic1

Итр, А: 0,25 - ток точной работы

Ток 3I₀*

Расчет коэффициента компенсации тока 3I₀

По удельным параметрам По коэффициентам компенсации

X1, Ом/км: 2 КО:

R1, Ом/км: 2 Ф0, град:

X0, Ом/км: 2

R0, Ом/км: 2

* Ток нулевой последовательности рассчитывается из фазных токов

Ток 3I₀ параллельной линии

3I_{0п}: .I01

Xm, Ом/км: 2 Km:

Rm, Ом/км: 2 Фm, град:

Напряжения

Ua: .Ua1

Ub: .Ub1

Uc: .Uc1

Рассчитать Отмена

Если ток 3I₀ параллельной линии не задан (выбрана опция «не учитывать»), то в расчетах принимается равным 0.

Расчетные каналы сопротивлений и напряжений отображаются на временной диаграмме.

Сопротивления отображаются на круговой диаграмме.

Расчётные формулы

Наименование расчетного канала	Формула из «Редактора формул»	Входные данные	Условие расчёта
$3I_0$	Ток $3I_0$	$I_a=I_a, I_b=I_b, I_c=I_c$	
Z_a	Сопротивление фаза-земля по удельным параметрам полное Z	$I_\phi=I_a, 3I_0=3I_0, 3I_{0п}=3I_{0п}, U_\phi=U_a, X1, R1, X0, R0, X_m, R_m$	По уд. параметрам
Z_b		$I_\phi=I_b, 3I_0=3I_0, 3I_{0п}=3I_{0п}, U_\phi=U_b, X1, R1, X0, R0, X_m, R_m$	
Z_c		$I_\phi=I_c, 3I_0=3I_0, 3I_{0п}=3I_{0п}, U_\phi=U_c, X1, R1, X0, R0, X_m, R_m$	
Z_a	Сопротивление фаза-земля по коэффициентам компенсации полное Z	$I_\phi=I_a, 3I_0=3I_0, 3I_{0п}=3I_{0п}, U_\phi=U_a, K0, \Phi0, K_m, \Phi_m$	По коэффициентам компенсации
Z_b		$I_\phi=I_b, 3I_0=3I_0, 3I_{0п}=3I_{0п}, U_\phi=U_b, K0, \Phi0, K_m, \Phi_m$	
Z_c		$I_\phi=I_c, 3I_0=3I_0, 3I_{0п}=3I_{0п}, U_\phi=U_c, K0, \Phi0, K_m, \Phi_m$	

25. Вкладка «Дифференциальные токи»

На вкладке задается количество плеч и фаз для расчета, определяются параметры групп «Приведение плеч», «Учет группы соединений» и «Расчет тока торможения». После чего для каждого плеча заполняются соответствующие входные данные (каналы и коэффициенты в соответствии со сделанным ранее выбором настроек).

Расчетные каналы отображаются на временной диаграмме.

Автоматически формируются пары: «Диф. ток - Ток торможения».

Графики «Диф. ток - Ток торможения» отображаются на дифференциальной диаграмме.

Далее в расчетных формулах по каждому каналу, создаваемому в результате расчета, указывается ссылка на формулу из Редактора формул, по которой считается этот канал.

Расчетные формулы для настройки «Приведение плеч»

Наименование расчетного канала	Формула из «Редактора формул»	Входные данные	Условие расчёта
Ia плечо i-го прив. (Ib плечо i-го прив., Ic плечо i-го прив.)	Приведение плеч по коэффициенту приведения	Ia плечо i, (Ib плечо i, Ic плечо i) Kприв	По коэффициенту приведения
	Приведение плеч по коэффициенту трансформации ТТ	Ia плечо i, (Ib плечо i, Ic плечо i) Ктт, Кттбаз	По коэффициенту трансформации ТТ
	Приведение плеч по мощности	Ia плечо i, (Ib плечо i, Ic плечо i) Ктт, Sном, Uном	По мощности
	Приведение плеч по номинальному току	Ia плечо i, (Ib плечо i, Ic плечо i) Ктт, Iном	По номинальному току

Расчетные формулы для настройки «Учет группы соединений»

Только если количество фаз = 3:

Наименование расчетного канала	Формула из «Редактора формул»	Входные данные	Условие расчёта
Ia плечо i-го прив. пов. Ib плечо i-го прив. пов. Ic плечо i-го прив. пов.	Учёт группы соединений по последовательностям	Ia плечо i-го прив. Ib плечо i-го прив. Ic плечо i-го прив.	По последовательностям
	Учёт группы соединений цифровым треугольником	Группа соединений	Цифровой треугольник

Расчёт дифференциального тока

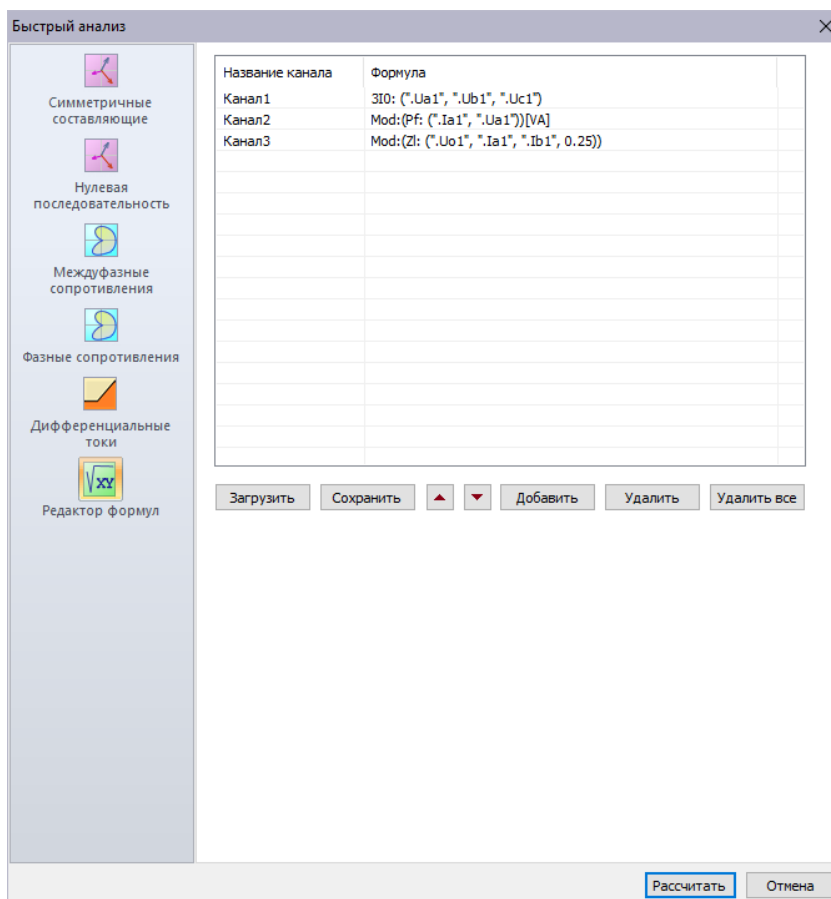
Наименование расчетного канала	Формула из «Редактора формул»	Входные данные	Условие расчёта
Ia диф	Дифференциальный ток по сумме токов	Ia плечо i-го прив. пов., где $i=1:n$	
Ib диф		Ib плечо i-го прив. пов., где $i=1:n$	
Ic диф		Ic плечо i-го прив. пов., где $i=1:n$	

Расчёт тока торможения

Наименование расчетного канала	Формула из «Редактора формул»	Входные данные	Условие расчёта
Iф торм.	Ток торможения по сумме модулей токов	Iф плечо i-го прив. пов., где $i=1:n$ коэффициент (1 или 0,5)	Полусумма модулей токов
Iф торм.	Ток торможения по сумме модулей токов	Iф плечо i-го прив. пов., где $i=1:n$ коэффициент (1 или 0,5)	Полуразность токов Количество плеч=2
Iф торм.	Ток торможения по сумме модулей токов	Iф плечо i-го прив. пов., где $i=1:n$	Максимальный из токов

26. Вкладка «Редактор формул»

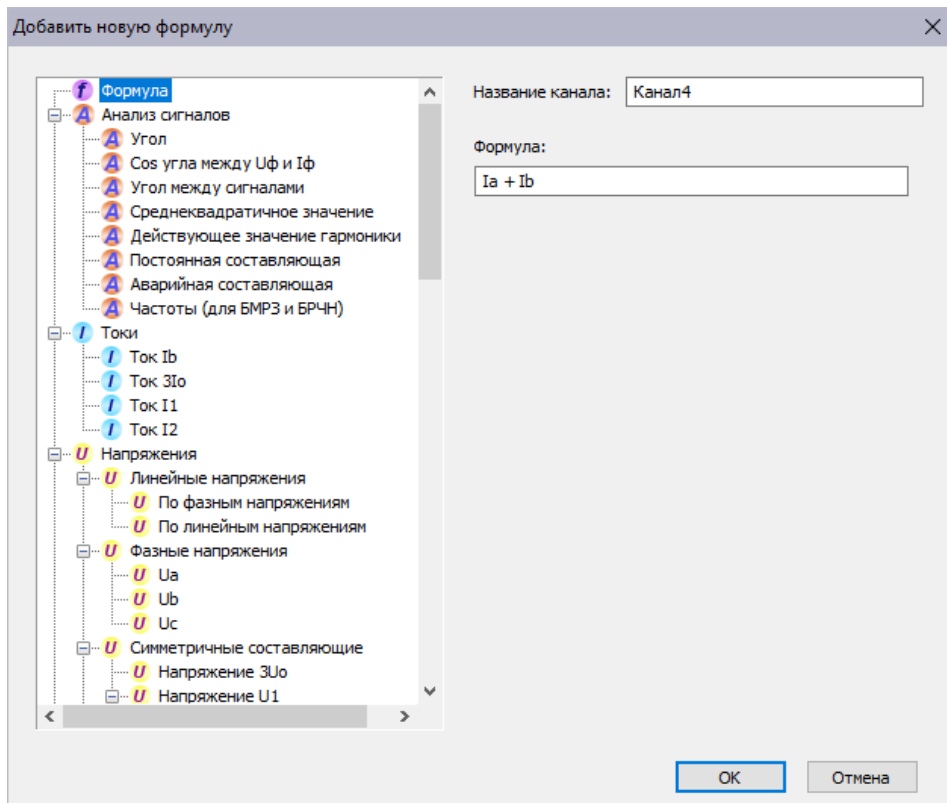
На этой вкладке можно вручную редактировать формулы для расчетных каналов, создаваемых на всех вкладках формы «Быстрый анализ».



На окне располагаются кнопки редактирования списка каналов. Кнопки «Добавить», «Удалить» и «Удалить все» позволяют добавлять и удалять каналы. Кнопки «Вверх» и «Вниз» перемещают выделенный канал в списке вверх или вниз. Кнопки «Загрузить» или «Сохранить» сохраняют и загружают список формул в отдельный файл с расширением .frm. При необходимости формулу и ее название можно отредактировать, выделив двойным щелчком мыши. Если в формуле имя канала начинается с цифры, его нужно взять в кавычки, например «3I0». Для канала можно задать или изменить размерность, задав ее в квадратных скобках, например [A].

