



Адванс Технолоджис ЕООД

Инструкция за работа

Честотен анализатор модел FRA-P-1-5
оптимизиран за тестване на горивни клетки

Версия 2.1
Януари, 2008

Ако имате проблем:

може да се свържете с нас

на телефони: д-р инж. Георги Р. Иванов - 0885 465 535,
(02) 873 29 41
инж. Васил Василев – 0896 730 689

ел. поща: info@at-equipment.com

уеб сайт на фирмата производител: www.at-equipment.com

Уредът е покрит с 1 г. безусловна гаранция на труда и материалите от деня на подписване на приемателно-предавателния протокол.



Съдържание

1.	ИЗПОЛЗВАНИ СЪКРАЩЕНИЯ.....	4
2.	ТЕСТВАНЕ НА ГОРИВНИ КЛЕТКИ С ЕЛЕКТРИЧЕСКА ИМПЕДАНСНА СПЕКТРОСКОПИЯ.	5
2.1	Увод.....	5
2.2	ИЗМЕРВАТЕЛЕН ПРОТОКОЛ.....	5
2.3	Инсталиране на софтуера и свързване на уреда.....	6
3.	ПРИНЦИП НА ДЕЙСТВИЕ.....	6
3.1	БЛОКОВА СХЕМА НА FRA-P-1-5.....	7
3.2	МИКРОКОНТРОЛЕР СИНУСОИДАЛЕН ГЕНЕРАТОР С ДИРЕКТЕН ЦИФРОВ СИНТЕЗ (DDS)	8
3.3	АНАЛОГОВА ВХОДНО/ИЗХОДНА ЧАСТ.....	8
3.4	АНАЛОГОВО ЦИФРОВ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛ	9
3.5	БЛОК ЦИФРОВ ПРИЕМНИК - DIGITAL RECEIVER BLOCK.....	9
3.6	МИКРОКОНТРОЛЕР	10
4.	РАБОТА С ПРОГРАМНОТО ОСИГУРЯВАНЕ.....	11
4.1	ОПИСАНИЕ НА ПРОГРАМАТА	11
4.1.1	Главен прозорец на приложението	11
4.1.2	Диагностичен терминал.....	11
4.1.3	Контролен панел.....	12
4.1.4	Визуализация	13
4.1.5	Външни инструменти	16
4.1.6	Стартиране на измерване	16
4.1.7	Други възможности	17
4.2	Запис на данните.....	18

1. ИЗПОЛЗУВАНИ СЪКРАЩЕНИЯ

Термин	Съкращение
Електрохимична импедансна спектроскопия	ЕИС
Цифрово аналогов преобразувател	ЦАП (DAC)
Аналогово цифров преобразувател	АЦП (ADC)
Микроконтролер	МК
Променлив ток	АС
Постоянен ток	ДС

2. ТЕСТВАНЕ НА ГОРИВНИ КЛЕТКИ С ЕЛЕКТРИЧЕСКА ИМПЕДАНСНА СПЕКТРОСКОПИЯ.

2.1 Увод

Електрохимичната импедансна спектроскопия (ЕИС) е общоприет метод в много области на електрохимията. Методът може да се използва, за моделиране на електрохимична клетка чрез еквивалентни елементи (съпротивления, кондензатори, др.), всеки от който отговаря на специфичен химичен процес или преход в клетката. Анализът може да се потвърди като се променят условията на експеримента. Едно от предимствата пред традиционните постояннотокови методи е, че информацията за омовите загуби, електрохимичната кинетика и преноса на маса може да се получи от един единствен експеримент.

Горивните клетки са от голям научен и инженерен интерес като замяна на батериите и двигателите с вътрешно горене. Фундаменталните научни изследвания на нови горивни клетки и опитите да се оптимизират съществуващите могат да бъдат подпомогнати от ЕИС тестване и моделиране. ЕИС е полезен както в изследванията така и при контрола на качеството.

Съвременните експериментални техники позволяват в галваностатичен режим да се достигнат честоти на измерване до 150 kHz.

2.2 Измервателен протокол.

Използува се *галваностатична* ЕИС. При този експеримент потребителят определя постоянния ток, който протича през клетката, с помощта на регулируем товар. Паралелно на него се подава малък

синусоидален променлив ток АС към клетката. Импедансът на клетката за текущата честота се определя като отношение на АС напрежението върху клетката, и падът на напрежението върху шунтово съпротивление. Измерването се повтаря за всички честоти в измерваният обхват.

