

ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – ВАРНА

маг. инж. Николай Борисов Недев

Заглавие:

**„ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ
ЗА УСЪВЪРШЕНСТВУВАНЕ НА
КОНДУКТОМЕТРИЧНИТЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ”**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

**на дисертация за получаване на образователна и
научна степен „доктор”
по научната специалност „Електронизация”**

Научен ръководител:

доц. д-р инж. Христо Гигов

Рецензенти:

1.
2.

гр. Варна, 2012 г.

Дисертационният труд е обсъден на 30.10.2012 г. в катедра “Електронна техника и микроелектроника” и насочен за защита.

Автор: маг. инж. Николай Борисов Недев

Заглавие: Изследване на възможностите
за усъвършенстване на кондуктометричните
преобразуватели

ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – ВАРНА

маг. инж. Николай Борисов Недев

**Заглавие: „ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ
ЗА УСЪВЪРШЕНСТВУВАНЕ НА
КОНДУКТОМЕТРИЧНИТЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ”**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

**на дисертация за получаване на образователна и
научна степен „доктор”**

по научната специалност „Електронизация”

гр. Варна, 2012 г.

Дисертационният труд съдържа 197 страници, от които 156 страници основен текст, включително 80 фигури, 18 таблици, оформени в 5 глави, общи изводи и списък на използваната литература от 123 заглавия.

Означенията на фигурите и формулите в автореферата съвпадат с тези от дисертацията.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на Г. ОТ Ч. В на открито заседание на жури, сформирано със заповед на Ректора №/..... Г.

Материалите по защитата (дисертацията, рецензиите и становищата) са на разположение на интересуващите се във ФД “Докторанти”, стая 318, НУК.

ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Актуалност на проблема

Широко е приложението на кондуктометрията в области като екологията, медицината, промишлеността, селското стопанство за изследване на разтвори, твърди, течни вещества и стопилка, при непрекъснатия химикоаналитичен контрол на екологичното състояние на водата, напускаща пречиствателните станции или намираща се под налягане в индустриалните агрегати. А също и за контрол върху вискозитета на моторните масла и нефтопродуктите, съдържанието на вредни примеси във въздуха, при оценка на засолеността на почвата. Приложението на кондуктометрията в различни области е предпоставка за непрекъснатото усъвършенстване на методите и средствата за измерване на електропроводимостта.

Проблемът с поляризацията, който стои за решаване при измерване на електропроводимостта на течности, е предпоставка за научноизследователска дейност в тази област.

От една страна, приложението на съвременната автоматизирана и широко разпространена програмна среда PSPICE, която е с пригоден модел на електрохимична кондуктометрична клетка в режим на честотно модулиран импулсен източник на ток, ще даде възможност за изследване на кондуктометричните преобразуватели, премахвайки по този начин необходимостта от използване на стандартизирани разтвори и темпериране на експеримента или корекция на експерименталните данни спрямо температурата на околната среда.

От друга страна, използването на съвременни методи за измерване на електропроводимостта ще даде възможност измерваната величина да се контролира непрекъснато ведно с повишаване точността на измерване, като по този начин се намаляват поляризационните явления и топлинната грешка на разтвора и се удовлетворяват все по-високите и разнообразни изисквания към метрологичните показатели и към създаването на кондуктометрични преобразуватели, отговарящи на различни условия за измерване и на изискванията на съвременните автоматизирани системи.

Развитието на теоретичната електротехника, електроника и метрология, а напоследък и на цифровата техника, в комбинация със съвременните методи ще даде възможност за приложно решаване на проблема с поляризацията и топлинната грешка.

Проблеми

Намаляването на поляризационните явления ще даде възможност да се повиши точността на измерване, като така се отговаря на съвременните изисквания на автоматизирани системи. Това налага създаването на съвременни методи и устройства за измерване на електропроводимостта.

Използването на автоматизираната и широко разпространена програмна среда PSPICE налага създаването на модел на електрохимична кондуктометрична клетка, което дава възможност за усъвършенстване на кондуктометричните преобразуватели, отговарящи на съвременното развитие на електрониката и на кондуктометричното устройство като цяло.

Цели и задачи на изследването

Основната цел на дисертацията е да се изследват възможностите за усъвършенстване на кондуктометричните преобразуватели.

Основни задачи на дисертацията

1. Разработка на модел на (електрохимична) кондуктометрична клетка, работеща в режим на честотно модулиран импулсен източник на ток, пригоден за приложение в автоматизираната и широко разпространена програмна среда PSPICE, както и в разработката на средства за измерване на проводимостта.
2. Развитие на метода с честотна модулация за контактно измерване на проводимостта на течности, за построяване на кондуктометрични преобразуватели, работещи с кондуктометрична клетка с два електрода.
3. Разработка на метод с честотна модулация за контактно измерване на проводимостта на течности, намаляващ влиянието на поляризацията върху точността на измерването.
4. Разработка на кондуктометрично устройство за контактно измерване проводимостта на течности, работещо с кондуктометрична клетка с два електрода, като се прилага метод с честотна модулация за контактно измерване на проводимостта на течности, за построяване на кондуктометрични преобразуватели; провеждане на симулационни и експериментални изследвания на построения кондуктометричен преобразувател.

Методи на изследване

При решаването на задачите, обект на тази дисертация, са използвани методи от теорията на електронните схеми, метрологията, физико-химията, химията и др.

За създаването на модел на електрохимична кондуктометрична клетка е използвана програмната среда PSPICE, част от програмния продукт Multisim 11.0 на National Instruments, като се използва параметричен и времеви анализ при работна температура 25°C и се отчитат производствените толеранси на използваните пасивни компоненти.

За част от симулационните изследвания е използвана програмната среда PSPICE, част от програмните продукти на Orcad, Multisim 11.0 на National Instruments и TINATM – The Complete Electronics Lab, прилагайки параметричен и времеви анализ при работна температура 25°C, като се отчитат производствените толеранси на използваните пасивни компоненти.

Получените експериментални данни са обработени по метода за обработка на преки многократни измервания.

За част от обработваните резултати е използвана линейна интерполация, а при други - програмният продукт Matlab.

За изграждането на кондуктометъра е използвана съвременна елементна база, а за самото проектиране - CAD продуктът Altium Designer 10.

Място на изследването

Изследванията в дисертацията са теоретични, виртуални и практически и са извършени в лабораториите на фирмите „Витех“ ЕООД и „Техносенс“ ООД.