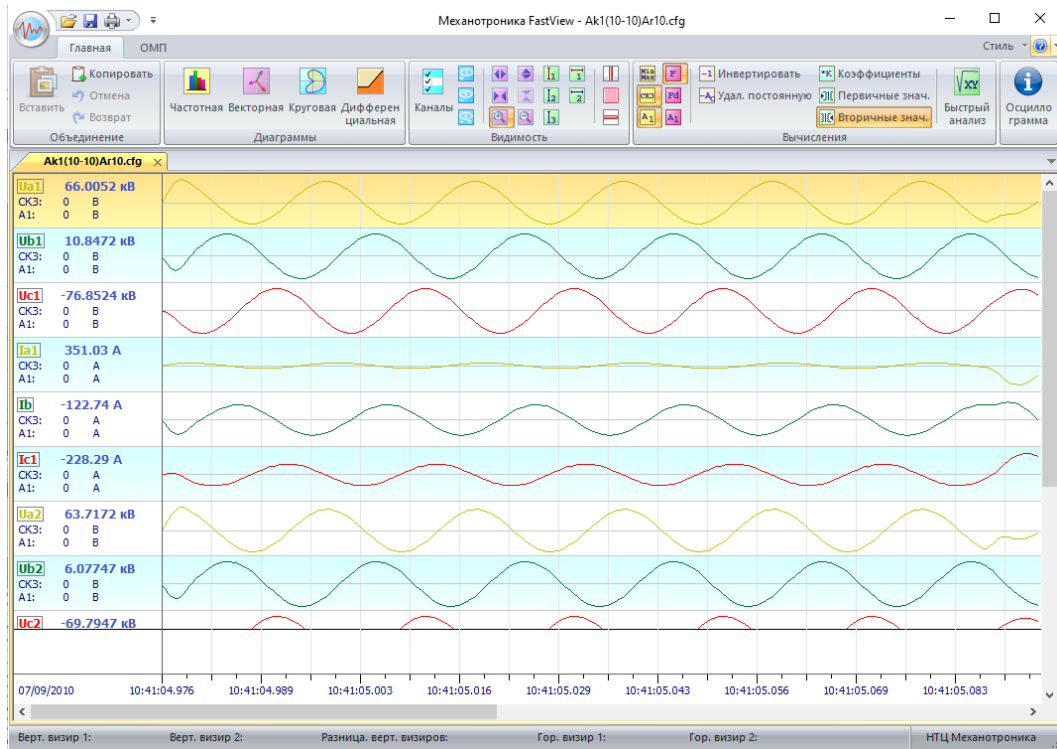
Добавление каналов

При нажатии кнопки добавить появляется диалоговое окно, позволяющее ввести формулу, или воспользоваться готовыми шаблонами наиболее востребованных формул.

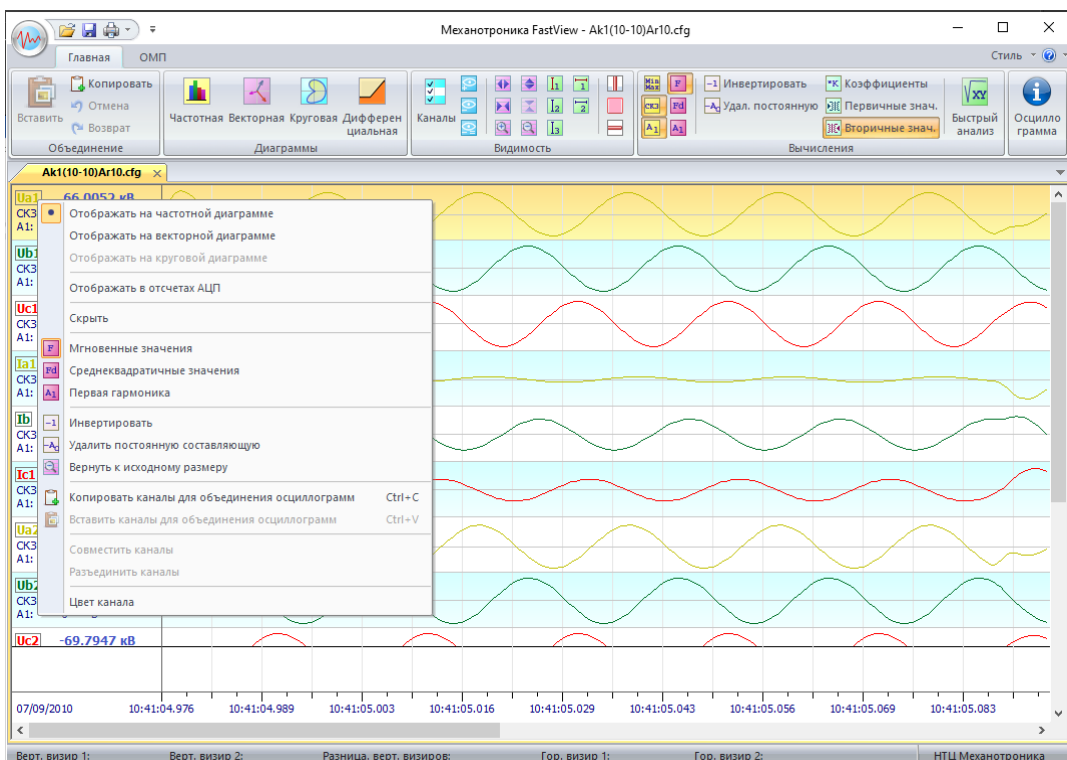


27. Осциллограммы

Область просмотра осциллограммы служит для отображения изменения величины сигнала во времени. Временная диаграмма позволяет настраивать режим отображения как всей диаграммы, так и отдельных каналов.



Для настройки режима отображения канала выделите его щелчком левой кнопки мыши по заголовку канала, и воспользуйтесь панелью инструментов, или вызовите контекстное меню. При двойном щелчке мышью по названию канала появляется текстовое поле, в котором возможно его отредактировать.



Область заголовка каналов

В контекстном меню канала, вызываемом щелчком правой кнопки мыши по его заголовку, можно настроить его цвет. Также в этом меню продублированы основные действия, доступные на ленте приложения.

Для совмещения нескольких каналов одной осциллограммы с одинаковыми единицами измерения можно воспользоваться следующими способами:

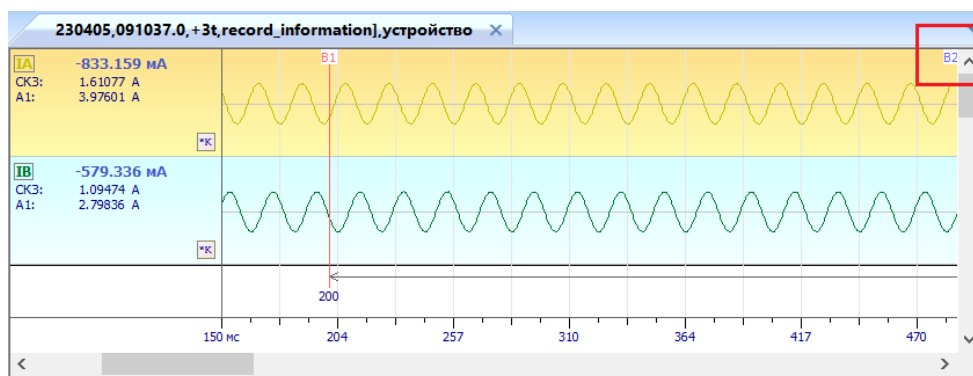
- «перетаскиванием» мышью одного или нескольких каналов на другой канал или группу;
- выделением нескольких каналов и выбором из контекстного меню команды «Совместить каналы».

Для отображения каналов на круговой, частотной или векторной диаграмме можно также воспользоваться функцией «перетаскивания» каналов мышью на целевую диаграмму.

Область графиков осциллограмм

Для установки вертикальных визиров выполните щелчок левой или правой кнопкой по графику. Щелчок по графику с нажатой кнопкой «Shift» устанавливает горизонтальные визеры. Для горизонтальных визиров доступно перемещение только в пределах аналоговых графиков осциллограмм.

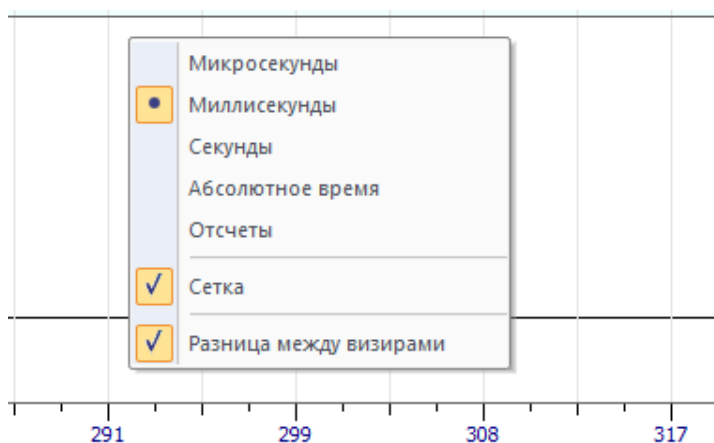
Для прокрутки графиков можно воспользоваться колесиком мыши. Прокрутка колесика с нажатой кнопкой «Shift» прокручивает график по горизонтали, без неё – по вертикали. При выходе визиров из поля видимости, на графике отображаются отметки, указывающие на их положение.



При нажатии «Ctrl» выполняется масштабирование по горизонтали, при «Alt» – по вертикали.

Область линейки

Для настройки режима отображения линейки используется контекстное меню, вызываемое щелчком правой кнопки мыши по линейке.



28. Рецензирование осциллограммы

Для рецензирования осциллограммы предусмотрены следующие кнопки раздела «Видимость» на панели инструментов: Момент времени, Линия уровня, Область.



Элементы рецензирования записываются при сохранении осциллограммы в set-файл. Для каждого из них доступно контекстное меню, позволяющее выполнять базовые операции с элементом рецензирования: изменение комментария, фиксирование положения элемента, скрытие и удаление элемента. По двойному щелчку на элементе открывается окно для изменения комментария. При наведении курсора мыши на элемент появляется связанный с ним комментарий.

Момент времени представляет собой вертикальный визир, устанавливаемый при щелчке левой кнопкой мыши по осциллограмме в выбранной точке. Также его можно перемещать, если он не зафиксирован, по аналогии с вертикальным визиром.

Область представляет собой прямоугольное пространство, занимающее несколько соседних каналов. При ее создании нужно нажать левой кнопкой мыши и не отпуская ее, начертить прямоугольник нужных размеров, после чего отпустить левую кнопку мыши. У области можно мышью менять расположение боковых границ.