2.3 Инсталиране на софтуера и свързване на уреда

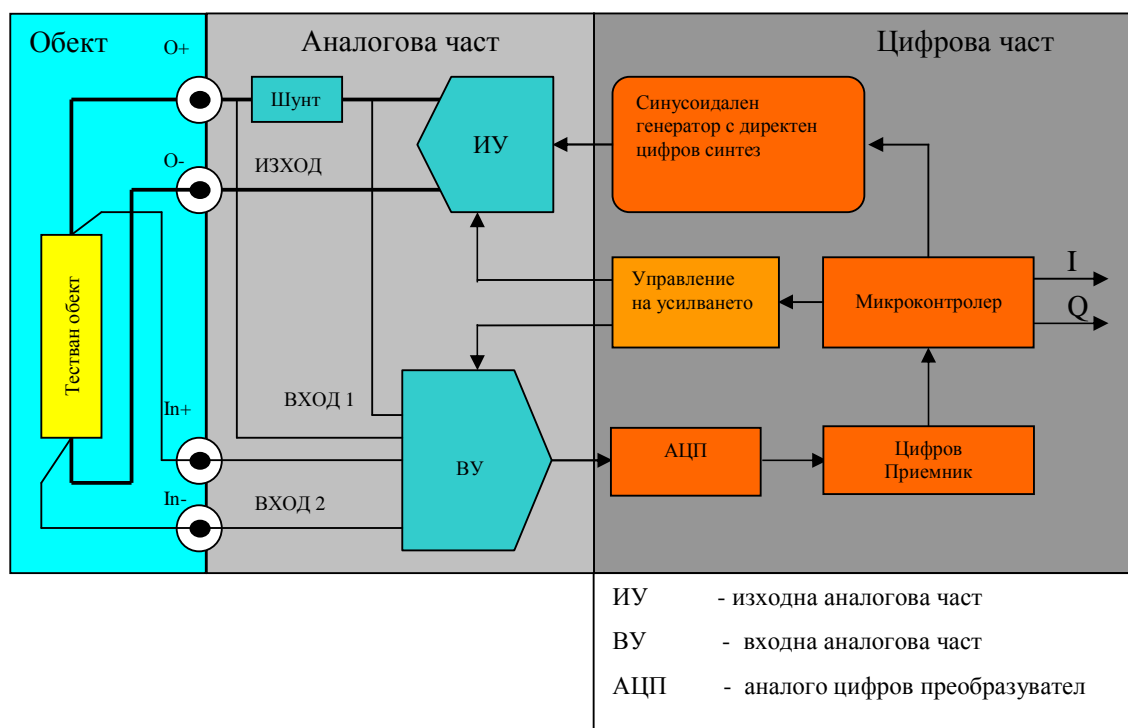
Инсталирането на софтуера става като от приложения диск се стартира setup.exe файла и се следват инструкциите на екрана. Софтуера инсталира и това ръководство за работа с уреда. Допълнително в диска е приложен и файла ZView_Solart.zip, който е пълнофункционална демо версия на популярната програма за анализ на данни ZView версия 2.6 от фирмата Solartron. При инсталиране на тази програма се инсталира и ZPlot, която е програма за управление на честотните анализатори на Solartron и може да се изтрие.

Свързването на анализатора става по следния начин: Output са изходите от генератора, който се връзва паралелно на DC товара, като LO изхода се връзва към по-отрицателния полюс. Първия вход на анализатора е вързан вътрешно и сменя пада на напрежение върху шунтовото съпротивление. Input 2 се свързва към напрежителните изходи от клетката като LO изхода се връзва към по-отрицателния полюс. Уредът има двустепенно включване на захранването, като първо се включва ключа на гърба на уреда, където има и вграден предпазител. Поради специалните мерки взети в конструкцията на уреда свързващите кабели не влияят на измерването, което е особено важно при измерването на толкова нискоомни обекти.

3. ПРИНЦИП НА ДЕЙСТВИЕ

На фиг.1 е показана блоковата схема, илюстрираща принципа на действие на честотния анализатор на отговора.