Научни новости на изследването

Създаден е нов метод с честотна модулация за контактно измерване на проводимостта на течности, приложим за кондуктометрична клетка с два и четири електрода. Разработката има научноприложен характер, доказан чрез публикациите и подадената заявка за патент за изобретение, и е резултат от дългогодишната лична работа на автора и научния ръководител на дисертационния труд.

Предложен е модел на електрохимична кондуктометрична клетка, пригоден за PSPICE среда и даващ възможност за приложение в съвременните автоматизирани системи за разработка на електронни схеми. Те имат научноприложен характер, доказан чрез публикация в списание, резултат от дългогодишната лична работа на автора.

Практическа ценност на изследването

На база на създадения модел на електрохимична кондуктометрична клетка, пригоден за приложение в среда PSPICE, е направено изследване на кондуктометричните преобразуватели, продължено с експериментални изследвания. В резултат на това е проектирано и внедрено в производство кондуктометрично устройство, отговарящо на съвременните изисквания в промишлените автоматизирани системи.

Разбира се, отново трябва да се отбележи и създаденият нов метод с честотна модулация за контактно измерване на проводимостта на течности, приложим за кондуктометрична клетка с два електрода.

Апробация на изследванията

Разработките по всяка от поставените задачи на дисертацията са докладвани като заявка за патент за изобретение и под формата на публикации в научни списания и на научни форуми.

Направени са общо 7 публикации и 1 участие с постер, както следва:

1. Заявка за патент за изобретение

Недев Н.Б., Гигов Х.И. Метод с импулсен ток за контактно измерване проводимостта на течности. // Заявката за патент №110755 от 21.IX.2010г. е публикувана в официалния бюлетин на Патентното ведомство на Република България брой 3, стр.12-13, раздел G, 30.03.2012г.

2. Публикации в списание

- Недев Н.Б., Гигов Х.И. Изследване приложимостта на източници на импулсен ток за контактно измерване проводимостта на течности. // Служебна бележка, че статията ще бъде публикувана в списание „Електротехника и електроника”- Е+Е.*
- Недев Н.Б. Модел на кондуктометрична клетка за PSPICE среда при честотен метод за контактно измерване проводимостта на течности. // Служебна бележка, че статията ще бъде публикувана в списание „Електротехника и електроника”- Е+Е.*

3. Публикации в годишници

- Гигов Х.И., Недев Н.Б. Метод с честотна модулация за преобразуване на проводимостта на водни разтвори. // Статия, публикувана в Годишника на ТУ – Варна, стр. 1306 - 1311, Варна, 2001 г.*

- Гигов Х.И., Недев Н.Б. *Инвариантен метод с честотна модулация за кондуктометрия. // Статия, публикувана в Годишника на ТУ – Варна, стр. 824 - 831, Варна, 2003 г.*
- Недев Н.Б. *Изследване на източници на ток, използвани при измерване проводимостта на течности. // Статия, публикувана в Годишника на ТУ – Варна, том II, стр. 67 - 71, Варна, 2010 г.*
- Недев Н.Б. *Изследване динамичната работа на източниците на ток при измерване проводимостта на течности. // Статия, публикувана в Годишника на ТУ – Варна, том II, стр. 61 - 66, Варна, 2010 г.*

4. Участия и награди

- Гигов Х.И., Недев Н.Б. *Грамота за участие с постер в Националното младежко изложение „Експо Интелект“, София, 2004 г.*

СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Глава I: Теоретична постановка. Проучване на съвременното състояние на проблемите при контактната кондуктометрия

Първа глава има обзорен характер, открояващ проблемите и формулиращ перспективите за развитие на кондуктометричните преобразуватели. Представена е класификацията на съществуващите методи за измерване на електропроводимостта. Описани са същността, методите за измерване и основните единици на електропроводимостта. Проучено е състоянието на проблемите, свързани с измерването на електропроводимостта, като е обърнато внимание на системата електрод - електролит (двоен електрически слой), на методите за намаляване на поляризацията, моделите и конструкцията, на типа и разстоянието между електродите на кондуктометричната клетка. Изследвано е влиянието на различните материали на електродите на клетката, температурата, съпротивлението и капацитета на кабела върху резултатите от измерването.

Въз основа на обзора са направени следните изводи

Известните модели на кондуктометрични клетки отразяват теоретично в различна степен електрическите и химичните процеси, протичащи при измерването на проводимостта на течности. Те обаче не могат да се използват в широко разпространената програмна среда PSPICE, главно заради недостатъчната информация за диапазона на изменение на стойностите на елементите, изграждащи модела, както и поради факта, че отразяват модел на клетка, работеща в режими, различни от този, който е предмет на изследване. Това налага да се направят изследвания, чиято цел е да се намери подходящ

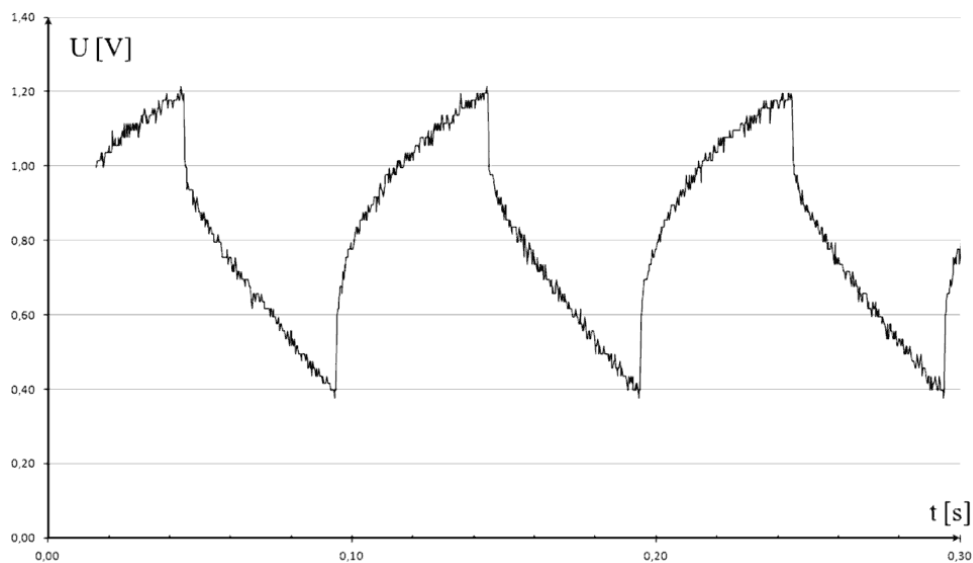
модел на електрохимична кондуктометрична клетка, работеща в режим на честотно модулиран импулсен източник на ток, пригоден за приложение в PSPICE среда.

