



Company “KruKo” Ltd.  
Russia, Moscow

## **HARDWARE ELECTROPROSPECTING COMPLEX**

*AGE-xxl*

**Комплекс программ обработки и анализа**

**данных электроразведки.**

**(WLF – Wet Line Finding)**

*Версия 3-6.2*

**Изменения и дополнения к руководству пользователя.**

сентябрь 2011 + февраль 2012 + апрель 2012 + июль 2012

### 3. Предварительные этапы обработки и анализа данных.

#### 3.2. Моделирование.

Во всех программах моделирования появилась возможность формирования новой «томографической» модели с автоматическим расчетом сетки глубин (геометрическая прогрессия с коэффициентом  $Kh_{\text{tomo}}$  и задаваемой глубиной). Дополнительные параметры: количество слоев модели (max) и ограничение мощности первого слоя (снизу) – в файле “wlf.ini”.

#### 3.3. Работа с картами. Привязка и проектирование профилей.

**«Service»** - операции по привязке, проектированию и работе с профилями на карте.

**«Информация по профилям»** - операция позволяет вывести на экран справочную информацию об общей длине всех введенных профилей (загруженных из топофайла и спроектированных).

**«Работа с атрибутами»** - работа с атрибутами.

Операция **«Контур»/«По точкам»** позволяет ввести произвольную линию (или контур) по известным координатам ее точек (в рабочей системе координат). В диалоговом окне необходимо ввести через пробел или запятую координаты North и East известных точек линии.

**Важно.** Во всех случаях, когда на экран выводится дирекционный угол в градусах (т.е. при выполнении операции проектирования «вручную», отображении координат положения курсора на экране, отображении информации по профилям/источникам, а также при формировании сводки по БД), имеется в виду угол в пределах  $0-180^\circ$  между северным направлением координатной линии и линией профиля/источника, отсчитываемый по часовой стрелке.

Все операции с явным вводом координат (с использованием диалогового окна **MATLAB**) теперь поддерживают автоматический пересчет из географических координат в прямоугольные. Если вводятся десятичные цифры, считается, что это прямоугольные координаты. Чтобы ввести географические координаты, необходимо придерживаться следующих правил: градусы с десятичными долями вводятся в формате “62.635473d”, градусы с минутами и секундами следует вводить как “68d43m25s”.

Параметры пересчета координат (преобразование геодезических координат и пересчет геодезических координат в плоские прямоугольные) определяются блоком **[coord]** в файле “wlf.ini”.

Параметры исходного и отсчетного (пользовательского) эллипсоидов (большая полуось и сжатие) и 7 параметров трансформации Гелмерта определяют преобразование геодезических координат из одной системы в другую. Если преобразование не требуется, нужно указать одинаковые параметры для двух эллипсоидов и все ‘0’ в параметрах трансформации.

К параметрам расчета проекции относятся: имя функции (см. **MATLAB Map Projections** пакета Mapping Toolbox, напр. ‘tranmerc’ – проекция Гаусса-Крюгера, ‘utm’ – универсальная проекция Меркатора), смещение по NORTH координате, смещение по

EAST координате, а также можно явно указать центральный меридиан зоны в градусах, если оставить значение '[ ]', он будет определен автоматически.

Операция «Добавить профиль»/«АВ из файла» позволяет ввести данные о координатах новых источников поля в случае, если эти данные представимы в терминах «профиль, пикет». В этом случае необходимо заранее подготовить текстовый файл следующего вида:

AB N	Line	PointA	PointB	Size1	Size2
275	119	224	154		
276	119	210	140		
277	119	180	110		
78	110	90	90	3000	1000
79	110	30	30	3000	1000
80	110	50	50	3000	1000

В данном примере первые три строки, содержащие по 4 элемента, определяют наземные АВ (заземленный источник в виде длинной линии). Например, АВ из первой строки имеет номер 275, заземление А расположено на пикете 224 профиля 119, заземление В расположено на пикете 154 профиля 119.

Три последних строки, содержащие по 6 элементов, определяют незаземленные генераторные рамки Q. Например, Q из последней строки имеет номер 80, размер 3000x1000 м, центр рамки расположен на пикете 50 профиля 110, длинная сторона рамки расположена вдоль профиля 110.

Появилась возможность копировать спроектированную в текущем сеансе работы линию (АВ или профиль) или линию АВ из топофайла. При нажатии на указанном объекте правой кнопкой «мыши» возникает окно «Shift». Можно указать дистанцию и азимут для «параллельного переноса» нового объекта. Далее предлагается ввести тип и номер нового спроектированного объекта.

### 3.5. Просмотр полевых данных.

«Service» -

«Таблица свипа» - вывод на экран таблицы свип-сигнала, на котором производилась запись, с возможностью корректировки. Добавилась возможность записи таблицы свипа в текстовый файл по кнопке «Сохранить как текст».