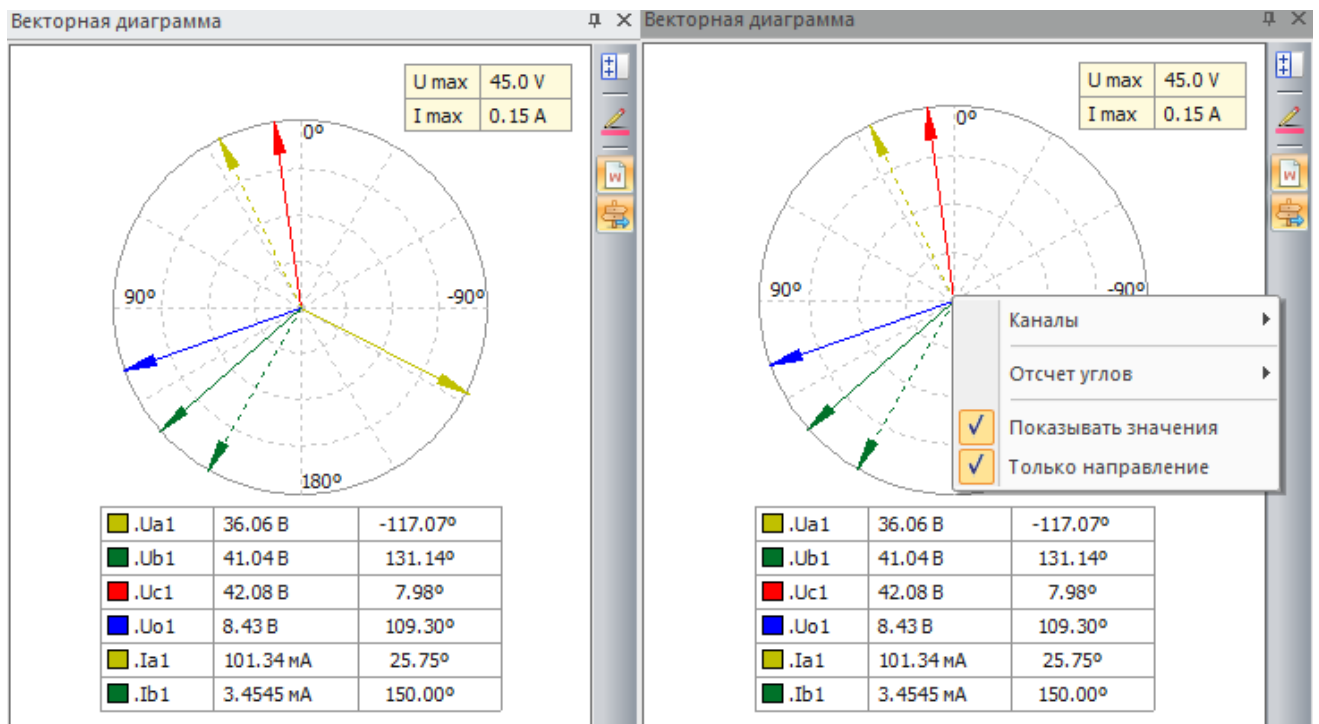
Линия уровня представляет собой горизонтальный отрезок. Для его создания нужно зажать левую кнопку мыши, после чего начертить отрезок и завершить создание области, отпустив левую кнопку мыши. В дальнейшем возможно менять ее границы и вертикальное расположение. В контекстном меню доступен пункт «Изменить уровень», позволяющий вручную задать значение, на котором должна находиться линия уровня.

29. Векторная диаграмма

Векторная диаграмма предназначена для отображения комплексных изображений векторов. Перевод вектора из временной области в комплексную производится по дискретному преобразованию Фурье. В каждый момент времени вектору соответствует комплексное изображение.

На векторной диаграмме отображается вектор амплитудой V_m , фаза отсчитывается от оси действительных чисел, направленной вверх, против часовой стрелки.

На векторной диаграмме возможно отображение величин с размерностью В и А, а так же безразмерных величин, которые масштабируются, как величины, имеющие размерность В. Масштабирование величин, имеющих размерность В и А, происходит раздельно. Причем величины с размерностью В- отображаются сплошными линиями, а величины, имеющие размерность А – пунктирными линиями.



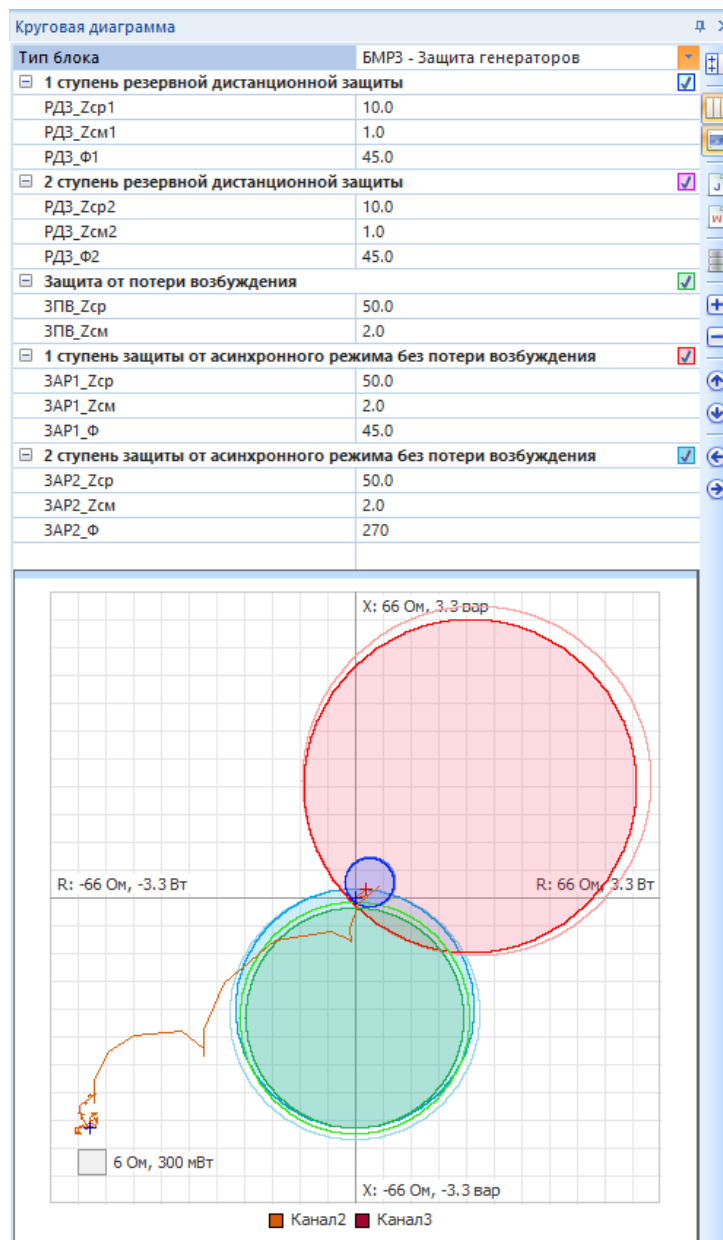
При выборе опции «Показывать действующее значение и угол» в табличном виде отображаются текущие расчетные значения.

При выборе пункта «Только направление» все векторы отображаются одинаковой длины. Пункт «Отсчет углов» позволяет принять за нулевое значение позицию одного из векторов.

30. Круговая диаграмма

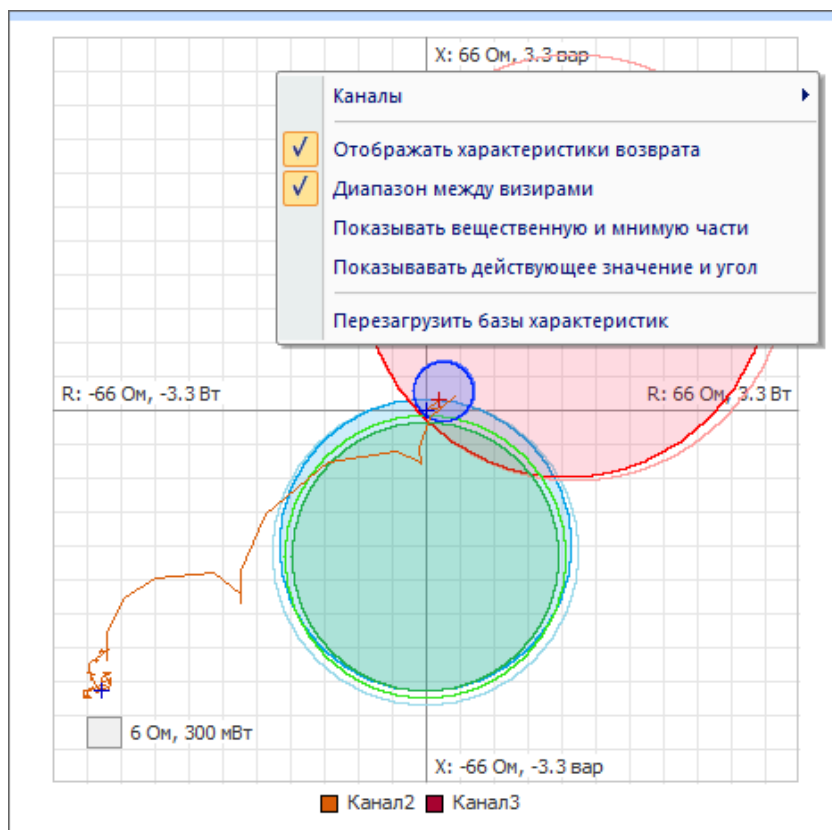
Круговая диаграмма предназначена для отображения годографа - пути, который проходит конец вектора, в комплексной плоскости. Годограф сопротивления позволяет проводить анализ работы дистанционной защиты. Годограф мощности служит для анализа работы органов направления мощности.

Комплексные вектора сопротивления и мощности получаются по формулам для полного сопротивления и полной мощности, но без взятия модуля (см. формулы для полной мощности и сопротивления в Приложении 1). При этом по оси R отображается вещественная часть комплекса, а по оси X – мнимая.



31. Характеристики дистанционной защиты

На круговой диаграмме возможно отображение характеристик срабатывания и возврата дистанционных органов микропроцессорных блоков производства НТЦ «Механотроника». Все характеристики заданы во вторичных значениях.



Выбор блока осуществляется в выпадающем списке круговой диаграммы. Блок, как правило, содержит несколько характеристик дистанционных защит. При этом в поле построения круговой диаграммы выводятся все, имеющиеся в данном блоке, характеристики. Снимая галочку напротив наименования характеристики защиты, можно скрыть не нужные в данный момент характеристики. Уставки защит задаются точно таким же образом, как и в блоках микропроцессорных защит. По умолчанию, на характеристике дистанционной защиты отображаются характеристики срабатывания и возврата. При снятии галочки с пункта «Отображать характеристики возврата» характеристики возврата скрываются.

Если в перечне блоков отсутствует интересующий вас блок, свежую версию библиотеки характеристик дистанционных защит можно скачать с web-сайта НТЦ «Мехатроника» по адресу www.mtrele.ru и скопировать в каталог программы FastView, заменив файл FastView.fvb.