Известните методи и преобразуватели за измерване на проводимостта отразяват в различна степен възможностите на съвременната измервателна техника, удовлетворявайки в различна степен изискванията, предявявани към тях. Това прави разработката на нов метод с честотна модулация за контактно измерване на проводимостта на течности, който може да се прилага при кондуктометрична клетка с два електрода и да намалява поляризацията, в актуална задача в научноизследователската област.

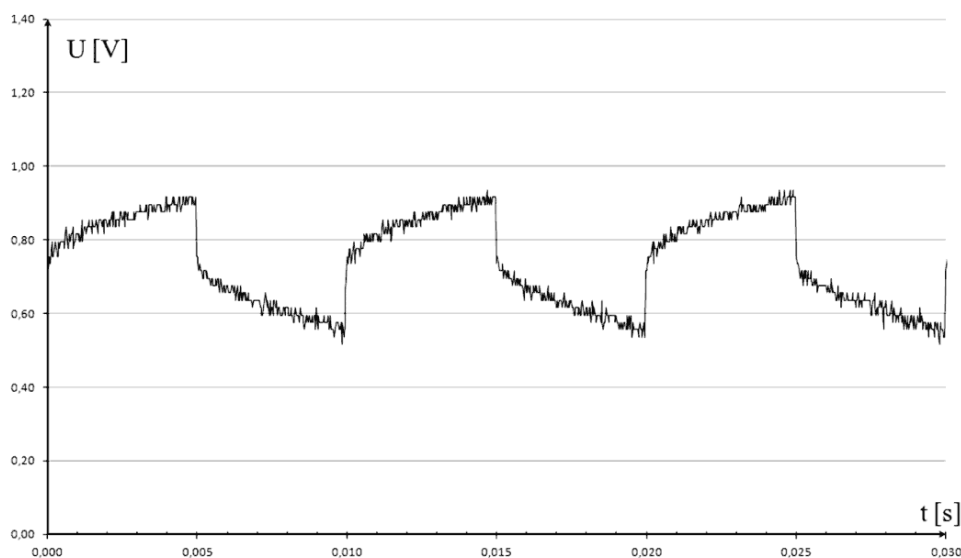
Високата степен на развитие на теоретичната електротехника, електроника, метрология, а понастоящем и на цифровата техника, в съчетание със съвременните методи дава възможност за приложна реализация на кондуктометричното устройство.

Глава II: Модел на кондуктометрична клетка, пригоден за PSPICE среда при честотен метод за контактно измерване проводимостта на течности

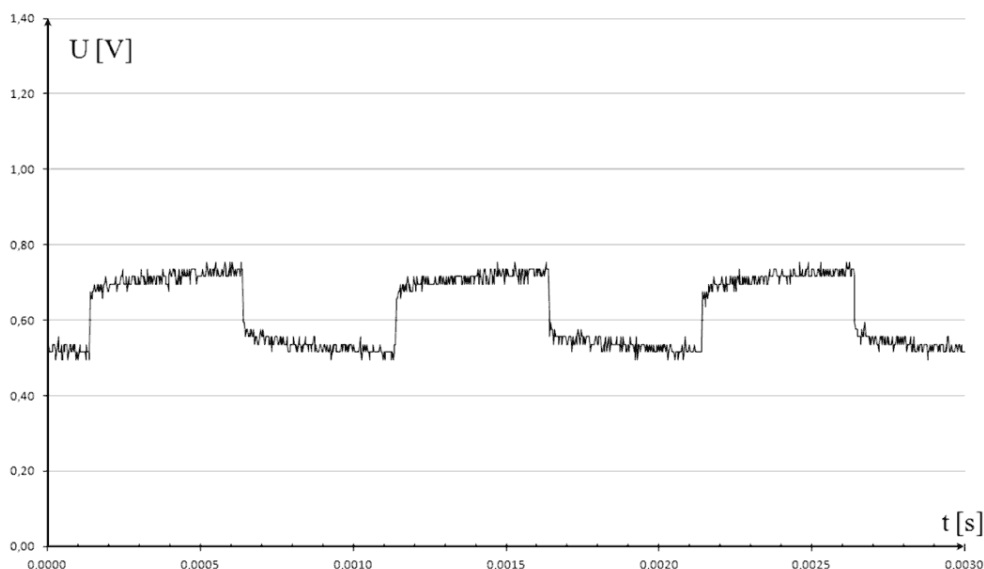
Разработването (синтезирането) на модел на електрохимична кондуктометрична клетка за измерване проводимостта на течности, пригоден за използване в настоящите автоматизирани средства за разработка в електрониката, в частност в програмната среда PSPICE, прави излишна сложната и скъпоструваща дейност в началния етап от разработката на кондуктометричния преобразувател, налагаща използването на стандартизирани разтвори и темпериране на експеримента или корекция на експерименталните данни спрямо температурата на околната среда.



Фиг. 27 а. Обработени експериментални резултати при работна честота 10Hz



Фиг. 27 б. Обработени експериментални резултати при работна честота 100Hz



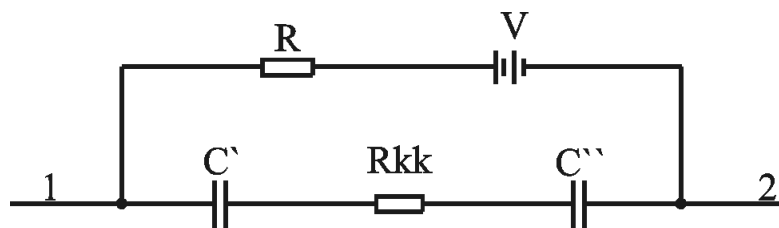
Фиг. 27 в. Обработени експериментални резултати при работна честота 1kHz

Приложението на модела е съобразено с редица ограничения, свързани с промяната на параметрите му в зависимост от използваните методи за измерване на проводимостта, от конструкцията, типа на материала за електродите, режима на работа на кондуктометричната клетка и кондуктометричното устройство като цяло.

Проведени са серия от експерименти. Резултатите, получени по метода за обработка на преките многократни измервания, са представени на фиг. 27.

Предложен е модел, фиг. 35, на електрохимична кондуктометрична клетка, пригоден за приложение в програмна среда PSPICE, за честотен метод

при контактно измерване на проводимостта, като клетка се захранва с биполярен импулсен ток с правоъгълна форма и нулева средна стойност. За проводимостта се съди по стойността на напрежението върху клетката, като се отчитат част от електрическите и химичните процеси, протичащи при измерване проводимостта на течности.