«Сохранить выборку кадров» - возможность сохранения части полевого файла в новый файл. Сохраняется выборка кадров указанной длительности. Необходимо указать перечень (список) номеров кадров, которые будут записаны.

«AutoX», «AutoY» – кнопки осуществляют автоматический подбор масштаба вывода сигналов на экран для координатных осей X, Y. Кроме этого можно вручную ввести необходимые границы для масштабирования.

### 3.6. Обработка полевых данных.

Внесены изменения в формат этикетки полевой записи (введение новых полей) для поддержки новых измерителей AGE-xx1-h, AGE-xx1-4-h и расширения возможностей работы со старыми измерителями AGE-xx1.

В поле «длина MN» для датчиков указывается:

- “1” - датчик IMD-100 на высокой чувствительности (8К, S=200000);
- “2” - датчик ВТЕМ-47 (S=50\*50\*26)
- “8” - датчик IMD-100 на низкой чувствительности (1К, S=25000);
- “3” – датчик IMD-100 на средней чувствительности (2К, S=50000);
- “4” – датчик IMD-100 на рабочей чувствительности (4К, S=100000);
- “5” – датчик IMD-250 (S=250000).

В процедуры обработки полевых данных включен учет ЧХ индукционных датчиков ИМД-100, полученных в процессе выполнении калибровочных записей и получении частотных характеристик датчиков с помощью управляющей программы AGE-T (на низкой чувствительности). В случае обработки материалов ЧЗ производится нормировка параметров Re, Im на ЧХ датчика, в случае обработки материалов ЗС – учет эффективной площади датчика, полученной из записи ЧХ. В файле “wlf.ini” (строка **IMD\_CH\_Path** блока [proc]) должен быть указан путь к реально существующей на компьютере папке с записями ЧХ, например «IMD\_CH\_Path='e:/DATA/IMD-CHINA/all';».

Если программа обработки не находит файлов ЧХ по указанному пути, производится нормировка на одну из двух «стандартных» ЧХ, которые жестко «зашиты» в программе обработки (отдельно для «нового» и «старого» датчика IMD-100). Тип датчика IMD-100 (1 – новый (поставка 2011 г.), 2 – старый (поставка 2005 г.)) в этом случае должен быть указан в файле “wlf.ini” (строка **IMD\_type** блока [proc]).

В списке фильтров обработки появился «**User filter**», т.е. возможность загрузить из файла “\*.mat” коэффициенты заранее спроектированного фильтра. Желамый фильтр можно спроектировать либо в программе просмотра полевых данных, либо в настройках фильтрации программы работы с базой данных.

Для обработки записей тока ГУ в файле “wlf.ini” явно указывается номер канала в записи, который пишет ТОК (и напряжение) (**кроме измерителей AGE-xx1-h**), например «NkanCur=2;», «NkanVol=1;».

### 3.6.1. Обработка полевых материалов ЧЗ.

«Новая» обработка материалов ЧЗ (MATLAB), включает алгоритмы из обработки ЗС (отбраковка плохих периодов и т.п.). Запуск производится по кнопке основного меню **WLF «Обработка полевых данных»/«Данные ЧЗ»/«ЧХ»**.

Дополнительные возможности «новой» обработки ЧЗ:

– можно установить количество и номера гармоник, попадающих в результирующую кривую с каждого периода свипа. Для этого нужно изменить параметр **HarmNum** (файл “wlf.ini”, блок [proc]). По умолчанию параметр установлен в «[1 3 5]», т.е. 1-я, 3-я и 5-я гармоники с каждого периода свипа – как в «старой» обработке ЧЗ. Можно расширить, либо сократить этот список. Для обработки ЧЗ с паузой надо устанавливать «[1 5 9]» и т.п.

– можно отказаться от нормировки результатов на спектр прямоугольника. Для этого нужно установить параметр **KeyFNorm** (файл “wlf.ini”, блок [proc]) в “0”.

– можно выбрать, как и в обработке ЗС, способ обработки записи – либо объем целиком, либо две половины поочередно (в этом случае формируются по два файла результата на каждый обработанный полевой файл, результату обработки первой

половины данных присваивается истинный номер работы, второй половины – номер работы +1000).

– результатом обработки, помимо спектральных характеристик, являются также рассчитанные по частотному диапазону с самым большим периодом сигнала: оценка уровня промышленной помехи (50 Гц), средневзвешенная спектральная оценка уровня низкочастотного шума, смещение «нулевого уровня» накопленного сигнала - по аналогии с обработкой ЗС.

– можно явно указать вид токового импульса (параметр **KeyCur** в файле “wlf.ini”, блок **[proc]**: 1-meander, 2-triangle, 3-sinus). Программа автоматически введет поправки для амплитуды в зависимости от вида тока ГУ.

### 3.6.2. Обработка полевых материалов ЗС.

При обработке полевых файлов большого объема (многоканальных) возможна нехватка памяти, выделяемой MATLAB, для организации в ней массива необходимого объема (ошибка MATLAB «Out of memory»). Для уменьшения требуемого объема памяти можно запускать обработку по каждому каналу записи отдельно. Для этого нужно установить параметр **KEY\_KAN** блока **[proc]** файла “wlf.ini” равным «1».