Кнопка «Перезагрузить базы характеристик» предназначена для считывания из каталога программы актуальных характеристик, без предварительного закрытия программы.

По умолчанию отображаются все расчетные точки, расположенные между двумя вертикальными визирами. При снятии выделения с пункта меню: «Диапазон между визирами» происходит отображение точек из всего временного диапазона осциллограммы. Положение основного и вспомогательного визиров отображается красным и синим крестиками, соответственно.

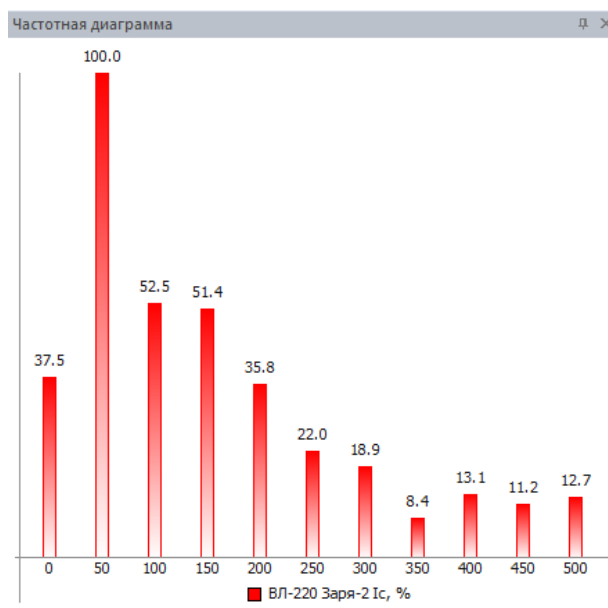
Масштабирование осуществляется автоматически. Координаты границ отображаются в середине сторон области построения. В левом нижнем углу показана цена деления единичного координатного квадрата, который определяет масштаб всей области построения. Изменение масштаба осуществляется вращением колесика мыши с нажатой клавишей Ctrl.

Перемещение по вертикали и горизонтали выполняется вращением колесика мыши (по горизонтали – с клавишей Shift) или перемещением полос прокрутки.

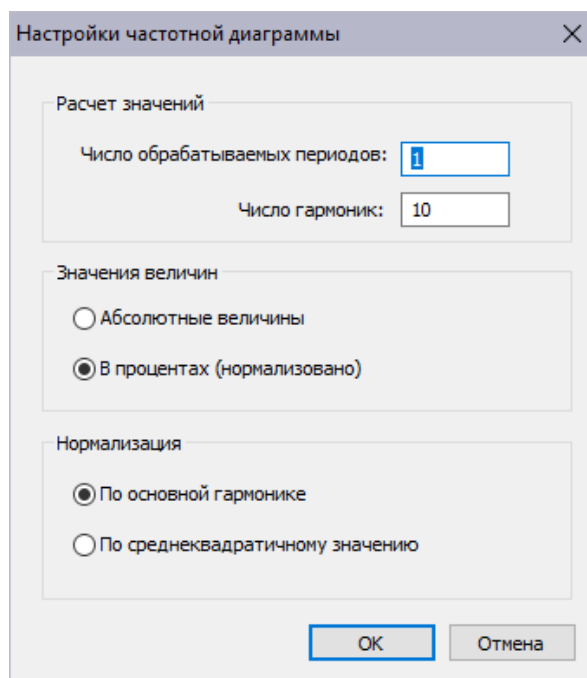
При выборе опции «Показывать вещественную и мнимую части» в табличном виде отображаются текущие расчетные значения каналов в формате вещественной и мнимой части, соответствующие первому вертикальному визиру. При выборе опции «Показывать действующее значение и угол» в табличном виде отображаются текущие расчетные значения каналов в формате значения и угла, соответствующие первому вертикальному визиру.

32. Частотная диаграмма

Частотная диаграмма служит для отображения частотных составляющих сигнала, полученного с помощью преобразования Фурье. На диаграмме выводится действующее (абсолютное или нормализованное) значение гармоники, вычисленное за заданное пользователем количество периодов основной частоты. Для настройки частотной диаграммы используется контекстное меню и диалоговое окно настроек.



Настройки диалогового окна позволяют задать количество периодов, за которое вычисляется преобразование Фурье, и количество гармоник, выводимых на графике. При выборе числа периодов больше единицы, рассчитываются субгармонические и интергармонические составляющие спектра.



Соответствия каналов также возможно создать при работе быстрого анализа.

Также на дифференциальной диаграмме возможно отображение характеристик срабатывания и возврата дистанционных и дифференциальных защит микропроцессорных блоков производства НТЦ «Механотроника». Эти характеристики описываются в виде XML-файла с расширением *.fvb. Выбор типа блока осуществляется в выпадающем списке дифференциальной диаграммы.

Кнопка «Перезагрузить базы характеристик» предназначена для считывания из каталога программы актуальных характеристик, без предварительного закрытия программы.

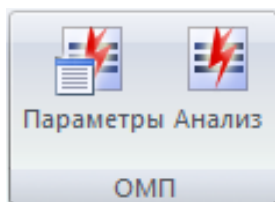
По умолчанию отображаются все расчетные точки, расположенные между двумя вертикальными визирами. При снятии выделения с пункта меню: «Диапазон между визирами» происходит отображение точек из всего временного диапазона осциллограммы. Положение основного и вспомогательного визиров отображается красным и синим крестиками, соответственно.

Масштабирование осуществляется автоматически. Координаты границ отображаются в середине сторон области построения. В левом нижнем углу показана цена деления единичного координатного квадрата, который определяет масштаб всей области построения. Изменение масштаба осуществляется вращением колесика мыши с нажатой клавишей Ctrl.

Перемещение по вертикали и горизонтали выполняется вращением колесика мыши (по горизонтали – с клавишей Shift) или перемещением полос прокрутки.

34. Определение места повреждения (ОМП)

Раздел «ОМП» служит для ввода данных и выполнения определения места повреждения при коротких замыканиях. Ввод исходных данных осуществляется кнопкой «Параметры». Расчет начинается при нажатии кнопки ОК окна ввода данных, или при нажатии кнопки «Анализ».

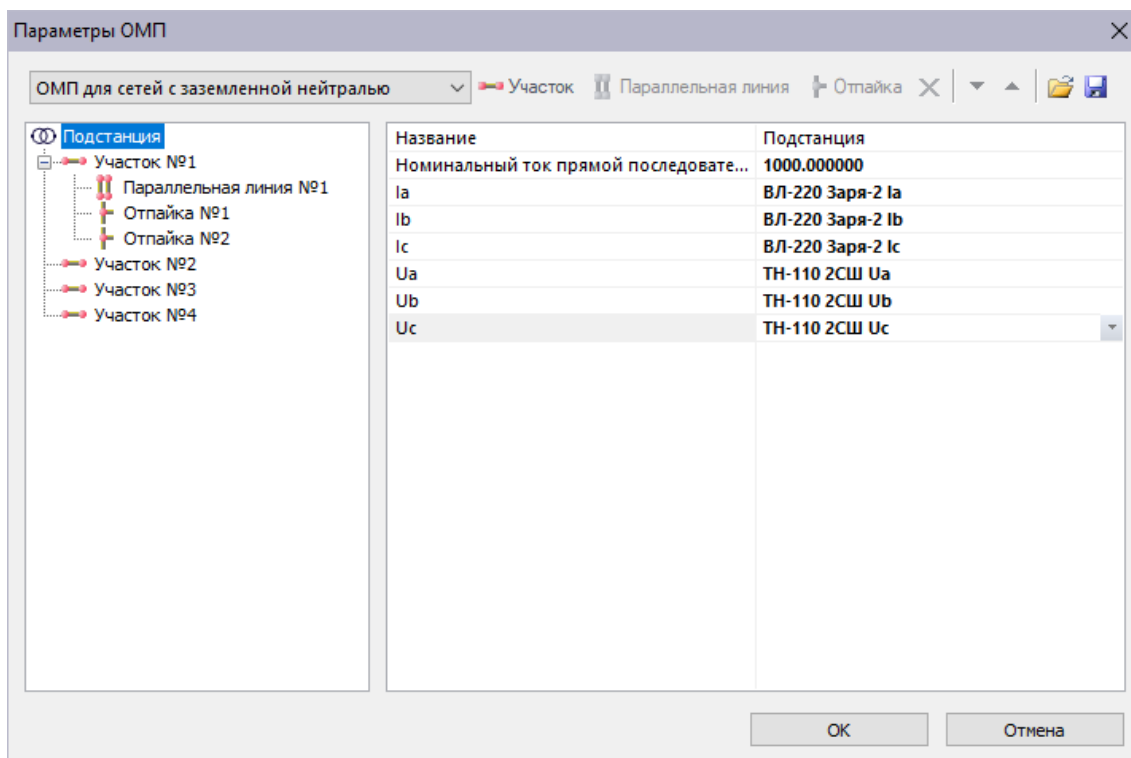


35. Ввод данных ОМП

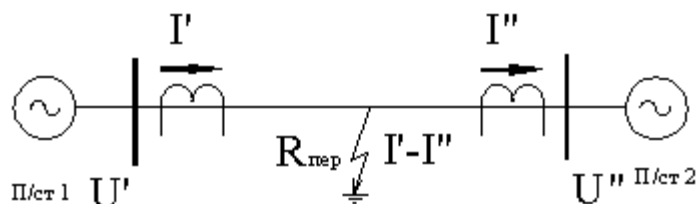
При нажатии кнопки «Параметры» открывается окно ввода данных для определения места повреждения. Выпадающий список в левом верхнем углу служит для выбора алгоритма ОМП. Кнопки на панели инструментов позволяют добавлять и удалять элементы, перемещать их вверх и вниз, а также сохранять и загружать их в виде файла.

В левой части окна расположено дерево элементов сети, в правой – свойства выделенного элемента. Некоторые свойства элемента являются названиями каналов. В случае отсутствия требуемого канала в файле осциллограммы, возможно использование расчетных каналов.

При расчете переключатель «Первичные значения-Вторичные значения» должен находиться в положении – «Первичные значения».



Условно положительные направления токов принимаются в соответствии со следующим рисунком:



Метод ОМП для сетей с изолированной нейтралью используется для определения места повреждения для сетей 6, 10,35 кВ. Отличительной особенностью этих сетей являются малые токи замыкания на землю, по которым трудно определить место повреждения. Поэтому расчётными видами коротких замыканий являются двухфазные и трехфазные КЗ. Неоднородность линии по длине учитывается разбиением линии на однородные участки. Достоверность результата ОМП (и выбор участка осциллограммы) определяется алгоритмом автоматически путем анализа комплексного показателя достоверности.

В сетях 110-220 кВ токи однофазные короткие замыкания – наиболее распространенный вид повреждения, так же эти сети характеризуются значительной величиной токов однофазных коротких замыканий. В программе реализованы алгоритмы с использованием данных с одной стороны линии – метод одностороннего замера и алгоритмы с использованием данных с двух концов линии – метод двустороннего замера. Достоверность результата ОМП (и выбор участка осциллограммы) определяется алгоритмом автоматически путем анализа комплексного показателя достоверности.