Фиг. 35. Модел на електрохимична кондуктометрична клетка

Резисторът R_{kk} отразява активното съпротивление на разтвора при използването на кондуктометрична клетка с константа 0.9cm^{-1} , потопена в стандартизиран разтвор на KCl от $1,408\text{mS/cm}$, и е равен на 639.2Ω . Кондензаторите C' и C'' отразяват капацитета на двойния електрически слой на границата електрод - разтвор, който се променя от $20\mu\text{F}$ до $40\mu\text{F}$, разглеждани като плоски кондензатори. Постоянното напрежение V отразява отнемстването на изходното напрежение, съответно с:

- $+0,79\text{V}$ при превключване на тока към товара с 10Hz ;
- $+0,73\text{V}$ при превключване на тока към товара със 100Hz ;
- $+0,62\text{V}$ при превключване на тока към товара с 1kHz .

С помощта на резистора R се ограничава тока, протичащ през източника на постоянно напрежение, а стойността му се определя, като се използва параметричен и времеви анализ на програмната среда PSPICE, част от програмния продукт Multisim 11.0 на National Instruments.

Моделът се захранва с биполярен импулсен ток с амплитуда $+502,93\mu\text{A}$ и $-504,8\mu\text{A}$ (съобразен с големината на захранващите напрежения и входния измервателен обхват), с правоъгълна форма и честота на превключване на тока към товара от 10Hz . Получените симулационни данни се интерполират линейно за еднаквост с експериментално получените точки, след което се определя относителната грешка във всяка точка от данните, като за действителни стойности се приемат получените експериментални данни. Стойността на резистора е 838Ω , като се отчита минималната стойност на общата относителна грешка (сбора по абсолютна стойност от максималната и минималната относителна грешка на амплитудата на измереното напрежение), която се получава за стойност на капацитета на двойния електрически слой от $20\mu\text{F}$ с относителна грешка $0,69\%$.

С получената стойност за съпротивлението на резистора R за съответната стойност на капацитета на двойния електрически слой се извършват серия от

симулационни изследвания за определяне разпределението на относителната грешка при нормална работа на кондуктометричния преобразувател и за определена честота на превключване на тока към товара от 10Hz, 100Hz и 1kHz, представени в таблица 7, 8, 9 и съответно на фигури 37, 38, 39.

Таблица 7

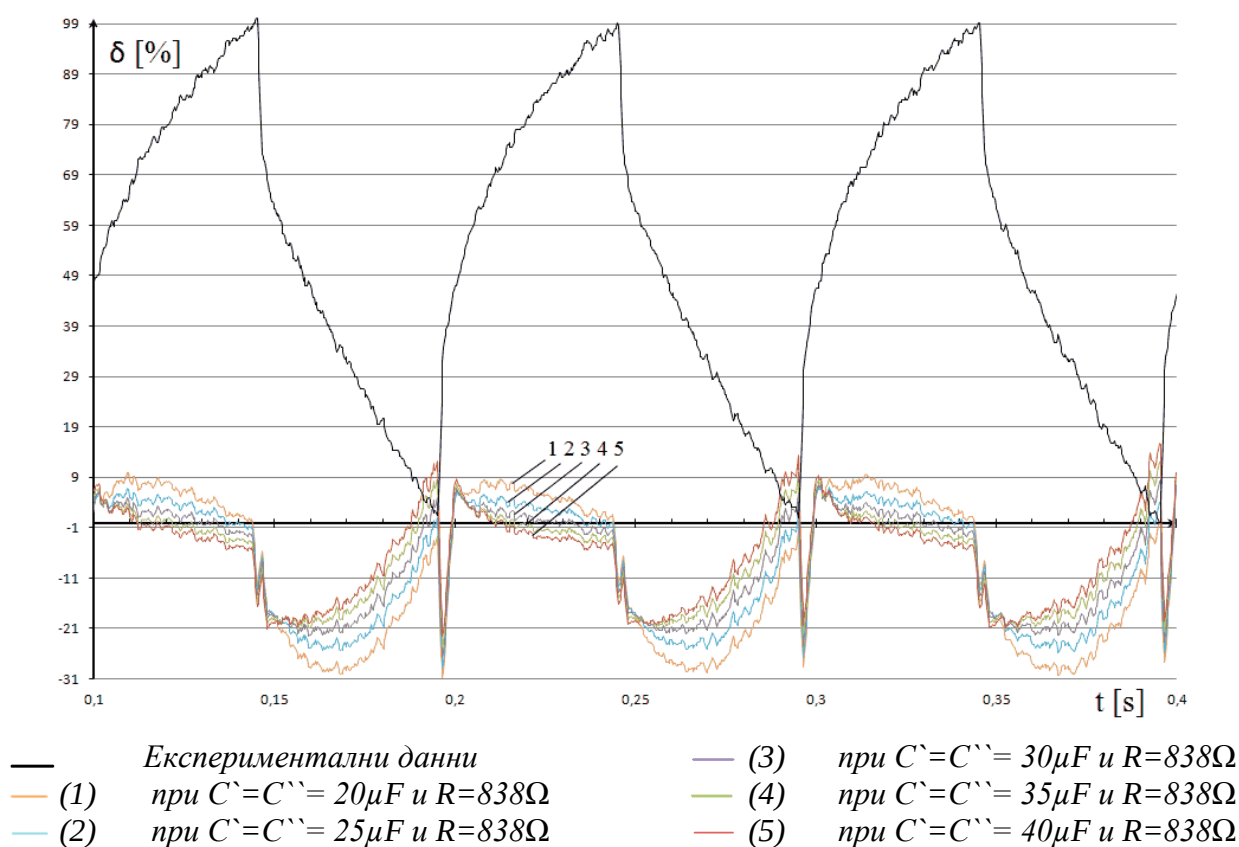
Тип на данните // грешка		Относителна грешка „+” [%]	Относителна грешка „-” [%]	Относителна грешка [%]
симулационни	при $C'=C''=20\mu F$ и $R=838\Omega$	9,96	-30,95	40,91
	при $C'=C''=25\mu F$ и $R=838\Omega$	8,2	-28,88	37,07
	при $C'=C''=30\mu F$ и $R=838\Omega$	8,95	-26,71	35,66
	при $C'=C''=35\mu F$ и $R=838\Omega$	12,05	-24,56	36,61
	при $C'=C''=40\mu F$ и $R=838\Omega$	15,63	-22,55	38,18