Особенности обработки полевых данных ЗС (старый измеритель пишет поле, новый пишет ток):

- обработка тока производится обычным порядком;
- обработка полевых записей в случае «старого» формата свипа (длина тока равна длине паузы) производится обычным порядком (по умолчанию параметр **NSQ** блока **[proc]** в файле “wlf.ini” имеет значение «0.5»), в случае произвольной длины тока необходимо явно указать число точек на токе (например, «NSQ=1024»).

В случае, если при обработке ЗС не был включен фильтр «Удаление НЧ тренда», появилась возможность в собранной базе данных по кнопке «Учет уровня "0" для Es» меню «**Form**» к параметру Es применить нужную поправку (параметр  $E_p(3)$ ) для корректирования нулевого уровня сигнала ЭДС.

## 4. Обработка, анализ и интерпретация данных.

Полная информация о поддержке различных измерительных установок процедурами обработки (трансформации, моделирование, инверсия) дается в следующей таблице.

Установка, компонента		Метод ЧЗ				Метод ЗС			
		п/пр.	$\rho_{эфф}$	модель	инверсия	п/пр.	$\rho_{эфф}$	модель	инверсия
АВ-МН	Ex	$\rho, \eta, \tau$	$\rho, \eta$	$h, \rho, \eta, \tau, \lambda$	$h, \rho (\eta)$	$\rho, \eta, \tau$	$\rho, \eta$	$h, \rho, \eta, \tau, \lambda$	$h, \rho$
	Ey	$\rho, \eta, \tau$	$\rho, \eta$	$h, \rho, \eta, \tau, \lambda$	–	–	–	$h, \rho, \eta, \tau, \lambda$	–
	Exy	$\rho, \eta, \tau$	$\rho, \eta$	$h, \rho, \eta, \tau, \lambda$	$h, \rho (\eta)$	–	–	$h, \rho, \eta, \tau, \lambda$	$h, \rho$
АВ-q	Bz, Hz	$\rho$	$\rho$	$h, \rho, \eta, \tau, \lambda$	$h, \rho (\eta)$	$\rho, \eta, \tau$	$\rho, \eta$	$h, \rho, \eta, \tau, \lambda$	$h, \rho$
	Hx, Hy	$\rho$	$\rho$	$h, \rho, \eta, \tau, \lambda$	–	–	–	–	–
Q-q	Bz,	$\rho$	$\rho$	$h, \rho, \eta, \tau, \lambda$	$h, \rho$	$\rho, \eta, \tau$	$\rho$	$h, \rho, \eta, \tau, \lambda$	–

	Hz								
<b>Q-MN</b>	E <sub>xy</sub>	$\rho, \eta, \tau$	$\rho, \eta$	$h, \rho, \eta, \tau, \lambda$	$h, \rho$	–	–	$h, \rho, \eta, \tau, \lambda$	–
<b>AB-MN скваж.</b>	E <sub>r</sub> , E <sub>x</sub>	$\rho, \eta, \tau$	$\rho$	$h, \rho, \eta, \tau$	$h, \rho$	–	–	–	–

#### 4.1. Базы Данных WLF.

##### 4.1.2. Внешние действия с базой данных.

###### «Обслуживание БД...»

Изменения в сборке БД: изменился признак отбраковки канала – было PКТ=999, стал тип компоненты (IDК=9).

###### «Сводка по базе...»

Изменен формат сводки по базе – дополнительно выводится информация по профилям (номер профиля, количество отработанных пикетов на профиле) и по АВ (номер, тип, размер, азимут).

Файл базы данных: CZ\_2007.mat

Количество профилей: 11  
Количество АВ: 28  
Количество параметров: 2  
Количество компонент: 5

```

=====
Компонента                Количество точек (пикетов)
Vz                          1597
Ex                          1598
Ey                          1595
Nx                           54
Iab                          1
=====

```

```

=====
№ профиля    Количество пикетов    Длина, м    Азимут, град.
=====

```

```

0              1              -              -
4              166             27349           340
5              192             17365           95
...
14             50              4539            278
16             131             4520            12
=====

```

```

=====
№ АВ          Тип АВ          Размер, м (м*м)    Азимут, град.
1             Dipole          7845                63
2             Dipole          8022                66
3             Dipole          8185                78
...
27            Dipole          5181                185
28            Dipole          6261                166
=====

```

```

=====
№ периода          Т (с)          1/Т (Гц)
=====

```

= Re =		
1	0.002	500
2	0.002667	374.9531
3	0.0028	357.1429
...		
59	8.192	0.12207
60	16.384	0.061035
= Im =		
1	0.002	500
2	0.002667	374.9531
3	0.0028	357.1429
...		
59	8.192	0.12207
60	16.384	0.061035

---

### 4.3. Редактирование и преобразование данных.

«**EditCurve**» - редактирование данных, представленных на экране в виде набора кривых:

«**Editing**» - включение режима редактирования данных. Появилась возможность вращения выделенного «объекта» данных. Включается нажатием «**Ctrl+A**». Затем предлагается выбрать графически центр вращения и изменить угол наклона кривой.