36. Метод одностороннего замера

Определение места повреждения по параметрам аварийного режима реализуется на дистанционном принципе. Расчет расстояния до места повреждения для схемы, изображенной на рисунке, производится согласно следующему выражению:

$$U' = I' \cdot Z_{\gamma\delta} \cdot l_{кз} + (I' - I'') \cdot R_{пер} \quad (1)$$

Необходимо избавиться от второго слагаемого, для этого поделим все выражение на ток $I_{пол}$, совпадающий по направлению с током через переходное сопротивление.

$$\frac{U'}{I_{пол}} = \frac{I' \cdot Z_{уд} \cdot l_{кз}}{I_{пол}} + \frac{(I' - I'') \cdot R}{I_{пол}} \quad (2)$$

Исходя из того, что дуга имеет лишь активное сопротивление и токи $I_{пол}$ и $(I' - I'')$ сонаправлены можно сделать вывод, что мнимая часть второго слагаемого выражения (2) равна нулю, тогда:

$$\text{Im} \left[\frac{U'}{I_{пол}} \right] = \text{Im} \left[\frac{I' \cdot Z_{уд} \cdot l_{кз}}{I_{пол}} \right] + \text{Im} \left[\frac{(I' - I'') \cdot R}{I_{пол}} \right] = \text{Im} \left[\frac{I' \cdot Z_{уд} \cdot l_{кз}}{I_{пол}} \right] \quad (3)$$

Отсюда расстояние до места повреждения:

$$l = \frac{\text{Im}[U' / I_{пол}]}{\text{Im}[I' \cdot Z_{уд} / I_{пол}]} \quad (4)$$

Для однофазных коротких замыканий формула (4) приобретает вид:

$$l_{кз} = \frac{\text{Im}[U_{\phi} / I_0]}{\text{Im}[(I_{\phi} + kI_0) \cdot Z_{1уд} / I_0]} \quad (5)$$

Для многофазных коротких замыканий:

$$l_{кз} = \frac{\text{Im}[(U_b - U_c) / (I_b - I_c)]}{\text{Im}(Z_{1уд})} \quad (6)$$

где $\underline{U}_{\phi}, \underline{U}_b, \underline{U}_c$ – напряжения поврежденных фаз;

$\underline{I}_{\phi}, \underline{I}_b, \underline{I}_c$ – токи поврежденных фаз.

1) Учет влияния параллельных линий

Токи нулевой последовательности наводят ЭДС взаимной индукции:

$$E_{\parallel} = I_{0\parallel} \cdot Z_m, \text{ где } Z_m \text{ – сопротивление взаимной индукции параллельных линий.}$$

В программе FastView для каждого участка возможно задание неограниченного количества параллельных линий, которые характеризуются значением удельного сопротивления взаимной индукции и током нулевой последовательности. Канал тока нулевой последовательности можно получить (скопировав и синхронизировав) из осциллограмм, считанных с защит параллельных линий. Программа FastView позволяет синхронизировать и объединять осциллограммы токов и напряжений, записанных различными устройствами.

2) Учет влияния отпаяк

Сопротивление отпаяк в схеме нулевой последовательности равно сопротивлению линии и трансформаторов нулевой последовательности. В отличие от сопротивления нагрузки это сопротивление соизмеримо с сопротивлениями других элементов сети. Необходим учет отпаек части тока нулевой последовательности на отпайку. В программе FastView отпайки учитываются разбиением линии в точке присоединения отпайки. Количество отпаяк неограниченно.

При значительной неоднородности систем с двух сторон от места короткого замыкания поляризующий ток не совпадает по направлению с током через переходное сопротивление, вследствие этого появляется ошибка, см. формулу (3)

$$\Delta Z = \operatorname{Im} \left[\frac{I_{\text{пер}} \cdot R}{I_{\text{пол}}} \right]$$

В программе FastView реализован алгоритм коррекции поляризующего тока по известным параметрам схемы нулевой последовательности с противоположной стороны.

Так в распределительных сетях 110-220 кВ параметры системы для нулевой последовательности с приемной стороны известны, численно равны сопротивлению нулевой последовательности трансформаторов с заземленными нейтралью. Для работы алгоритма коррекции необходимо задать сопротивление нулевой последовательности трансформаторов в параметрах отпайки последнего участка линии.

При переменном характере параметров схемы нулевой последовательности рекомендуется применять ОМП двустороннего замера, где переходное сопротивление исключается из уравнений.

37. Метод двустороннего замера

Для схемы, изображенной на рисунке, запишем уравнения, справедливые для двустороннего замера.

$$U' = I' \cdot Z_{y0} \cdot l + (I' - I'') \cdot R; \quad (7)$$

$$U'' = -I'' \cdot Z_{y0} \cdot (L - l_{кз}) + (I' - I'') \cdot R \quad (8)$$

Из уравнений (7) и (8) видно:

$$U' - I' \cdot Z_{y0} \cdot l_{кз} = U'' + I'' \cdot Z_{y0} \cdot (L - l_{кз}); \quad (9)$$

$$l_{кз} = \frac{U' - U'' - I'' \cdot Z_{y0} \cdot L}{I' + I''} \quad (10)$$

Данный метод получил ограниченное распространение из-за необходимости получения синхронизированных данных с двух сторон линии. Но в связи с внедрением технологий передачи данных в электроэнергетику может получить развитие, так как теоретически позволяет исключить переходное сопротивление из уравнений.

Современные системы АСУ ТП не обеспечивают достаточную для расчета по комплексным величинам точность синхронизации, поэтому программа FastView снабжена алгоритмами синхронизации и дополнительной коррекции данных объединяемых осциллограмм. Данный алгоритм позволяет устранить ошибку при рассогласовании между сторонами, при которой интегральные параметры режима не успели существенно измениться. (см. объединение осциллограмм).

38. ОМП сетей с изолированной нейтралью

Данный алгоритм предназначен для определения места короткого замыкания в сетях с изолированной нейтралью и предусматривает учет неоднородности линии по длине. Для этого линия разбивается на конечное количество однородных участков.

Исходные аналоговые сигналы: Токи фаз: Ia, Ib, Ic, линейные напряжения: Uab, Ubc, Uca.

Уставки:

Свойства линии

Номинальный ток прямой последовательности, A – первичное значение номинального тока линии, характеризует нормальный режим работы линии.

Свойства участков

Длина участка – длина участка в километрах;

Число опор – количество опор. Первая опора участка соответствует опоре, стоящей в пролете от начала линии. Соответственно, количество опор на участке на одну больше количества пролетов.

R удельное (Ом/км) – удельное активное сопротивление прямой последовательности

X удельное (Ом/км) – удельное реактивное сопротивление прямой последовательности

Комментарий – поле, выделенное для дополнительной информации.

39. ОМП сетей с заземленной нейтралью

Алгоритм предназначен для определения места короткого замыкания в сетях с заземленной нейтралью и учитывает неоднородности линии по длине, наличие отпайек и параллельных линий. Линия разбивается на конечное количество однородных участков, характеризующихся удельными сопротивлениями прямой и нулевой последовательностей. Отпайки учитываются разбиением линии в точке присоединения отпайки. При этом отпайка является элементом предшествующего участка. Учет параллельной линии ведется на участках, которые имеют индуктивную связь с этой параллельной линией.

При добавлении на последнем участке отпайки принимается, что сопротивление нулевой последовательности отпайки равно сопротивлению нулевой последовательности системы со стороны подстанции 2. После расчета расстояния до места короткого замыкания вычисляется токорапределение нулевой последовательности и с учетом этого происходит перерасчет расстояния. Рекомендуется для распределительных сетей 110 кВ, характеризующихся большим различием систем с приемной и передающей стороны. Для таких сетей сопротивления системы нулевой последовательности с приемной стороны известны, численно равны сопротивлению нулевой последовательности трансформаторов с заземленными нейтральями.

Исходные аналоговые сигналы: Токи фаз: I_a, I_b, I_c , фазные напряжения: U_a, U_b, U_c , токи нулевой последовательности параллельных линий. Для учета взаимоиנדукции с параллельной линией необходим ток нулевой последовательности параллельной линии. Канал тока нулевой последовательности параллельной линии можно взять из осциллограммы, записанной защитой соседнего присоединения. Слияние осциллограмм осуществляется с помощью опции «Объединение осциллограмм».

Уставки:

Свойства линии

Номинальный ток прямой последовательности, A – первичное значение номинального тока линии, характеризует нормальный режим работы линии.

Свойства участков

Длина участка – длина участка в километрах;

Число опор – количество опор. Первая опора участка соответствует опоре, стоящей в пролете от начала линии. Соответственно, количество опор на участке на одну больше количества пролетов.

$R1$ удельное (Ом/км) – удельное активное сопротивление прямой последовательности;

$X1$ удельное (Ом/км) – удельное реактивное сопротивление прямой последовательности;

$R0$ удельное (Ом/км) – удельное активное сопротивление нулевой последовательности;

$X0$ удельное (Ом/км) – удельное реактивное сопротивление нулевой последовательности;

Комментарий – поле, выделенное для дополнительной информации.

Свойства отпаяк

R_0 (Ом) – активное сопротивление прямой последовательности;
 X_0 (Ом) – реактивное сопротивление прямой последовательности;
Комментарий – поле, выделенное для дополнительной информации.

Свойства параллельных линий

X_m удельное, Ом/км – удельное реактивное сопротивление взаимоиндукции;
 R_m удельное, Ом/км – удельное активное сопротивление взаимоиндукции;
Комментарий – комментарий к параллельной линии.
 I_0 – ток нулевой последовательности параллельной линии, аналоговый канал.

40. ОМП двустороннего замера

Алгоритм предназначен для определения места короткого замыкания в сетях с заземленной нейтралью по методу двустороннего замера, и учитывает неоднородности линии по длине, наличие отпаяк и параллельных линий. Линия разбивается на конечное количество однородных участков, характеризующихся удельными сопротивлениями прямой и нулевой последовательностей. Отпайки учитываются разбиением линии в точке присоединения отпайки. При этом отпайка является элементом предшествующего участка. Учет параллельной линии ведется на участках, которые имеют индуктивную связь с этой параллельной линией.

Для расчета необходимы данные с двух сторон линии: токи I_a , I_b , I_c , напряжения U_a , U_b , U_c , токи нулевой последовательности параллельных линий.

Аналоговые каналы токов и напряжений должны содержаться в одной осциллограмме. Для слияния осциллограмм можно воспользоваться опцией Объединение осциллограмм.

Уставки:

Свойства линии

Номинальный ток прямой последовательности, A – первичное значение номинального тока линии, характеризует нормальный режим работы линии.