Таблица 8

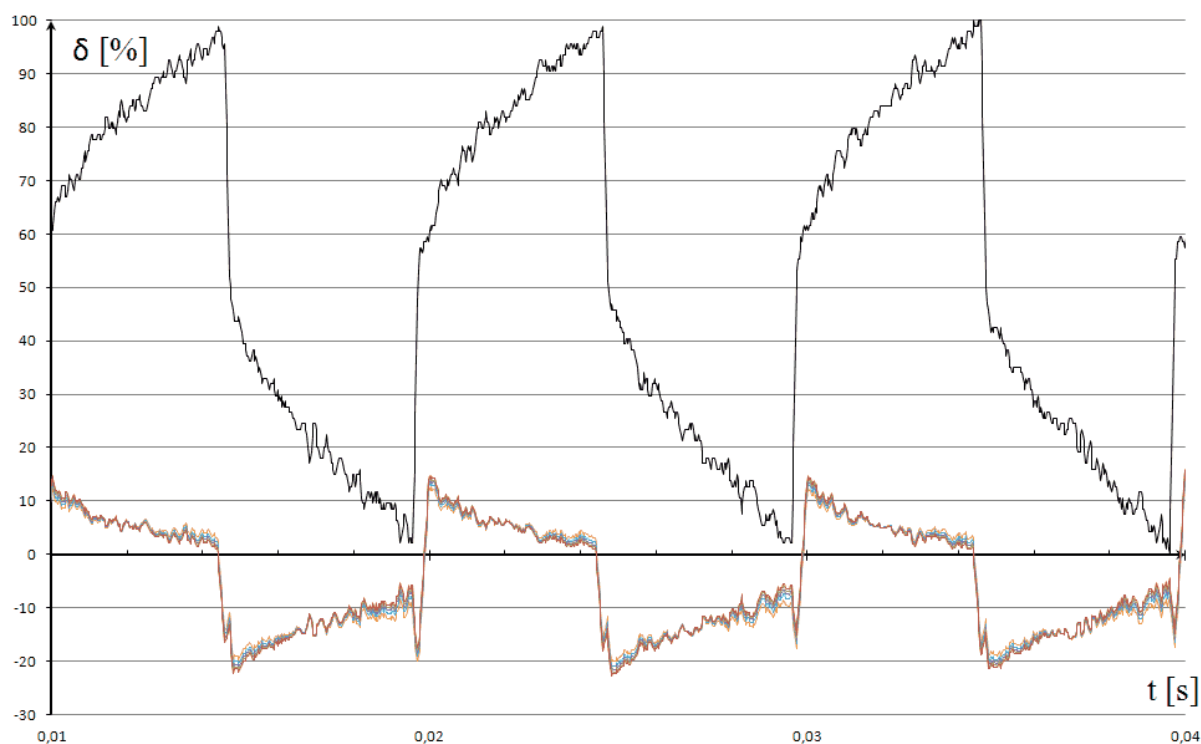
Тип на данните // грешка		Относителна грешка „+” [%]	Относителна грешка „-” [%]	Относителна грешка [%]
симулационни	при $C'=C''=20\mu F$ и $R=838\Omega$	13,58	-21,96	35,54
	при $C'=C''=25\mu F$ и $R=838\Omega$	14,50	-21,81	36,31
	при $C'=C''=30\mu F$ и $R=838\Omega$	15,13	-22,43	37,56
	при $C'=C''=35\mu F$ и $R=838\Omega$	15,58	-22,88	38,46
	при $C'=C''=40\mu F$ и $R=838\Omega$	15,95	-23,22	39,14