3.1 Блокова схема на FRA-P-1-5



Фиг. 1 Блокова схема на FRA-P-1-5

In- отговаря на Input 2 LO, другите съкращения са подобни.

Основните съставни блокове на FRA-P-1-5 са:

- Входно/Изходна аналогова част – блок входен усилвател (ВУ), блок изходен усилвател (ИУ) с регулируем коефициент на усилване (затихване);
- Синусоидален генератор с директен цифров синтез (DDS);
- Аналогово цифров преобразувател;
- Цифров приемник;
- Микроконтролер;
- Няколко стабилизирани захранващи блока.

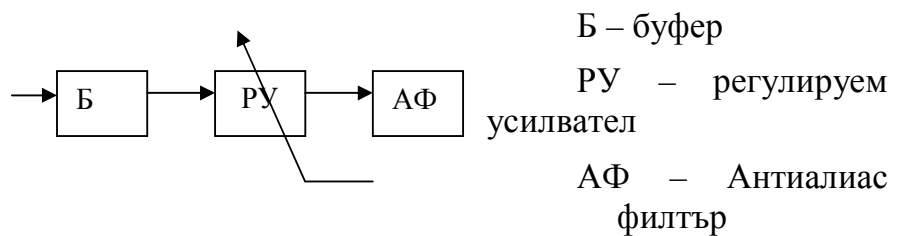
3.2 Микроконтролер Синусоидален генератор с директен цифров синтез (DDS)

За генериране на АС стимули се използва така нареченият подход с директен цифров синтез (DDS). Разрешение по амплитуда на генерираният стимул е 14 бита, а стъпка на промяна по честотата е (пълна скала)/(2³²). Синтезатора се тактува с кварцово стабилизирани генератор, което определя голямата точност и стабилност на синтезираният синусоидален стимул.

3.3 Аналогова входно/изходна част

Изходното стъпало е реализирано като генератор на ток, и поддържа константен токът през товарът.

Входният блок (фиг.2) е изграден от подходящо буферно стъпало с усилвател с регулируем коефициент на усилване, и нискочестотен антиалиасинг филтър (честота на среза е половината от честотата на дискретизация на аналогово цифровият преобразувател). Добавена е и схема за премахване на DC съставката. Входното стъпало служи за усилване на АС падовете на напрежение върху клетката (входовете INPUT2 HI и INPUT2 LO) и шунтовото съпротивление получени в следствие на протичащият през тях АС ток. Свързването на измерваната клетка е по начина показан на фиг.1. Измерваният обект се включва към изходите OUTPUT LO и OUTPUT HI, падът върху него се подава към входове In+ In-, а напрежението върху шунта е свързано вътрешно в реда към входното стъпало.