Свойства участков

Длина участка – длина участка в километрах;
Число опор – количество опор. Первая опора участка соответствует опоре, стоящей в пролете от начала линии. Соответственно, количество опор на участке на одну больше количества пролетов.
 R_1 удельное (Ом/км) – удельное активное сопротивление прямой последовательности;
 X_1 удельное (Ом/км) – удельное реактивное сопротивление прямой последовательности;
 R_0 удельное (Ом/км) – удельное активное сопротивление нулевой последовательности;
 X_0 удельное (Ом/км) – удельное реактивное сопротивление нулевой последовательности;
Комментарий – поле, выделенное для дополнительной информации.

Свойства отпаяк

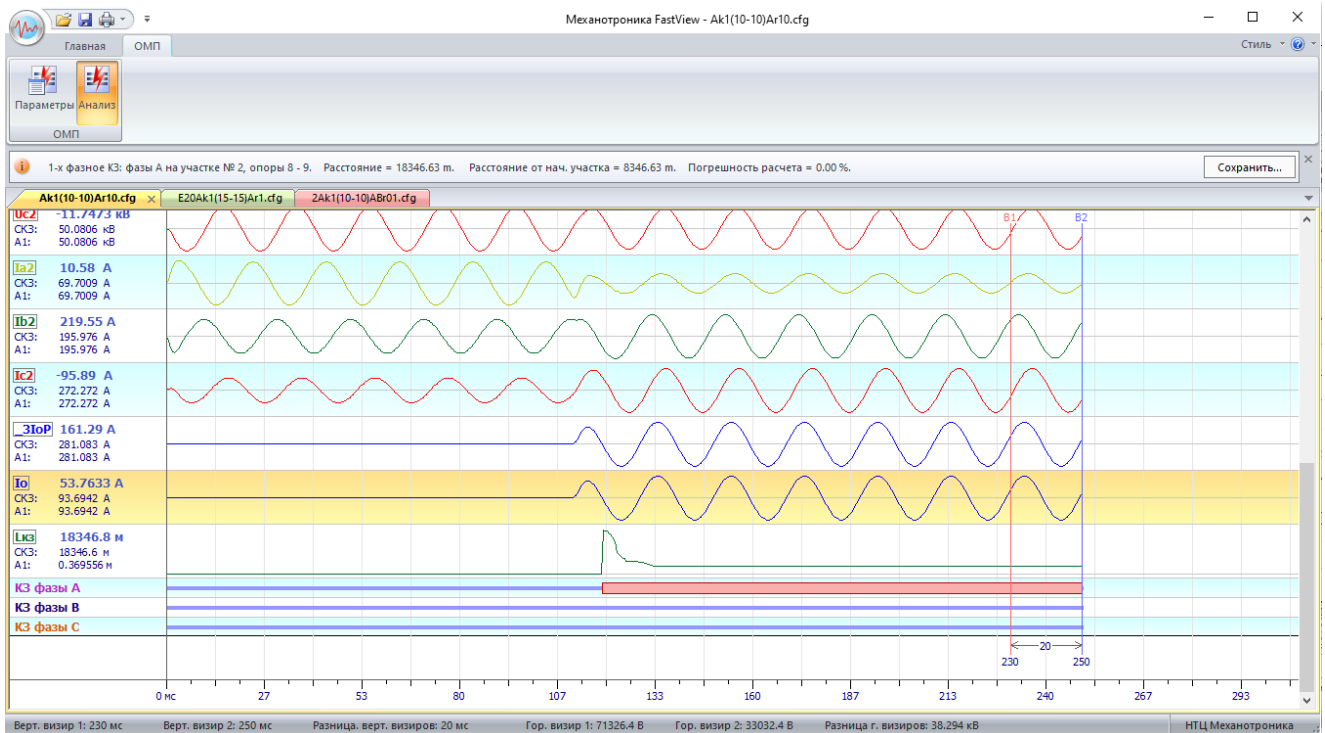
R_0 (Ом) – активное сопротивление прямой последовательности;
 X_0 (Ом) – реактивное сопротивление прямой последовательности;
Комментарий – поле, выделенное для дополнительной информации.

Свойства параллельных линий

X_m удельное, Ом/км – удельное реактивное сопротивление взаимоиндукции;
 R_m удельное, Ом/км – удельное активное сопротивление взаимоиндукции;
Комментарий – комментарий к параллельной линии.
 I_0 – ток нулевой последовательности параллельной линии, аналоговый канал.

41. Определение места повреждения, локализация участка на осциллограмме

При нажатии кнопки «Анализ» выполняется определение места повреждения. Результат отображается в текстовом и графическом виде. В случае необходимости возможно сохранение результатов в текстовом файле.



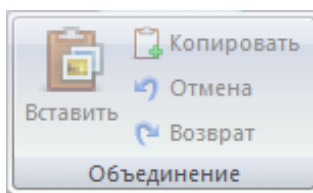
При этом появляется панель с результатами расчета, а также добавляются графики с расстоянием до места повреждения и изображением фаз, участвовавших в замыкании. Результаты расчета включают в себя вид короткого замыкания, поврежденные фазы, расстояния от начала ЛЭП и начала участка, погрешность и номер опоры. Отображаемая при этом погрешность является погрешностью расчета, и не включает в себя погрешности измерения.

На участок осциллограммы аварийного процесса, обладающий наибольшей достоверностью результата, автоматически устанавливаются вертикальные визеры. Достоверность результата ОМП (и выбор участка осциллограммы) определяется алгоритмом автоматически путем анализа комплексного показателя достоверности. В случае сложных (многократных) замыканий, визеры могут быть передвинуты пользователем на другой интересующий участок осциллограммы, при этом данные для расчета места повреждения будут взяты из интервала между визирами.

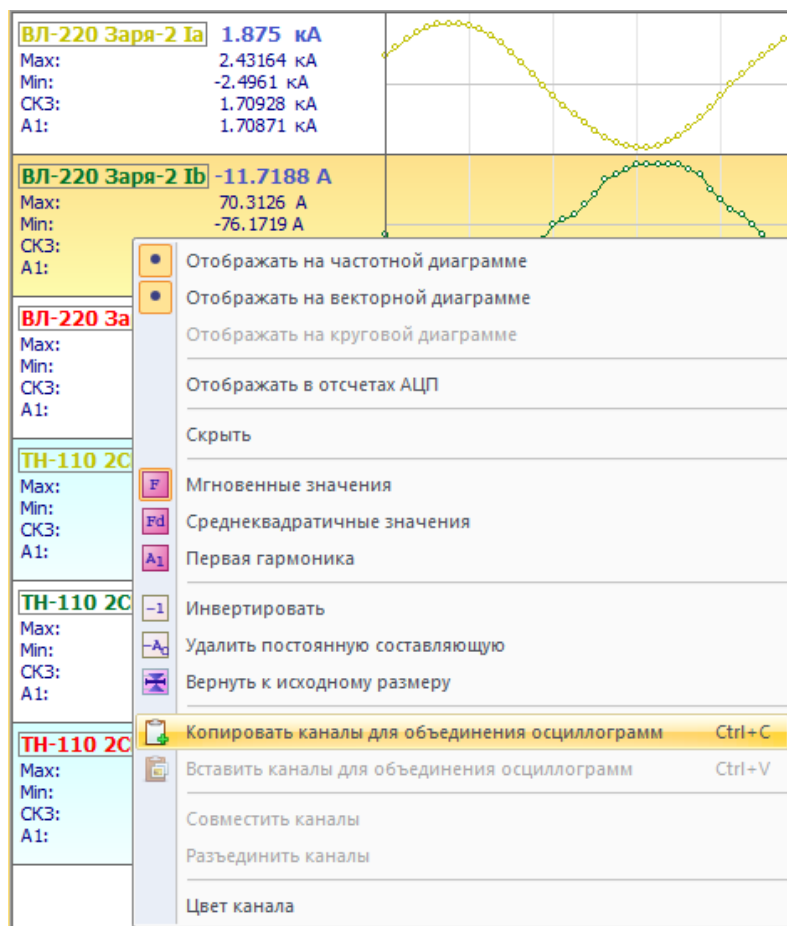
42. Объединение осциллограмм

Одновременное выделение каналов возможно следующим сочетанием: Shift + левая клавиша мыши (выделение диапазона), либо Ctrl + левая клавиша мыши (поочередное выделение).

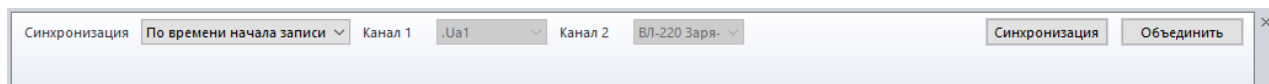
Для начала объединения необходимо скопировать требуемые каналы из одной осциллограммы в другую командами «Копировать» и «Вставить» на панели инструментов, клавишами Ctrl+C и Ctrl+V, кнопками на панели инструментов.



Либо командами контекстного меню: «Копировать каналы для слияния» и «Вставить каналы для слияния».



После вставки требуемых каналов появляется панель слияния осциллограмм:



Синхронизацию осциллограмм можно произвести в ручном режиме, перемещая вставленные каналы мышью, или воспользоваться синхронизацией по аварийной составляющей или доаварийному режиму. По нажатию кнопки «Объединить» происходит объединение каналов в единый файл.

При синхронизации по аварийной составляющей необходимо совместить осциллограммы с точностью в половину периода, выбрать каналы для синхронизации и установить красный визир в точку доаварийного режима. Метод используется для точной синхронизации по идентичным каналам осциллограмм, например по напряжению на шинах подстанции. Метод производит подстройку фаз каналов синхронизации.

При синхронизации по доаварийному режиму необходимо совместить осциллограммы с точностью в половину периода, выбрать каналы для синхронизации и установить красный визир в точку начала переходного процесса. Метод производит поиск участков нарушения стационарности и их совмещение.

Приложение 1. Математический аппарат. Формулы для вычисления расчетных каналов

43. Математический аппарат

При описании математического аппарата используются следующие обозначения:

$f(t)$ – мгновенное значение аналогового сигнала

$f(t) \Rightarrow \dot{F}^{(1)}$ – отображение сигнала в комплексной плоскости

$T = 1 / f_0$ – период напряжения основной частоты

Число точек на период одинаково для всей осциллограммы и вычисляется по формуле:

$N = f_d / f_0$, где

f_d – частота дискретизации

f_0 – частота сети

Используемые программой f_d и f_0 отображаются в окне «Параметры осциллограммы»

Существует две формы записи комплексного числа (в программе используются обе):

1) $\dot{F}^{(1)} = \text{Re}(\dot{F}^{(1)}) + j \cdot \text{Im}(\dot{F}^{(1)})$

2) $\dot{F}^{(1)} = F^{(1)} \cdot e^{j\psi}$, где

$\text{Re}(\dot{F}_a^{(1)})$ – действительная часть комплексного числа

$\text{Im}(\dot{F}_a^{(1)})$ – мнимая часть комплексного числа

$F^{(1)} = |\dot{F}^{(1)}|$ – модуль комплексного числа

Ψ – фаза

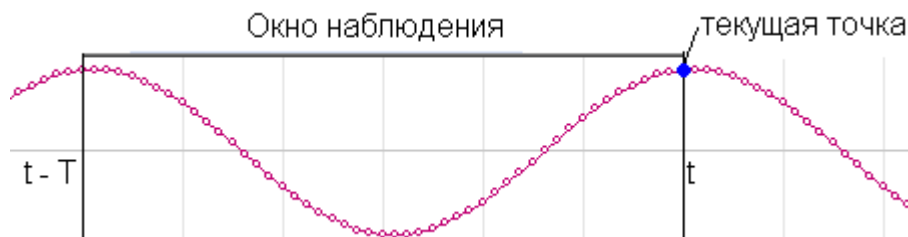
$F^{*(1)} = \text{Re}(\dot{F}^{(1)}) - j \cdot \text{Im}(\dot{F}^{(1)})$ – комплексно-сопряженное число

Как правило, частотный спектр сигнала, не ограничивается лишь первой гармоникой, поэтому вводятся в рассмотрение высшие гармоники, а для анализа на частотной диаграмме и субгармонические и интергармонические составляющие.