„+” - положителен токов импулс

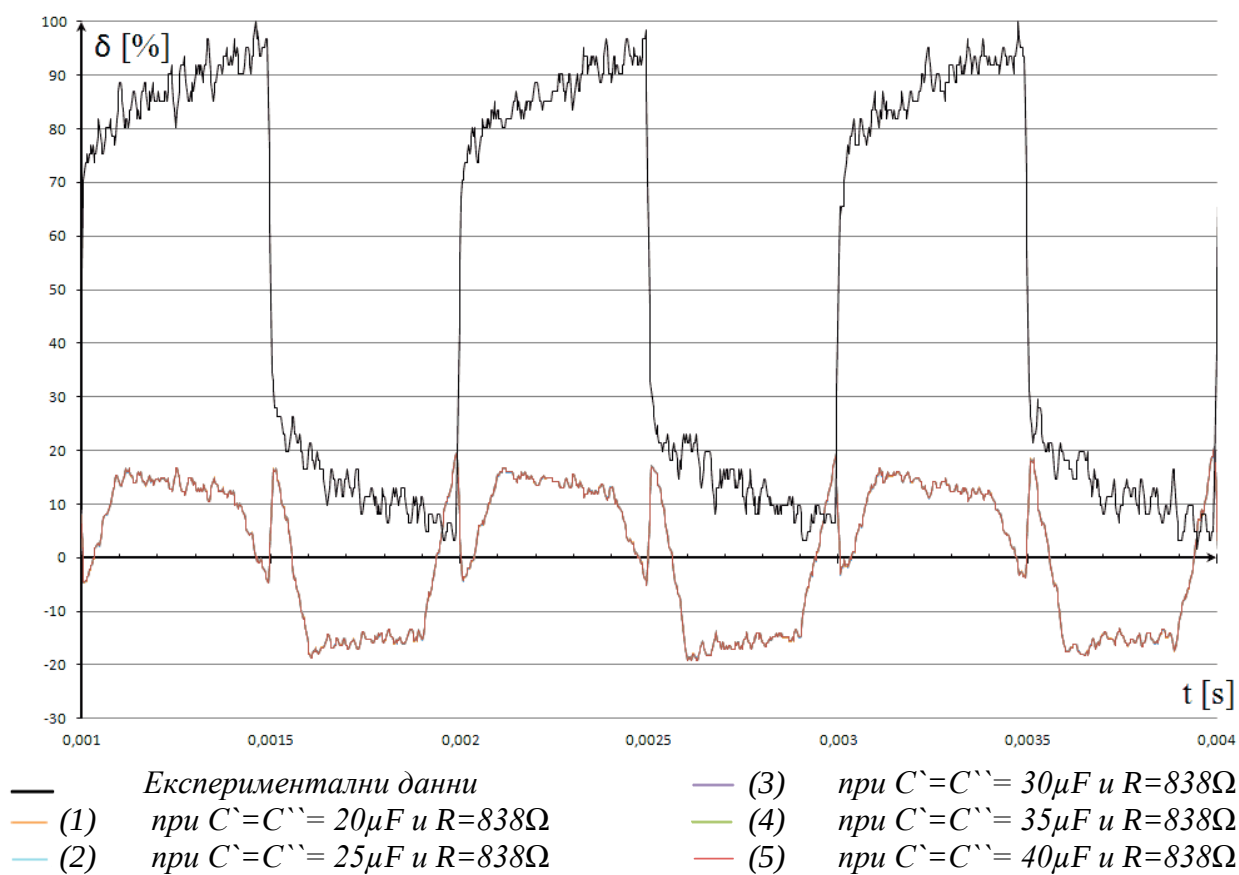
„-” - отрицателен токов импулс



Фиг. 37. Експериментални данни и изчислената относителна грешка



Фиг. 38. Експериментални данни и изчислената относителна грешка



Фиг. 39. Експериментални данни и изчислената относителна грешка

Таблица 9

Тип на данните // грешка		Относителна грешка „+” [%]	Относителна грешка „-” [%]	Относителна грешка [%]
симуляционни	при $C'=C''=20\mu F$ и $R=838\Omega$	20,57	-19,73	40,3
	при $C'=C''=25\mu F$ и $R=838\Omega$	20,71	-19,8	40,51
	при $C'=C''=30\mu F$ и $R=838\Omega$	20,81	-19,84	40,65
	при $C'=C''=35\mu F$ и $R=838\Omega$	20,87	-19,88	40,75
	при $C'=C''=40\mu F$ и $R=838\Omega$	20,92	-19,90	40,82

„+” - положителен токов импулс „-”

- отрицателен токов импулс

Ограничавайки честотата на работа на модела на електрохимична кондуктометрична клетка в диапазона от 100Hz до 1kHz и като се използват посочените по-горе условия, се определя стойността на резистора R. С помощта на параметричен и времеви анализ за стойността на капацитета на двойния електрически слой от 20 μF и при честота на превключване на тока към товара от 100Hz, за стойността на резистора се получава 591 Ω с относителна грешка 1,45%.

Вследствие на това се извършват серия от симулационни изследвания, за да се определи разпределението на относителната грешка при нормална работа на кондуктометричния преобразувател за честота на превключване на тока към товара от 100Hz и 1kHz, представени в таблици 11, 12 и съответно на фигури 41, 42.

Таблица 11

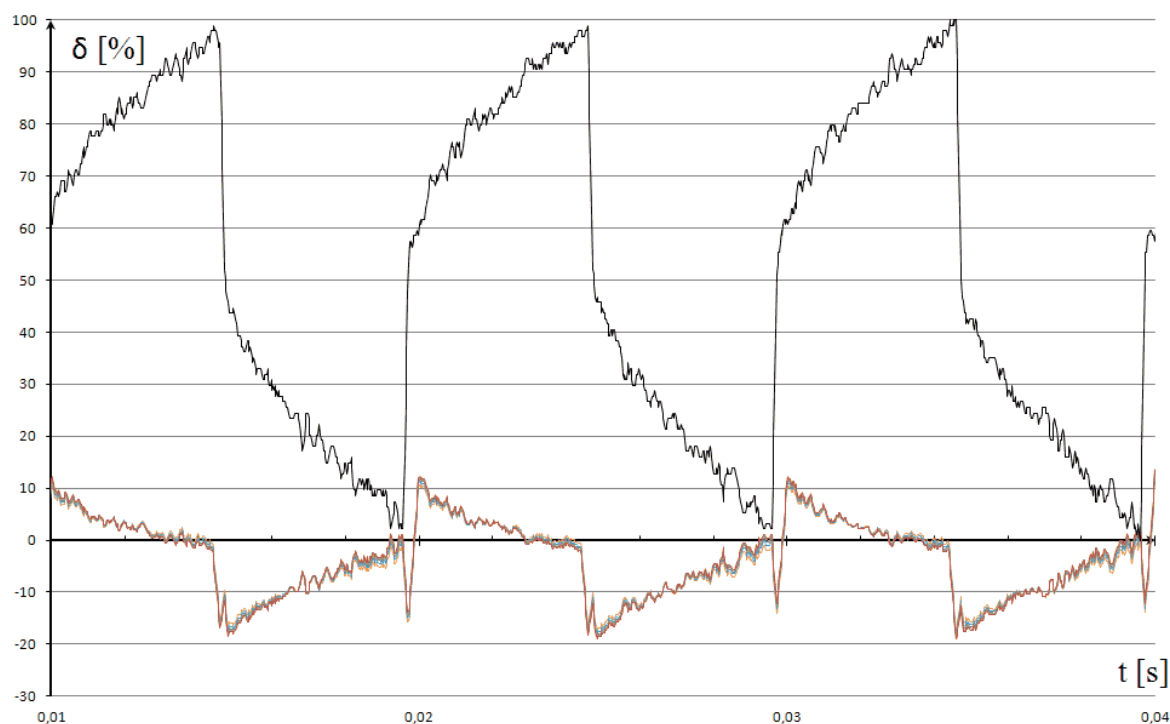
Тип на данните // грешка		Относителна грешка „+” [%]	Относителна грешка „-” [%]	Относителна грешка [%]
симуляционни	при $C'=C''=20\mu F$ и $R=591\Omega$	11,92	-17,80	29,73
	при $C'=C''=25\mu F$ и $R=591\Omega$	12,57	-18,46	31,03
	при $C'=C''=30\mu F$ и $R=591\Omega$	13,01	-18,90	31,91
	при $C'=C''=35\mu F$ и $R=591\Omega$	13,33	-19,22	32,55
	при $C'=C''=40\mu F$ и $R=591\Omega$	13,57	-19,46	33,03