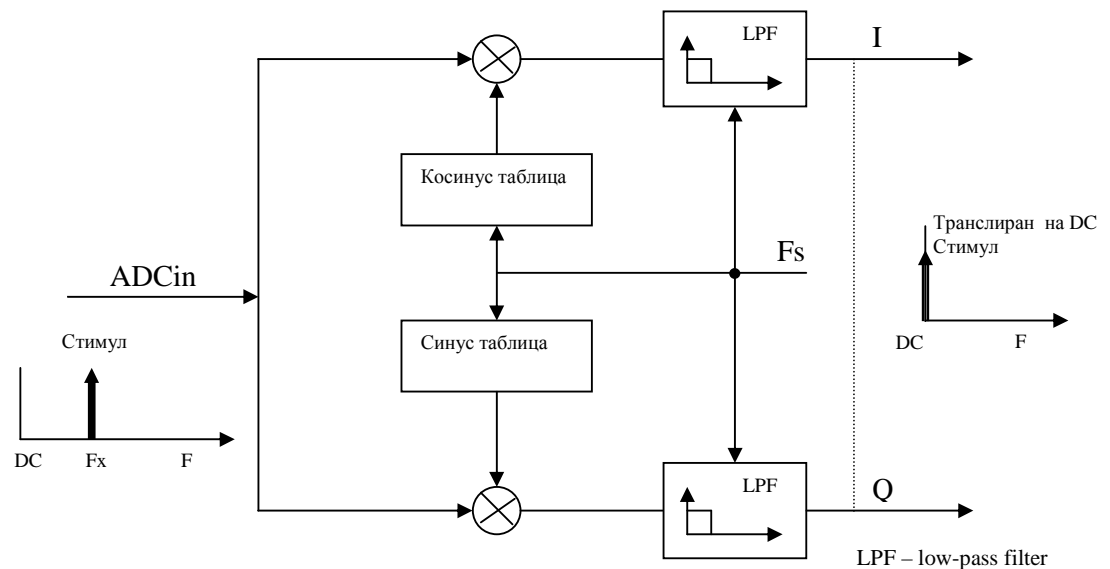
Фиг. 2. Блок входен усилвател

За улесняване работата на потребителите и намаляване на шума в уреда е вградено шунтово съпротивление, върху което се измерва амплитудата на подадения ток върху измервания обект. При този оптимизиран за работа с горивни клетки уред е вградено едно шунтово съпротивление, в специално без паразитна индуктивност изпълнение и с големина 0,051 Ω с 5 % толеранс.

3.4 Аналогово цифров преобразувател

След подходящо усилване, падовете на напрежение върху обекта (клетката) и безиндуктивното шунтово съпротивление се дискретизират с помощта на АЦП с висока точност. Използват се аналогово цифрови преобразуватели с честота на дискретизация 65 MHz и разредност 14 бита.

3.5 Блок Цифров приемник - Digital Receiver Block



Фиг. 3. Блок схема на цифровия приемник

След АЦП блокът, цифровият входен стимул се смесва в квадратурен смесител, с хетеродинна честота, същата като на входния стимул. Този процес представлява транслиране на спектъра на нулева честота. Постоянно токови квадратурни съставки постъпват в поредица от цифрови филтри, стесняващи честотната лента на анализирания сигнал (до 10000 пъти) и увеличаващи следователно отношението (полезен сигнал)/шум. На изхода се получават двете филтрирани компоненти I и Q (реална и имагинерна част), и на практика представляват, разлагането на входния стимул в ортогоналния базис образуван от квадратурните хетеродини.

3.6 Микроконтролер

Микроконтролерът се използва за конфигуриране и контролиране на всички компоненти участващи в измервателния процес. Той конфигурира честотите на синтезатора и приемника, и при нужда превключва коефициентите на усилване на аналоговите стъпала. Микроконтролерът изчита транслираните на DC от цифровият приемник I и Q квадратурни компоненти на измерваните входове, като реализира допълнително усредняване. Импедансът е пропорционален на отношението на така усреднените съставки на напреженията, върху клетката и съответно върху шунтовото съпротивление.

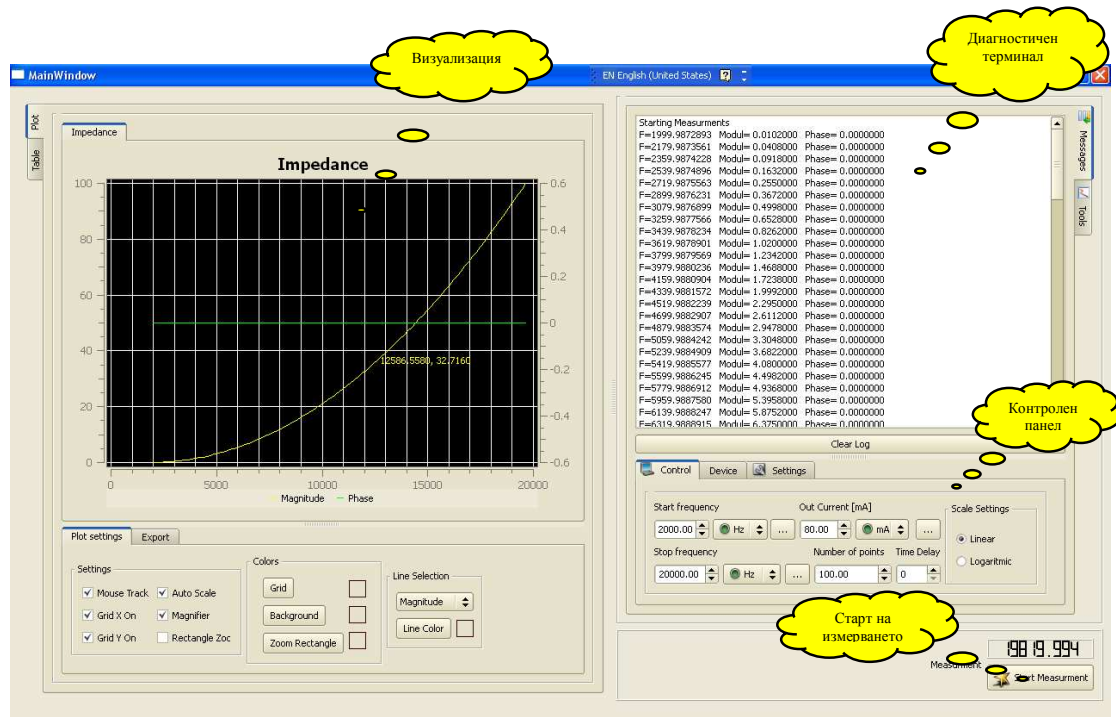
Микроконтролерът осигурява връзка към персонален компютър, през сериен интерфейс RS-232, където измерените данни се визуализират и съхраняват. При желание, чрез стандартен външен преобразувател, уредът може да се включи към USB вход на компютъра без никакви промени в работата на уреда.