$\dot{F}_a^{(k)}$ – комплексное значение k -той гармоники

$F^{(k)} = |\dot{F}^{(k)}|$ – действующее значение k -той гармоники

Перевод сигнала в комплексную область осуществляется через дискретное преобразование Фурье. Окно наблюдения, из которого берутся данные для расчета сдвинуто относительно расчетной точки в область прошлого.



$T = 1 / f_0$ – период напряжения основной частоты.

44. Формулы для вычисления расчетных каналов

Для работы с расчетными каналами имеется набор стандартных общих и электротехнических формул.

45. Формула

Позволяет задавать необходимые формулы непосредственно в текстовом виде.

Выполняемые операции:

- «+» – сложение;
- «-» – вычитание;
- «*» – умножение;
- «/» – деление;
- «mod:()» – определение модуля;
- «sqrt:()» – вычисление квадратного корня;
- «x^n» – вычисление степени;
- «sin:()» – вычисление синуса;
- «cos:()» – вычисление косинуса;
- «tg:()» – вычисление тангенса;
- «ctg:()» – вычисление котангенса;

Все операции выполняются последовательно для каждого отсчета осциллограммы.

46. Анализ сигнала

Раздел «Анализ сигнала» содержит формулы для вычисления характеристик отдельных сигналов.

Угол

Формула определяет текущие значения абсолютного угла первой гармоники канала в градусах. Рассчитывается как аргумент комплексного числа, рассчитанного по дискретному преобразованию Фурье.

$$\psi(t) = \arg(\dot{F}^{(1)}) \cdot 180 / \pi$$

Косинус угла между U_ф и I_ф

Вычисление косинуса фазового угла между векторами фазного напряжения U_ф и фазного тока I_ф.

$$\cos \phi = \cos(\psi_{U_{\phi}^{(1)}} - \psi_{I_{\phi}^{(1)}})$$

Угол между сигналами

Вычисление угла между векторами.

$$\varphi = \arg(F_1^{(1)}) - \arg(F_2^{(1)})$$

Среднеквадратичное значение функции (СКЗ)

Определение среднеквадратичного значения функции за время равное одному периоду основной частоты.

$$СКЗ(t) = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t-T}^t f(t)^2 dt}, где$$

$T = 1 / f_0$ – период напряжения основной частоты.

Окно наблюдения лежит слева от точки, для которой производится расчет. Его длина равна одному периоду промышленной частоты.

Действующее значение гармоники.

Вычисление действующего значения k-ой гармоники сигнала по дискретному преобразованию Фурье за время равное одному периоду сигнала.

Окно наблюдения лежит слева от точки, для которой производится расчет. Его длина равна одному периоду основной частоты.

Постоянная составляющая.

Вычисление постоянной составляющей сигнала за период промышленной частоты.

$$F_{const}(t) = \frac{1}{T} \int_{t-T}^t f(t) dt, \text{ где}$$

$T = 1/f_0$ – период напряжения основной частоты.

Окно наблюдения лежит слева от точки, для которой производится расчет. Его длина равна одному периоду основной частоты.

Аварийная составляющая.

Вычисление аварийной составляющей, равной среднеквадратичному значению второй производной сигнала. Характеризует нарушения стационарности сигнала.

$$Av.Cosc(t) = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t-T}^t [f(t) - 2 \cdot f(t-T) + f(t-2 \cdot T)]^2 dt, \text{ где}}$$

$T = 1/f_0$ – период сигнала.

Окно наблюдения лежит слева от точки, для которой производится расчет. Его длина равна одному периоду основной частоты. Для вычисления необходимо не менее двух периодов.

47. Токи

Вычисление тока Ib и симметричных составляющих трехфазной системы токов.

Ток Ib

Вычисление Ib по имеющимся Ia, Ic, по выбору 3Io.

$$i_b = 3i_0 - (i_a + i_c), \text{ где}$$

$3i_0, i_a, i_b, i_c$ – мгновенные значения токов.

Если выбрано: не учитывать $3i_0$, оно принимается равным 0.

Ток 3Io

Вычисление действующего значения трехкратного тока нулевой последовательности первой гармоники 3Io по методу симметричных составляющих.

$$3I_0^{(1)} = \left| \dot{I}_a^{(1)} + \dot{I}_b^{(1)} + \dot{I}_c^{(1)} \right|$$

Ток I1

Вычисление действующего значения тока прямой последовательности первой гармоники I1 по методу симметричных составляющих.

$$I_1^{(1)} = \left| 1/3 \cdot (\dot{I}_a^{(1)} + a \cdot \dot{I}_b^{(1)} + a^2 \dot{I}_c^{(1)}) \right|, \text{ где}$$

$a = e^{j\frac{2\pi}{3}}$ – трехфазный оператор, осуществляющий поворот вектора на 120° против часовой стрелки.

Ток I2

Вычисление действующего значения тока обратной последовательности первой гармоники I2 по методу симметричных составляющих.

$$I_2^{(1)} = \left| \frac{1}{3} \cdot (I_a^{(1)} + a^2 \cdot I_b^{(1)} + a \cdot I_c^{(1)}) \right|, \text{ где}$$

$a = e^{j\frac{2\pi}{3}}$ – трехфазный оператор, осуществляющий поворот вектора на 120° против часовой стрелки.

48. Напряжения

Вычисление неизвестных линейных и фазных напряжений и симметричных составляющих трехфазной системы напряжений.

Линейные напряжения

Вычисление линейных напряжений Uab, Ubc, Uca по имеющимся фазным или линейным напряжениям

Расчет линейных напряжений по фазным величинам:

$$U_{\text{лин}} = U_{\text{фазн.1}} - U_{\text{фазн.2}}$$

Пример.

$$U_{\text{фазн.1}} = U_a, U_{\text{фазн.2}} = U_b, \text{ тогда}$$

$$U_{\text{лин}} = U_{\text{фазн.1}} - U_{\text{фазн.2}} = U_a - U_b = U_{ab}$$

Расчет линейных напряжений по линейным величинам:

$$U_{\text{лин}} = -(U_{\text{лин.1}} + U_{\text{лин.2}})$$

Пример.

$$U_{\text{лин.1}} = U_{ab}, U_{\text{лин.2}} = U_{bc}, \text{ тогда}$$

$$U_{\text{лин}} = -(U_{\text{лин.1}} + U_{\text{лин.2}}) = -(U_{ab} + U_{bc}) = U_{ca}$$

Фазные напряжения

Вычисление фазных напряжений Ua, Ub, Uc по имеющимся линейным напряжениям и напряжению 3U0, а также значениям коэффициентов трансформации входных каналов Uab и 3U0 (Ктр Ul, Ктр 3U0).

$$U_a = \frac{1}{3}(2 \cdot U_{ab} + U_{bc} + 3U_0 \cdot \frac{K_{mp-3U_0}}{K_{mp-Ul}})$$

$$U_b = \frac{1}{3}(-U_{ab} + U_{bc} + 3U_0 \cdot \frac{K_{mp-3U_0}}{K_{mp-Ul}})$$

$$U_c = \frac{1}{3}(-U_{ab} - 2 \cdot U_{bc} + 3U_0 \cdot \frac{K_{mp-3U_0}}{K_{mp-Ul}})$$

Симметричные составляющие

Вычисление действующих значений симметричных составляющих первой гармоники напряжений.

Напряжение 3U₀

Вычисление действующего значения трехкратного напряжения нулевой последовательности первой гармоники 3U₀ по методу симметричных составляющих.

$$3U_0^{(1)} = \left| (\dot{U}_a^{(1)} + \dot{U}_b^{(1)} + \dot{U}_c^{(1)}) \right|$$

Напряжение U₁

Вычисление действующего значения напряжения прямой последовательности первой гармоники U₁ по методу симметричных составляющих.

$$U_1^{(1)} = \left| 1/3 \cdot (\dot{U}_a^{(1)} + a \cdot \dot{U}_b^{(1)} + a^2 \cdot \dot{U}_c^{(1)}) \right| \quad \text{– по фазным напряжениям}$$

$$U_1^{(1)} = \left| 1/3 \cdot (\dot{U}_{ab}^{(1)} - a^2 \cdot \dot{U}_{bc}^{(1)}) \right| \quad \text{– по линейным напряжениям}$$

$a = e^{j\frac{2\pi}{3}}$ – трехфазный оператор, осуществляющий поворот вектора на 120° против часовой стрелки.

Напряжение U₂

Вычисление действующего значения напряжения обратной последовательности первой гармоники U₂ по методу симметричных составляющих.

$$U_2^{(1)} = \left| 1/3 \cdot (\dot{U}_a^{(1)} + a^2 \cdot \dot{U}_b^{(1)} + a \cdot \dot{U}_c^{(1)}) \right| \quad \text{– по фазным напряжениям}$$

$$U_2^{(1)} = \left| 1/3 \cdot (\dot{U}_{ab}^{(1)} - a \cdot \dot{U}_{bc}^{(1)}) \right| \quad \text{– по линейным напряжениям}$$

$a = e^{j\frac{2\pi}{3}}$ – трехфазный оператор, осуществляющий поворот вектора на 120° против часовой стрелки.

Напряжение неисправности цепей напряжения (У_{нцн}).

Напряжение неисправности цепей напряжения. Высокий уровень сигнала У_{нцн} характеризует нарушение целостности цепей напряжения.

$$U_{нцн}^{(1)} = \left| \dot{U}_{\phi 1} + \dot{U}_{\phi 2} - \dot{U}_{\text{особая фаза}} + \frac{(\dot{U}_{НИ} - \dot{U}_{ИК})}{\sqrt{3}} \right|, \text{ где}$$

$\dot{U}_{\text{особая фаза}}$ – напряжение особой фазы трансформатора напряжения (заземленной фазы трансформатора напряжения);

$\dot{U}_{\phi 1}, \dot{U}_{\phi 2}$ – напряжение не особых фаз трансформатора напряжения;

$\dot{U}_{НИ}, \dot{U}_{ИК}$ – напряжения на зажимах НИ и ИК разомкнутого треугольника трансформатора напряжения.