«**АвтоМасшт.**» - автоматическое сжатие или растяжение участка кривой, применяется для редактирования больших отклонений без искажения их формы (при разумном задании крайних точек интервала). Если на экран предварительно выведена кривая «шаблона» (по кнопке «**Показывать шаблон**»), масштабирование данных производится относительно этой кривой.

«**Рсчет ошибки**» - расчет погрешностей для кривых на экране.

Если данные выведены на экран в логарифмическом масштабе по «**Y**», для каждой *i*-й кривой (отдельно для каждого значения аргумента) рассчитывается относительная погрешность в % по формуле:

$$\delta E = \left| \frac{E_i - E_{\text{cp}}}{E_{\text{cp}}} \right| \cdot 100\% \quad , \text{ где } E_{\text{cp}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i .$$

Если данные выведены на экран в линейном масштабе по «**Y**», для каждой *i*-й кривой (отдельно для каждого значения аргумента) рассчитывается абсолютная погрешность (в единицах параметра) по формуле:

$$\Delta E = |E_i - E_{\text{cp}}| \quad , \text{ где } E_{\text{cp}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i .$$

Здесь *n* – количество кривых на экране. Рассчитанные кривые отображаются на экране.

#### 4.4. Фильтрация и сглаживание.

Настройка параметров фильтрации при работе с WLF производится по команде «EditCurve»/«Настройка фильтрации» в окне «Настройка фильтрации» - *рисунок 32*. Основная часть окна позволяет настроить параметры фильтров (отдельно фильтры с номерами 1-10 и 11-...).

Новые возможности фильтрации:

- «Filter 11» - по выбору: либо процедура расчета коэффициентов непрерывного одномерного вейвлет-преобразования (когда установлен флаг «коэффициенты разложения»), либо автоматическое одномерное удаление шума с помощью разложения сигнала на заданном уровне декомпозиции, применения порога для детализирующих коэффициентов и последующего вейвлет-восстановления (если установлен флаг «удаление шума»). Параметры: имя вейвлета и номер вейвлет-коэффициента, по которому осуществляется разложение. Кнопка «Show wavelet» позволяет просмотреть графики выбранного вейвлета и синусоиды с частотой, равной средней частоте вейвлета.

- «Filter 12» - сглаживающий фильтр – аппроксимация полиномом данной степени методом наименьших квадратов (MATLAB). Параметр фильтра: степень полинома.

- «Filter 13» - аппроксимация данных линейной комбинацией экспоненциальных функций (экспоненциальным полиномом) методом наименьших квадратов. Параметры фильтра: количество подбираемых экспонент и флаг исключения мнимых коэффициентов.

Можно включить фильтры с номерами 1-10 в список фильтрации для автоматического выполнения. Это делается указанием флажка «AutoKey» в левой части строки описания фильтра. Таким образом, может быть сформировано задание на фильтрацию данных, причем порядок выполнения определяется номером фильтра, т.е. первым выполняется фильтр с меньшим порядковым номером (фильтры удаления импульсных помех, конечно, должны предшествовать операциям сглаживания).

Запуск работы одиночного фильтра с номером 1-10 может быть выполнен двумя способами: либо по кнопке «Run1» и выбору фильтра из списка, либо «быстрым» запуском по клавишам «Ctrl+n», где «n» – номер фильтра.

Запуск работы одиночного фильтра с номером 11-... может быть выполнен двумя способами: либо по кнопке «Run2» и выбору фильтра из списка, либо «быстрым» запуском по клавишам «Ctrl+Shift+n», где «n»+10 – номер фильтра.

#### 4.5. Расчет новых параметров и трансформации.

##### 4.5.1. Общие процедуры.

«Form» -

«Сшивка режимов (Re,Im)» - в случае, если параметры Re,Im в БД содержит данные, записанные в различных режимах, эта операция позволяет объединить соответствующие разным режимам работы на одном пикете (после этого «лишние» работы удаляются).



Под **режимом записи** понимается совокупность параметров и методов полевой записи режима ЧЗ. В случае обнаружения в БД данных, записанных в отличающихся друг от друга режимах на одной точке (пикете), к ним будет применена операция сшивки.

Параметры, определяющие режим записи:

- значение реальной (с учетом коэффициентов усиления) единицы ЦЭС;
- значение самой низкой частоты в свипе.

Методы, определяющие режим записи:

- одновременная запись всех режимов, либо последовательная запись режимов в разное время;
- запись режимов одной станцией, либо разными станциями, либо разными каналами одной многоканальной станции.