4. РАБОТА С ПРОГРАМНОТО ОСИГУРЯВАНЕ

4.1 Описание на програмата

4.1.1 Главен прозорец на приложението

На фиг. 4 е показан основния прозорец на уреда. В дясната половина са разположени контролите за конфигуриране на параметрите на измерването, и прозорецът с диагностична информация. В лявата половина са разположени контролите използвани за визуализиране на резултатите от измерването и самата графика на измерване в реално време в стандартен Найкуист плот.



Фиг. 4. Основен прозорец на уреда.

4.1.2 Диагностичен терминал

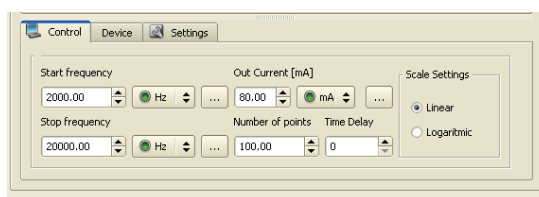
В този прозорец се показва информация от текущите измервания, и диагностични съобщения, които могат да бъдат активирани в частта Settings на контролния панел.

4.1.3 Контролен панел

4.1.3.1 Control – Фиг. 5.

В този таб на контролния панел се конфигурират всички параметри на измерването:

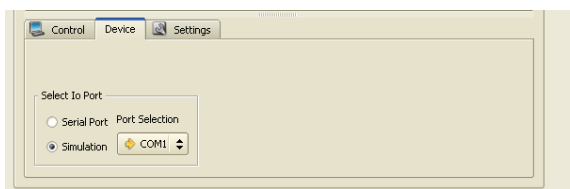
- Start frequency - начална честота
- Stop frequency - крайна честота
- Out current - изходен ток [mA]
- Number of points - брой точки
- Time delay - времево закъснение
- Scale settings – скала на изменение на честота измервателните стимули. Може да се задава линейна или логаритмична скала.



Фиг. 5 Контролен панел

4.1.3.2 Device – Фиг. 6

- Serial Port - Избира се когато имаме измервателен уред свързан през сериен порт към компютърът на който е стартирано приложението. От падащото меню Port Selection се избира серийният порт, на който е свързано устройството.
- Simulation – избира се когато ако се иска да се разгледа начина на работа на програмата в симулационен режим без наличието на измервателен уред.



Фиг. 6 Device панел

4.1.3.3 Settings – Фиг. 7

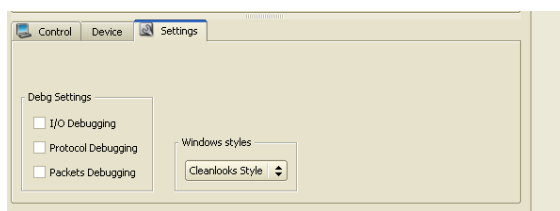
4.1.3.3.1 Debug settings

Използва се за позволяване на различна диагностична информация в терминалът при проблеми с устройството.

- I/O Settings – Позволява диагностика на I/O интерфейсът (серийният порт).
- Protocol Debugging – Позволява диагностика на протоколът между компютъра и устройството.
- Packets Debugging – Позволява диагностика на пакетите обменяни между компютърът и устройството.

4.1.3.3.2 Windows styles

С това падащо меню може да се променя видът (изгледът) на графичният интерфейс.