49. Мощности

Вычисление полной, активной и реактивной мощности как отдельных фаз, так трехфазной цепи.

50. Коэффициент мощности

Вычисление коэффициента мощности ($\cos(\varphi)$).

$$S_{\phi}^{(1)} = \frac{\operatorname{Re}(S^{(1)})}{|S^{(1)}|}$$

51. Фазная

Вычисление полной, активной и реактивной мощности отдельной фазы.

$$S_{\phi}^{(1)} = |\dot{U}_{\phi}^{(1)} \cdot \dot{I}_{\phi}^{(1)*}| \quad - \text{полная мощность фазы,}$$

$$P_{\phi}^{(1)} = \operatorname{Re}(\dot{U}_{\phi}^{(1)} \cdot \dot{I}_{\phi}^{(1)*}) \quad - \text{активная мощность фазы,}$$

$$Q_{\phi}^{(1)} = \operatorname{Im}(\dot{U}_{\phi}^{(1)} \cdot \dot{I}_{\phi}^{(1)*}) \quad - \text{реактивная мощность фазы.}$$

Трехфазной цепи

Вычисление полной, активной и реактивной мощности трехфазной цепи.

По методу 3-х ваттметров

$$S_{3\phi}^{(1)} = \left| \dot{U}_a^{(1)} \cdot \dot{I}_a^{(1)*} + \dot{U}_b^{(1)} \cdot \dot{I}_b^{(1)*} + \dot{U}_c^{(1)} \cdot \dot{I}_c^{(1)*} \right| \quad - \text{полная мощность трехфазной системы,}$$

$$P_{3\phi}^{(1)} = \operatorname{Re}(\dot{U}_a^{(1)} \cdot \dot{I}_a^{(1)*} + \dot{U}_b^{(1)} \cdot \dot{I}_b^{(1)*} + \dot{U}_c^{(1)} \cdot \dot{I}_c^{(1)*}) \quad - \text{активная мощность трехфазной системы,}$$

$$Q_{3\phi}^{(1)} = \operatorname{Im}(\dot{U}_a^{(1)} \cdot \dot{I}_a^{(1)*} + \dot{U}_b^{(1)} \cdot \dot{I}_b^{(1)*} + \dot{U}_c^{(1)} \cdot \dot{I}_c^{(1)*}) \quad - \text{реактивная мощность трехфазной системы.}$$

По методу 2-х ваттметров

$$S_{3\phi}^{(1)} = \left| \dot{U}_{ab}^{(1)} \cdot \dot{I}_a^{(1)*} - \dot{U}_{bc}^{(1)} \cdot \dot{I}_c^{(1)*} \right| \quad - \text{полная мощность трехфазной системы,}$$

$$P_{3\phi}^{(1)} = \operatorname{Re}(\dot{U}_{ab}^{(1)} \cdot \dot{I}_a^{(1)*} - \dot{U}_{bc}^{(1)} \cdot \dot{I}_c^{(1)*}) \quad - \text{активная мощность трехфазной системы,}$$

$$Q_{3\phi}^{(1)} = \operatorname{Im}(\dot{U}_{ab}^{(1)} \cdot \dot{I}_a^{(1)*} - \dot{U}_{bc}^{(1)} \cdot \dot{I}_c^{(1)*}) \quad - \text{реактивная мощность трехфазной системы.}$$

Внимание! Применимо только для трехпроводных сетей (отсутствует нулевой провод).

52. Сопротивления

Вычисление полного, активного и реактивного сопротивлений.

Фаза-фаза

Вычисление сопротивлений петли фаза-фаза, численно равного отношению линейного напряжения к разности фазных токов.

$$Z_{л}^{(1)} = |\dot{U}_{л12}^{(1)} / (\dot{I}_{\phi1}^{(1)} - \dot{I}_{\phi2}^{(1)})| \quad - \text{полное сопротивление,}$$

$$R_{л}^{(1)} = \operatorname{Re}(\dot{U}_{л12}^{(1)} / (\dot{I}_{\phi1}^{(1)} - \dot{I}_{\phi2}^{(1)})) \quad - \text{активное сопротивление,}$$

$$X_{л}^{(1)} = \operatorname{Im}(\dot{U}_{л12}^{(1)} / (\dot{I}_{\phi1}^{(1)} - \dot{I}_{\phi2}^{(1)})) \quad - \text{реактивное сопротивление.}$$

При вычислении учитывается входной параметр $I_{тр}$, значение которого по умолчанию составляет 0,25 А (вторичные значения). Если разность токов $I_{\phi1}$ и $I_{\phi2}$ меньше $I_{тр}$, то расчетное сопротивление принимается равным INFINITY.

Фаза-земля

Вычисление сопротивлений петли фаза-земля.

$$Z_{\phi o}^{(1)} = |\dot{U}_{\phi}^{(1)} / (\dot{I}_{\phi}^{(1)} + k0 \cdot 3\dot{I}_0^{(1)} + km \cdot 3\dot{I}n_0^{(1)})| \quad - \text{полное сопротивление,}$$

$$R_{\phi o}^{(1)} = \operatorname{Re}[\dot{U}_{\phi}^{(1)} / (\dot{I}_{\phi}^{(1)} + k0 \cdot 3\dot{I}_0^{(1)} + km \cdot 3\dot{I}n_0^{(1)})] \quad - \text{активное сопротивление,}$$

$$X_{\phi 0}^{(1)} = \text{Im}[\dot{U}_{\phi}^{(1)} / (\dot{I}_{\phi}^{(1)} + k0 \cdot 3\dot{I}_0^{(1)} + km \cdot 3\dot{I}_{n0}^{(1)})] \quad - \text{реактивное сопротивление.}$$

По удельным параметрам

$$k0 = \frac{1}{3} \left(\frac{r0 + j \cdot x0}{r1 + j \cdot x1} - 1 \right) \quad - \text{коэффициент компенсации тока нулевой последовательности;}$$

$$km = \frac{1}{3} \left(\frac{rm + j \cdot xm}{r1 + j \cdot x1} \right) \quad - \text{коэффициент компенсации тока нулевой последовательности}$$

параллельной линии;

Настройки:

$r1, x1$ – активное и индуктивное сопротивление линии токам прямой последовательности (по умолчанию 1);

$r0, x0$ – активное и индуктивное сопротивление линии токам нулевой последовательности (по умолчанию 1);

rm, xm – активное и индуктивное сопротивление взаимной индукции с параллельной линией (по умолчанию 0).

$I_{тр}$ – ток точной работы (по умолчанию 0,25 А (вторичные значения)); если ток I_{ϕ} меньше $I_{тр}$, то расчетное сопротивление принимается равным INFINITY).

Входные каналы:

U_{ϕ} – напряжение фазы;

I_{ϕ} – ток фазы;

$3I_0$ – ток нулевой последовательности;

$3I_{n0}$ – ток нулевой последовательности параллельной линии.

По коэффициентам компенсации

$$k0 = K0 \cdot \cos(\Phi0) + j \cdot K0 \cdot \sin(\Phi0)$$

$$km = Km \cdot \cos(\Phi m) + j \cdot Km \cdot \sin(\Phi m)$$

Настройки:

$K0$ – модуль коэффициента компенсации тока $3I_0$;

$\Phi0$ – угол коэффициента компенсации тока $3I_0$;

Km – модуль коэффициента компенсации тока $3I_0$ параллельной линии;

Φm – угол коэффициента компенсации тока $3I_0$ параллельной линии;

$I_{тр}$ – ток точной работы (по умолчанию 0,25 А (вторичные значения)); если ток I_{ϕ} меньше $I_{тр}$, то расчетное сопротивление принимается равным INFINITY).

Входные каналы:

U_{ϕ} – напряжение фазы;

I_{ϕ} – ток фазы;

$3I_0$ – ток нулевой последовательности;

$3I_{n0}$ – ток нулевой последовательности параллельной линии.

53. Дифференциальная защита

Приведение плеч по коэффициенту приведения

$$I_{прив} = I \cdot K_{прив}$$

Приведение плеч по коэффициенту трансформации ТТ

$$I_{\text{прив}} = I \cdot \frac{K_{\text{ТТ}}}{K_{\text{ТТбаз}}}$$

Приведение плеч по мощности

$$I_{\text{прив}} = \frac{I \cdot K_{\text{ТТ}}}{I_{\text{ном}}}$$

$$I_{\text{прив}} = \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}$$

Приведение плеч по номинальному току

$$I_{\text{прив}} = \frac{I \cdot K_{\text{ТТ}}}{I_{\text{ном}}}$$

Учет группы соединений по последовательностям

$$\dot{I}_1 = 1/3 \cdot (\dot{I}_a + a \cdot \dot{I}_b + a^2 \cdot \dot{I}_c)$$

$$\dot{I}_2 = 1/3 \cdot (\dot{I}_a + a^2 \cdot \dot{I}_b + a \cdot \dot{I}_c)$$

$$I_0 = 1/3 \cdot (\dot{I}_a^{(1)} + \dot{I}_b^{(1)} + \dot{I}_c^{(1)})$$

$$I_{\text{ПОВ.А}} = I_1 \cdot e^{j30N} + I_2 \cdot e^{-j30N} + I_0$$

$$I_{\text{ПОВ.В}} = I_1 \cdot e^{j30N} \cdot a^2 + I_2 \cdot e^{-j30N} \cdot a + I_0$$

$$I_{\text{ПОВ.С}} = I_1 \cdot e^{j30N} \cdot a + I_2 \cdot e^{-j30N} \cdot a^2 + I_0$$

Учет группы соединений цифровым треугольником

N=0	N=1	N=11
$I_{\text{ПОВ.А}} = \dot{I}_A$	$I_{\text{ПОВ.А}} = (\dot{I}_A - \dot{I}_B) / \sqrt{3}$	$I_{\text{ПОВ.А}} = (\dot{I}_A - \dot{I}_B) / \sqrt{3}$
$I_{\text{ПОВ.В}} = \dot{I}_B$	$I_{\text{ПОВ.В}} = (\dot{I}_B - \dot{I}_C) / \sqrt{3}$	$I_{\text{ПОВ.В}} = (\dot{I}_B - \dot{I}_C) / \sqrt{3}$
$I_{\text{ПОВ.С}} = \dot{I}_C$	$I_{\text{ПОВ.С}} = (\dot{I}_C - \dot{I}_A) / \sqrt{3}$	$I_{\text{ПОВ.С}} = (\dot{I}_C - \dot{I}_A) / \sqrt{3}$

Дифференциальный ток по сумме токов

$$I_{\text{диф}} = \sum I$$

Ток торможения по сумме модулей токов

$$I_{ТОРМ} = K_{ТОРМ} \cdot \sum |i|$$

Ток торможения по полуразности токов

$$I_{ТОРМ} = K_{ТОРМ} \cdot \sum |i - i'|$$

Ток торможения по максимальному из токов

$$I_{ТОРМ} = \max(|i|)$$