Описание режимов записи производится в блоке [modes] файла "wlf.ini" (см. Приложение 2, п.1). **Это описание должно соответствовать реальным режимам полевых работ.**

Операция выполняется для параметров Re, Im всех компонентов, профилей, АВ, содержащихся в базе, независимо от выбранного объекта. В результате операции формируется **новая сетка аргумента Re, Im** в соответствии с параметром **WMF.Tint**. В этом параметре указаны границы диапазонов периодов режимов записи. Измеренные данные каждого режима берутся в своем диапазоне и затем «сшиваются». В случае неперекрывающихся диапазонов операция сшивки представляет собой простое объединение участков кривой. Если имеется перекрытие соседних диапазонов, операция сшивки осуществляется последовательно с поздних временных диапазонов до ранних. Таким образом кривая, соответствующая более ранним временам, будет пришта к более поздней кривой. В диапазоне перекрытия по поздней кривой определяются параметра параболы по МНК. Затем для полученной теоретической кривой определяются параметры масштабирования и сдвига с целью совпадения с ранней кривой (по МНК). Эти параметры применяются к данным ранней кривой. Затем нужные участки кривых объединяются.

**При выполнении операции все повторные (контрольные) наблюдения остаются в базе.**

**«Сшивка режимов (Es)»** - в случае, если параметр ЭДС в БД содержит данные, записанные в различных режимах, эта операция позволяет объединить соответствующие разным режимам работы на одном пикете (после этого «лишние» работы удаляются).

Под **режимом записи** понимается совокупность параметров и методов полевой записи режима ЗС. В случае обнаружения в БД данных, записанных в отличающихся друг от друга режимах на одной точке (пикете), к ним будет применена операция сшивки.

Параметры, определяющие режим записи:

- значение реальной (с учетом коэффициентов усиления) единицы ЦЭС;
- значение дискретизации полевой записи.

Методы, определяющие режим записи:

- одновременная запись всех режимов, либо последовательная запись режимов в разное время;
- запись режимов одной станцией, либо разными станциями, либо разными каналами одной многоканальной станции.

Описание режимов записи производится в блоке [modes] файла “wlf.ini” (см. Приложение 2, п.1). **Это описание должно соответствовать реальным режимам полевых работ.**

Операция выполняется для параметра ЭДС всех компонентов, профилей, АВ, содержащихся в базе, независимо от выбранного объекта. В результате операции формируется **новая сетка аргумента ЭДС** в соответствии с параметром **WMT.Tint**. В этом параметре указаны границы диапазонов времен режимов записи. Измеренные данные каждого режима берутся в своем диапазоне и затем «сшиваются». В случае неперекрывающихся диапазонов операция сшивки представляет собой простое объединение участков кривой. Если имеется перекрытие соседних диапазонов, операция сшивки осуществляется последовательно с поздних временных диапазонов до ранних. Таким образом кривая, соответствующая более ранним временам, будет пришта к более поздней кривой. В диапазоне перекрытия по поздней кривой определяются параметра параболы по МНК. Затем для полученной теоретической кривой определяются параметры масштабирования и сдвига с целью совпадения с ранней кривой (по МНК). Эти параметры применяются к данным ранней кривой. Затем нужные участки кривых объединяются.

**При выполнении операции все повторные (контрольные) наблюдения остаются в базе.**

#### 4.5.3. Обработка данных ЗС.

Новые возможности обработки ЗС. Кнопки меню «Form»:

– «Учет уровня "0" для Es» – к накопленному сигналу (параметр Es) применяется поправка (параметр En(3)) для корректирования нулевого уровня сигнала ЭДС.

– «Устранение отрицательных значений Es» – для параметра Es значения  $\leq 0$  заменяются на значение параметра TolRank ([private]) из файла “wlf.ini”.

#### 4.6. Инверсия данных.

**«Подобрать модель R(H) по Es»** - процедура инверсии данных ЗС, интерактивный подбор по параметру Es (наземный АВ, компоненты Vz,Ex,Exy). Возможно изменять точность (и, соответственно, скорость) решения прямой задачи. Точность расчета ЭДС при инверсии: задается параметром **Prec\_mod** (раздел [private] из файла “wlf.ini”): 1,2,3 - умеренная, повышенная и высокая точность, соответственно высокая, средняя и низкая скорость расчета кривой

**Важно:** во избежание некорректной работы любых программ инверсии предварительно необходимо убедиться в отсутствии контрольных точек в базе данных.

#### 4.7. Дополнительные возможности обработки и анализа.

##### 4.7.1. Управление выводом на экран.

**«Показать асимптоты»** - по этой кнопке можно включить вывод на экран любой комбинации теоретических кривых – асимптот отображаемого параметра,

которые допускают графическую редакцию (сдвиг), сопровождаемую выводом теоретического значения параметра.