Таблица 12

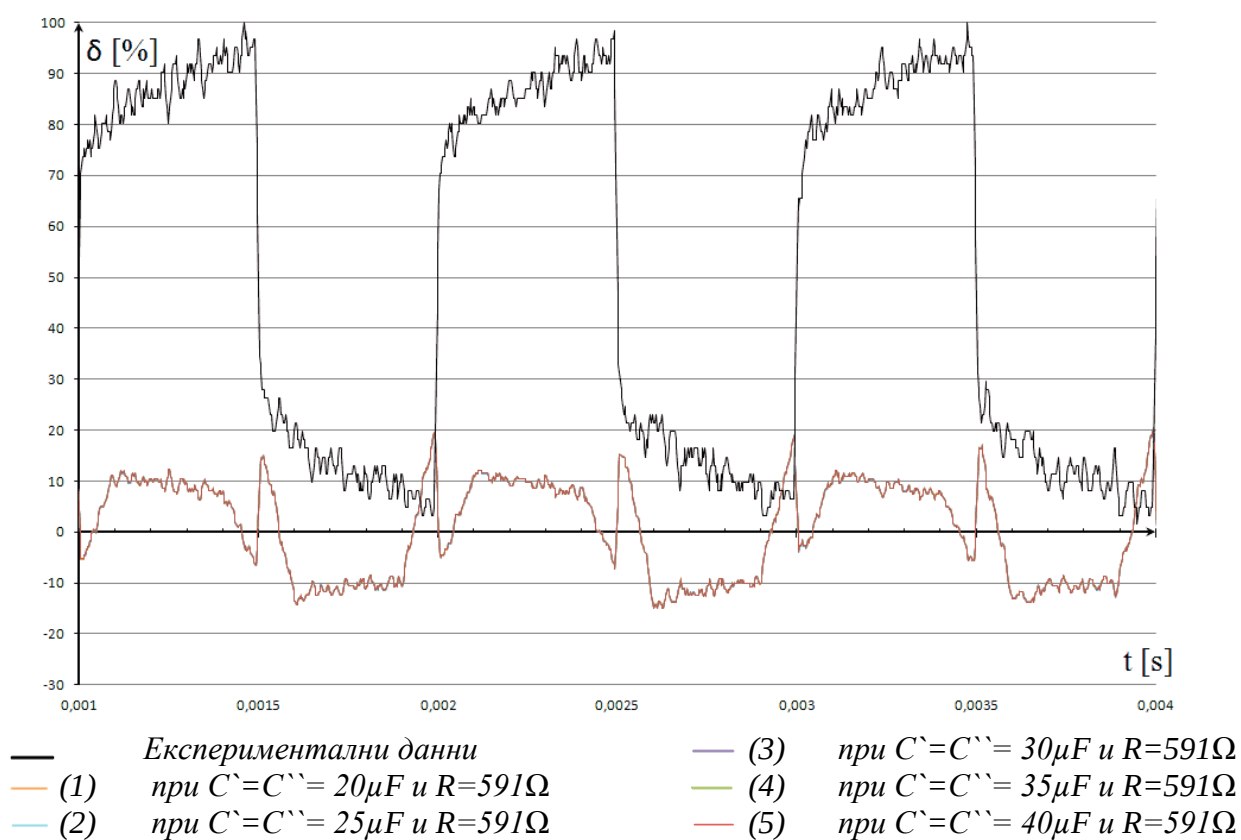
Тип на данните // грешка		Относителна грешка „+” [%]	Относителна грешка „-” [%]	Относителна грешка [%]
симуляционни	при $C'=C''=20\mu F$ и $R=591\Omega$	20,66	-15,45	36,11
	при $C'=C''=25\mu F$ и $R=591\Omega$	20,76	-15,50	36,26
	при $C'=C''=30\mu F$ и $R=591\Omega$	20,83	-15,53	36,36
	при $C'=C''=35\mu F$ и $R=591\Omega$	20,88	-15,56	36,44
	при $C'=C''=40\mu F$ и $R=591\Omega$	20,91	-15,57	36,49

„+” - положителен токов импулс

„-” - отрицателен токов импулс



Фиг. 41. Експериментални данни и изчислената относителна грешка



Фиг. 42. Експериментални данни и изчислената относителна грешка

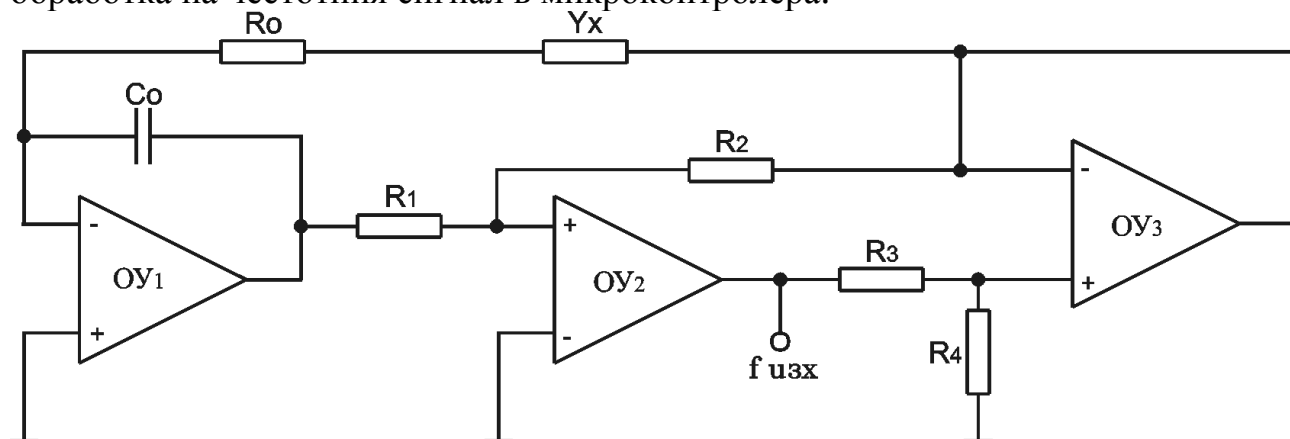
Постигнати резултати в глава II на дисертацията

На база на проведените експериментални изследвания и симулационно получените резултати е предложен модел на електрохимична кондуктометрична клетка. Той може да се прилага в програмна среда PSPICE, както и в автоматизирани системи за разработка на електронни схеми при използването на стоманена кондуктометрична клетка с константа, равна на $0,9\text{cm}^{-1}$, електроди, изработени от неръждаема стомана 1.4571 (316Ti), и тяло на клетката от тефлон, съответно при:

- честотен метод за преобразуване на проводимостта на водни разтвори с работна честота от 10Hz до 1kHz с относителна грешка, по-малка от $\pm 31\%$;
- честотен метод за преобразуване на проводимостта на водни разтвори с работна честота от 100Hz до 1kHz с относителна грешка, по-малка от $\pm 21\%$.

Глава III: Развитие на метода с честотна модулация за контактно измерване на проводимостта на течности, за построяване на кондуктометрични преобразуватели, работещи с кондуктометрична клетка с два електрода

Приложението на новите импулсни методи за преобразуване в кондуктометрията, отнасящи се към тези с честотна модулация и разгъващо преобразуване, прави възможно значителното разширяване на измервателния диапазон, като се запазват необходимата чувствителност и директната обработка на честотния сигнал в микроконтролера.