Фиг. 7 Device панел

4.1.4 Визуализация

4.1.4.1 Графична визуализация

В тази част (Фиг. 8) се визуализира графично резултатът от измерването и се настройват отделните параметри на графиката, както и управление на експортирането на текущата графика до pdf файл или до принтер. Визуализират се модулът и фазата на измереният импеданс.

4.1.4.1.1 Settings

- Mouse track – Позволява показване на стойността на графиката в точката която сочи курсорът на мишката.
- Grid X on – Контролира мрежата по оста X
- Grid Y on – Контролира мрежата по оста Y
- Auto Scale - Графиката автоматично се скалира до стойностите на измереният импеданс

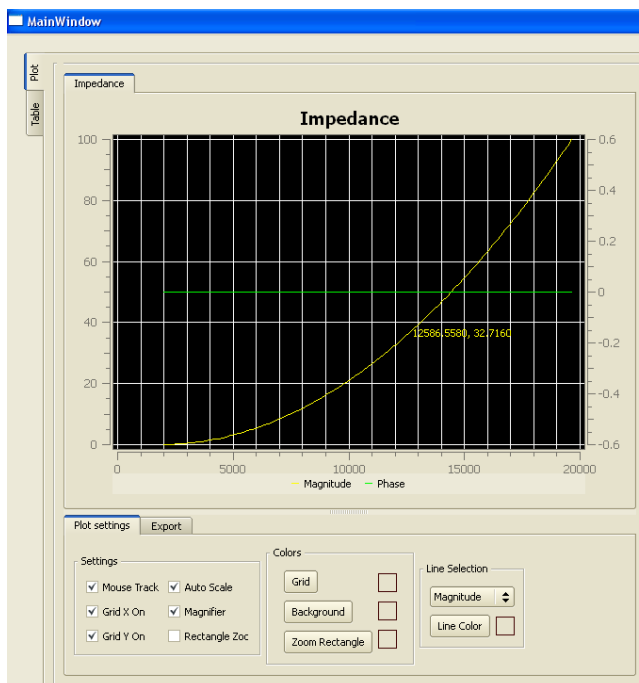
- **Magnifier** – Тази опция се използва ефективно при наличие на мишка със скролер. Когато е позволена, с помощта на скролера, графиката може да бъде увеличавана/намалявана спрямо нейният център с помощта на скролера. При липса на такъв, същото може да бъде направено, ако дясното копче бъде задържано и се движи мишката.
- **Rectangle Zoom** – Позволява увеличаването на графиката в зададен правоъгълник. Правоъгълника който се увеличава се задава с помощта на лявото копче на мишката и влачене. Появява се правоъгълник който при влаченето променя размерът си.

4.1.4.1.2 Colors – Избор на цветове на графиката

- **Grid** – Избор на цвят на гридът.
- **Background** – Избор на цвят на задният фон на графиката.
- **Zoom Rectangle** – Избор на цветът на правоъгълникът използван за маркиране на региона за увеличение на графиката в режим **Rectangle Zoom**.

4.1.4.1.3 Line Selection

В тази секция се задава изборът на текущата крива от графиката (Модул или Фаза на импедансът), и съответно цветът с който да се визуализира.



Фиг. 8 Визуализация и нейното управление

4.1.4.2 Таблична визуализация

В секцията Table, в лявата част на прозореца на програмата (Фиг. 9) се записват в табличен вид резултатите от текущото измерване. Показват се реалната и имагинерната част на импедансът и честотата на която е направено измерването.

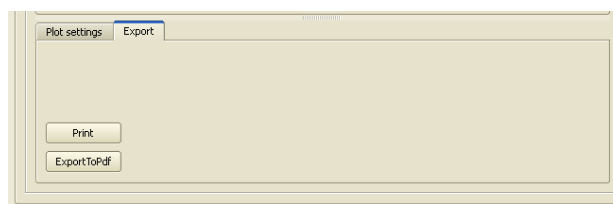
В тази секция съответно се позволява и записът на изходните резултати във файлове. Задава се директория в която да бъдат съхранявани файловете. Файловете за конкретен ден се съхраняват в отделна папка с име което се определя от текущата дата. При всяко измерване се генерира файл с резултати, чието име се определя от времето на стартиране на измерването.