- Асимптоты «А, Es Ex ДЗ» и «А, Es Bz ДЗ» проводятся параллельно оси X и в области ранних времен Es (высоких частот для амплитуд ЧЗ) показывают ρ дальней зоны.
- Асимптота «А Ex БЗ» проводится параллельно оси X и в области низких частот для амплитуд ЧЗ (постоянный ток) показывает ρ ближней зоны.

Примечание. Параметры разреза по асимптотам А и Es рассчитываются по геометрии установки для СРЕДНЕГО из выведенных на экран пикетов, если их несколько.

#### 4.7.5. Моделирование и инверсия.

«Расчет Re, Im для полупространства» - процедура выполняет расчет Re и Im для компонент электромагнитного поля в частотной области для полупространства при возбуждении поля горизонтальным электрическим диполем с учетом поляризации среды.

Уравнения для различных составляющих электромагнитного поля источника в виде заземленного прямолинейного кабеля конечной длины имеют вид (см. Вешев А.В. Электропрофилирование на постоянном и переменном токе):

$$H_x = \frac{2I}{4\pi} \left[ \frac{y}{r_2^2} I_1 \left( \frac{k_1 r_2}{2} \right) K_1 \left( \frac{k_1 r_2}{2} \right) - \frac{y}{r_1^2} I_1 \left( \frac{k_1 r_1}{2} \right) K_1 \left( \frac{k_1 r_1}{2} \right) \right], \quad dB_x = i\omega\mu H_x,$$

$$H_y = \frac{2I}{4\pi} \left\{ \frac{k_1^2}{8} \int_{-l}^l \left[ I_0 \left( \frac{k_1 r}{2} \right) K_0 \left( \frac{k_1 r}{2} \right) - I_2 \left( \frac{k_1 r}{2} \right) K_2 \left( \frac{k_1 r}{2} \right) \right] d\zeta + \right. \\ \left. + \frac{l+x}{r_1^2} I_1 \left( \frac{k_1 r_1}{2} \right) K_1 \left( \frac{k_1 r_1}{2} \right) + \frac{l-x}{r_2^2} I_1 \left( \frac{k_1 r_2}{2} \right) K_1 \left( \frac{k_1 r_2}{2} \right) \right\}, \quad dB_y = i\omega\mu H_y,$$

$$H_z = \frac{2Iy}{4\pi \cdot k_1^2} \int_{-l}^l \frac{3 - (3 + 3k_1 r + k_1^2 r^2) e^{-k_1 r}}{r^5} d\zeta, \quad dB_z = i\omega\mu H_z, \quad \text{где}$$

$I$  – сила тока в питающей линии;

$\rho$  – удельное сопротивление среды;

$l$  – половина длины питающей линии;

$x, y$  – координаты точки измерения в системе источника (начало координат в центре источника, ось  $x$  вдоль линии источника);

$\zeta$  – текущая координата на кабеле;

$$r = \sqrt{(\zeta - x)^2 + y^2}; \quad r_1 = \sqrt{(l + x)^2 + y^2}; \quad r_2 = \sqrt{(l - x)^2 + y^2}$$

$k_1 = \sqrt{-i\omega\mu_0/\rho}$  – волновое число проводящего полупространства в случае немагнитного полупространства и низкочастотного электромагнитного поля, когда можно пренебречь влиянием токов смещения, т.е. диэлектрической проницаемостью среды;

$\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$  (Гн/м) – магнитная проницаемость вакуума;

$\omega$  – круговая частота;

$I_\nu, K_\nu$  – модифицированные функции Бесселя 1-го и 2-го рода порядка  $\nu$  (от мнимого аргумента).

#### 4.7.6. Преобразования параметров и аргументов.

«Service» -

«Нормировать параметр-2» - другая операция нормализации. Работает по профилю (в операции участвуют все выбранные АВ текущего профиля) для выбранного параметра. Производит «приведение» значений параметра для пикетов профиля к среднему уровню на профиле (по выбору: среднее геометрическое («деление») или среднее арифметическое («вычитание»)). Для каждого пикета определяется коэффициент нормировки, на который (с учетом выбранной «степени сглаживания»: 0 – нет сглаживания, 1 – максимальный уровень сглаживания) нормируется исходная «частотная»/«временная» кривая для этого пикета. Значения коэффициентов (профильная кривая) записываются в новый параметр «Сi». Результат нормировки записывается в БД на место исходных значений.

«Нормировать параметр-1» - прежняя операция нормализации.

«Пересчитать аргумент Es» - эта операция работает с параметром Es и позволяет пересчитать TDS с равномерной сеткой по времени (полученную обработкой полевых материалов режима ЗС) в TDS с логарифмической равномерной сеткой времен. Количество временных «точек» на декаду задается в файле “wlf.ini” – строка **NDec**= блока [wlf]. Пересчет происходит на интервале времен, где можно произвести осреднение исходных отсчетов сигнала (самые ранние времена остаются без изменений). «Коэффициент осреднения» для каждой результирующей точки (ширина интервалов, на которых производится осреднение) задается параметром **Mean\_Kf**.

Существует возможность корректировать количество точек осреднения с целью удаления гармонической помехи с известной частотой. Для этого нужно правильно установить параметр **NPNoise**. Можно указать реальное число точек периодической помехи для рабочей частоты дискретизации (напр., «NPNoise=20»), либо длительность периода помехи в секундах (напр., «NPNoise=0.02»), либо оставить его пустым («[]» – в этом случае ширина интервалов не корректируется).

Также появилась возможность в случае исходного аргумента с различной дискретизацией (например, ранние времена записаны с меньшей дискретизацией, чем поздние), после операции «сшивки» данных, записанных в различных режимах «Sew work modes (TEM)», выбрать способ формирования новой сетки времен: **DecFirstKey**= 0 - новая сетка собирается из нескольких, каждая логарифмическая равномерная сетка формируется с учетом своей исходной дискретизации; =1- новая сетка формируется с учетом наименьшей величины дискретизации.

По окончании процедуры на экран выводится картинка, на которой можно увидеть новую сетку времен (пунктирные черные линии) и интервалы осреднения исходных данных.

## 5. Визуализация данных и результатов.

### 5.2. Управление 3-D изображением.

«Service» - выполнение служебных функций.

«Работа с атрибутами» - работа с атрибутами.

Операция «**Контур**»/«**По точкам**» позволяет ввести произвольную линию (или контур) по известным координатам ее точек (в рабочей системе координат). В диалоговом окне необходимо ввести через пробел или запятую координаты North и East известных точек линии.

Способ отображения 3D графики «**Lighting Surface**» – источник освещения добавляется/удаляется нажатием правой кнопки мыши на «**Z**» и выбором из контекстного меню. При этом форма графического вывода «**Plot Type**» должна быть установлена в «**surf**». Масштабом оси Z можно регулировать степень освещенности. Пример см. граф. приложение.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Формулы расчета параметров при работе с БД.

#### Обработка данных ЧЗ.

---

##### «Расчет каж. уд. сопротивления $R_{o\_w2}$ по $A$ »

Расчет кажущегося удельного сопротивления для режима ЧЗ по параметру  $A$  компоненты  $Z$  (импеданс) производится по формуле:

$$R_{o\_w} = A^2 / (\omega \cdot \mu_0), \text{ где}$$

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  (Гн/м) – магнитная проницаемость вакуума;

$\omega$  – круговая частота.

---

##### «Расчет модуля вектора параметра по $H_x, H_y$ »

Процедура применима для любого параметра, если в базе присутствуют обе компоненты электрического поля  $H_x, H_y$  со значениями этого параметра. Осуществляет расчет модуля выбранного параметра (скалярная величина) по двум его проекциям ( $H_x, H_y$ ). Результат помещается в компоненту  $H_x$  того же параметра.

---

##### «Расчет комплексного модуля полного вектора поля $H_x$ по $H_x, H_y$ »

Процедура применима, если в базе присутствуют параметры  $Re, Im$  обеих компонент электрического поля  $H_x, H_y$ . Осуществляет расчет  $Re, Im$  полного вектора поля по двум проекциям ( $H_x, H_y$ ). Результат помещается в компоненту  $H_x$ .

---

##### «Расчет $Z$ (импеданс)»

Выполняет расчет  $Re, Im$  компоненты  $Z$  (импеданс) по параметрам  $Re, Im$  компонент  $E_x$  и  $H_y$  (точнее  $dBy/dt$ ).

$$\tilde{H}_y = H_y / i / \omega / \mu; \quad Z = \frac{ReE_x + i \cdot ImE_x}{Re\tilde{H}_y + i \cdot Im\tilde{H}_y}, \quad ReZ = \text{real}(Z), \quad ImZ = \text{imag}(Z), \text{ где}$$

$\mu = 4\pi \cdot 10^{-7}$  (Гн/м) – магнитная проницаемость вакуума;

$\omega$  – круговая частота.

---

##### «Пересчет параметра $R(R_i)$ в $R_h$ (на равномерную сетку $H$ )»

Выполняет интерполяцию сопротивления слоев модели среды (в общем случае разной для каждого пикета профиля) на заданную равномерную сетку глубин. Формируется новый параметр  $R_h$ , который можно, например, рисовать по площади как карту сопротивлений на заданной глубине.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Возможности расширения системы.