	1	2	3
1	Frequency	Real	Imag
2	✓ 1999.99	✓ 0.0102	✓ 0
3	✓ 2179.99	✓ 0.0408	✓ 0
4	✓ 2359.99	✓ 0.0918	✓ 0
5	✓ 2539.99	✓ 0.1632	✓ 0
6	✓ 2719.99	✓ 0.255	✓ 0
7	✓ 2899.99	✓ 0.3672	✓ 0
8	✓ 3079.99	✓ 0.4998	✓ 0
9	✓ 3259.99	✓ 0.6528	✓ 0
10	✓ 3439.99	✓ 0.8262	✓ 0
11	✓ 3619.99	✓ 1.02	✓ 0
12	✓ 3799.99	✓ 1.2342	✓ 0
13	✓ 3979.99	✓ 1.4668	✓ 0
14	✓ 4159.99	✓ 1.7238	✓ 0
15	✓ 4339.99	✓ 1.9992	✓ 0
16	✓ 4519.99	✓ 2.295	✓ 0
17	✓ 4699.99	✓ 2.6112	✓ 0
18	✓ 4879.99	✓ 2.9478	✓ 0
19	✓ 5059.99	✓ 3.3048	✓ 0
20	✓ 5239.99	✓ 3.6822	✓ 0
21	✓ 5419.99	✓ 4.08	✓ 0

Фиг. 9 Табличен запис на измерваните резултати

4.1.4.3 Експортиране на данните към принтер или pdf файл

Намира се в секцията Export под графиката.



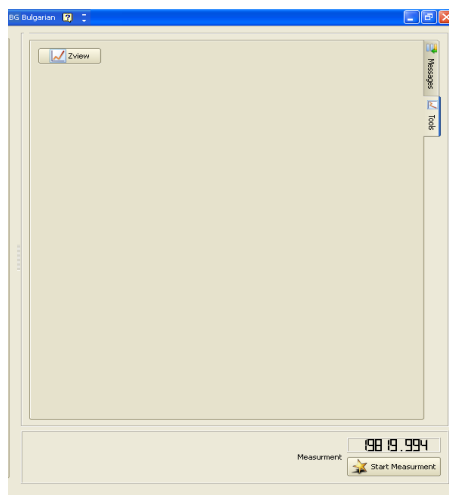
Фиг. 10. Контрол на изхода от измерването

4.1.5 Външни инструменти

В дясната страна на приложението е разположена секция Tools (Фиг. 11). От нея може да бъдат извиквани външни програми за обработка на резултатите от измерването (ZView например).

4.1.6 Стартиране на измерване

Настройват се параметрите на измерването в контролния панел, конфигурира се устройството с което се измерва (Device секцията в контролния панел). Стартирането на измерването става с натискане на бутона Start Measurement (Фиг 4).



Фиг. 11. Подсекция Tools

4.1.7 Други възможности

Повечето от подпрозорците използвани в приложението могат да се контролират размерите (resizable). По този начин графиката може да



бъде произволно разтегната в рамките на екрана (Фиг.12).

Фиг. 12. Демонстрация на възможността за промяна на размерите на подпрозорците на графиката (в този случай – на визуализация подпрозорец).

4.2. Запис на данните.

Файла с данни от измерването се записва в автоматично генерирана директория. Разширението на файла е .dat, но файла е стандартен текстов ASCII файл, който може да се отвори с всяка програма за това, например Notepad. Форматът на данните е такъв, че без други промени данните да могат да се въведат в анализиращи програми от типа на ZView. Примерен файл е показан по-долу:

19.9920032	0.0511444	-0.0007690
219.7920228	0.0448444	-0.0102978
419.5920425	0.0377871	-0.0117014
619.3920621	0.0335115	-0.0103474
819.1920817	0.0311984	-0.0088324
1018.9921013	0.0297002	-0.0074387
1218.7921209	0.0288952	-0.0062577
1418.5921405	0.0282068	-0.0052391

В първата колона е честотата, на която е направено измерването. Във втората колона е Реалната част, а в третата е Имагинерната част от измерването.

В ZView трябва от меню File да се избере подменю Data Files, да се маркира интересуващия ни файл, след това да се премести със стрелката надясно в блока Files to Plot. След това чрез съответния бутон може да се стартира менюто за фитване. Има възможност фитването да е само на част от точките.