#### 1. Файл инициализации системы WLF. Изменение настроек системы, принятых по умолчанию.

общие настройки системы

**[wlf]**

Пересчет времен ЭДС на равномерную логарифмическую сетку:

ключ формирования новой сетки в случае исходного аргумента с различной дискретизацией:

0 - новая сетка собирается из нескольких, каждая формируется с учетом своей дискретизации

1 - новая сетка общая, формируется по наименьшей дискретизации

**DecFirstKey=1;**

коэффициент интервалов осреднения для пересчета ЭДС на логарифмическую сетку времен

**Mean\_Kf=0.06;**

**[topo]**

**AllLinesKey=0;** % отображать все профили на площадном отображении

**[coord]**

Параметры отсчетного эллипсоида (Красовский):

**aP = 6378245;** %большая полуось a

**a1P = 1 / 298.3;** %сжатие (a-b)/a

Параметры исходного эллипсоида (WGS84):

**aW = 6378137;** % большая полуось a

**a1W = 1 / 298.257223563;** % сжатие (a-b)/a

Линейные элементы трансформирования, в метрах:

**dx = 23.92;**

**dy = -141.27;**

**dz = -80.9;**

Угловые элементы трансформирования, в секундах:

**wx = 0;**

**wy = 0;**

**wz = 0;**

Дифференциальное различие масштабов:

**ms = 0;**

Параметры проецирования:

имя функции - см. MATLAB Map Projections

**Projection='tranmerc';**

смещение NORTH

**Falsenorthing=0;**

смещение EAST

**Falseeasting=500000;**

центральный меридиан зоны: если [] -автом.вычисление, можно указать явно (град.)

**OM=[];**

настройки программ моделирования

**[model]**

коэффициент для формирования томографической сетки глубин

**Kh\_tomo=1.5;**

количество слоев для формирования томографической сетк глубин

**NLayers\_tomo=10;**

ограничение мощности 1-го слоя для томографической сетки глубин

**Lmin\_tomo=10;**

настройки программы обработки полевых данных ЗС

**[proc]**

ключ поканальной обработки для экономии памяти: =0 –обработка всей записи сразу, =1 – поканальная обработка

**KEY\_KAN=1;**

номера гармоник свип-сигнала для «новой» обработки ЧЗ

**HarmNum=[1 3 5];**

ключ нормировки результатов «новой» обработки ЧЗ на спектр прямоугольника (0-выкл., 1-вкл.)

**KeyFNorm=1;**

вид токового импульса (1-meander, 2-triangle, 3-sinus)

**KeyCur=1;**

тип датчика IMD-100 (1-новый (2011 г.), 2-старый (2005 г.))

**IMD\_type=1;**

путь к папке с ЧХ инд.датчиков IMD-100

**IMD\_CH\_Path='e:/DATA/IMD-CHINA/all';**

**[arr]**

изменился формат описания матрицы входных данных

**DATA | (6::end,3:end)**

**[private]**

пороговое значение для исправление отрицательные и нулевых значений Es

**TolRank=1e-6;**

точность расчета ЭДС при инверсии: 1,2,3 - умеренная, повышенная и высокая точность, соответственно высокая, средняя и низкая скорость расчета кривой

**Prec\_mod=1;**

описание рабочих режимов записи (для сшивки данных, записанных в различных режимах)

**[modes]**

= для Es (ЗС) =

количество сшиваемых рабочих режимов

**WMT.Number=4;**

соответствующие режимам значения ед.ЦЭС (+-10%) , если =[], то ед.ЦЭС может иметь любое значение - в порядке следования номеров работ

**WMT.ECS=[.27 .027 .0027 68];**

соответствующая режимам дискретизация, мкс - в порядке следования номеров работ

**WMT.Dt=[1000 1000 1000 2];**

Ключ: 1- режимы записываются одной работой, 0- разными, -1- не важно

**WMT.NRkey=0;**

Ключ: 1- режимы записываются одной станцией, 0- разными,-1- не важно

**WMT.NSkey=1;**

соответствующие режимам индексы диапазонов времен - в порядке следования номеров работ

**WMT.Nint=[2 3 4 1];**

временные диапазоны, с (для формирования сетки времен)

**WMT.Tint={[.000004 .004], [.002 .02], [0.016 0.14], [0.125 1]};**

= для Re, Im (ЧЗ) =

количество сшиваемых рабочих режимов

**WMF.Number=2;**

соответствующие режимам значения ед.ЦЭС (+-10%) , если =[], то ед.ЦЭС может иметь любое значение - в порядке следования номеров работ

**WMF.ECS=[];**

последний период свипа (самая низкая частота), с - в порядке следования номеров работ

**WMF.T=[0.256 32.768];**

Ключ: 1- режимы записываются одной работой, 0- разными, -1- не важно

**WMF.NRkey=0;**

Ключ: 1- режимы записываются одной станцией, 0- разными,-1- не важно

**WMF.NSkey=1;**

соответствующие режимам индексы диапазонов периодов - в порядке следования номеров работ

**WMF.Nint=[1 2];**

временные диапазоны, с (для формирования сетки периодов)



```
WMF.Tint={ [.003 .256], [0.064 32.768]};
```

## **2. Изменение интерфейса к внешним данным для загрузки в систему.**

Для параметра DATA (числовая матрица) с помощью символов “:” указывается развертка по аргументу (т.е. если элемент **a** содержит символы “:” (например “(6::end,4:10)”), то данные в матрице лежат по столбцам, если элемент **b** (например “(6:end,4::10)”), то по строкам).