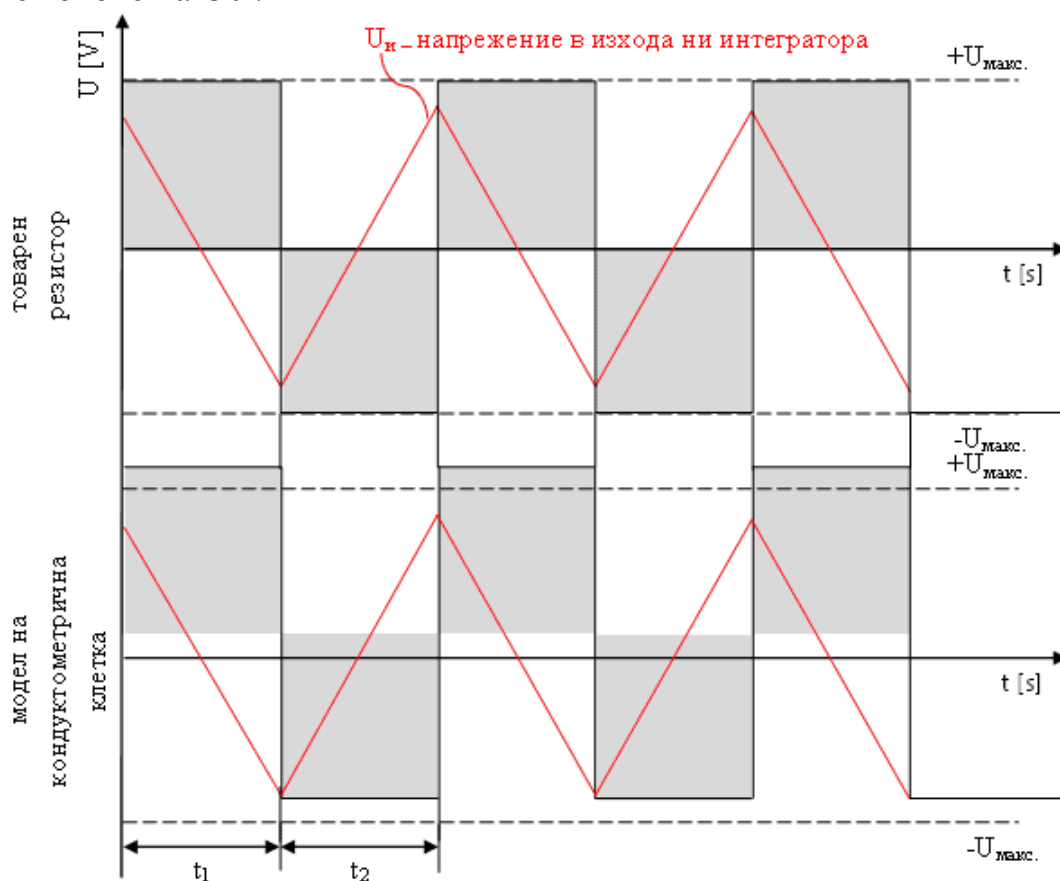


Фиг. 47. Преобразувател на проводимост в честота с ограничаващ резистор и намаляване на напрежението върху кондуктометричната клетка

На фиг. 47 е представена схема на преобразувател на проводимост в честота, при която върху кондуктометричната клетка се подава част от

изходното напрежение от компаратора с помощта на резисторите R_3 , R_4 и посредством ОУ₃. Така се намалява токът през обратната връзка, ограничен допълнително от резистор R_0 , който е включен последователно към кондуктометричната клетка, като се запазва линейността на схемата и разширява измервателният диапазон.

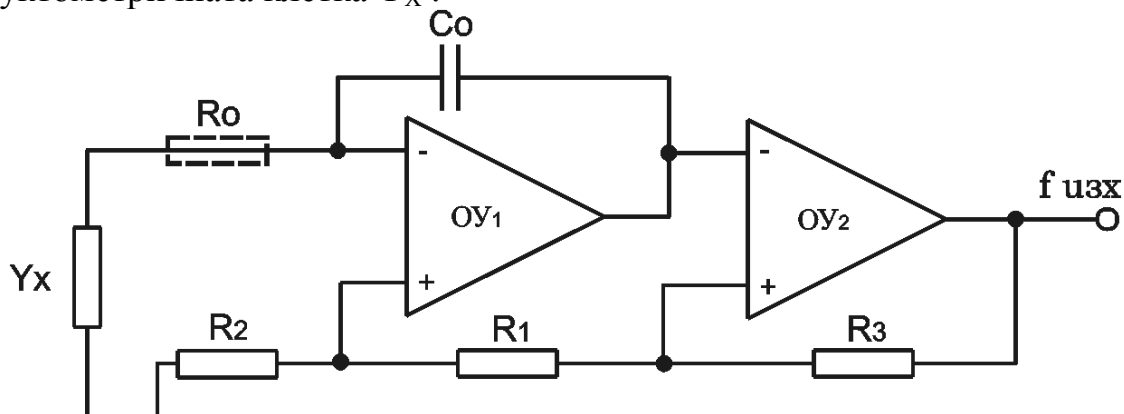
Схемата притежава свойството да настройва автоматично продължителността на полупериодите на изходния си сигнал. От фиг. 49 се вижда, че при използване за товар на резистор продължителността на изходните полупериоди и амплитудата на сигнала спрямо нулевата ос на преобразувателя са симетрични, а при товар модел на електрохимичната кондуктометрична клетка амплитудата на сигнала е отместена от нулевата ос с напрежение, съответстващо на модела. Изходните полупериоди на преобразувателя върху кондуктометричната клетка запазват своята симетричност и продължителност с грешката от остатъчното напрежение и входните токове на ОУ.



Фиг. 49. Работа на преобразувателя при използване на резистор и модел на кондуктометрична клетка

За да се премахне недостатъкът в схемата, представена на фиг. 47, свързан с ограничената изходна мощност на ОУ, инвертиращият интегратор може да се замени с неинвертиращ и кондуктометричната клетка да се заземи,

както е представено на фиг. 50. На входа на интегратора постъпва част от напрежението от изхода на компаратора, определена от съотношението на резисторите R_1 , R_2 и R_3 . Това дава възможност чрез подходящо оразмеряване да се ограничи максималният допустим ток през клетката, без да се включва допълнително ограничително съпротивление R_0 във веригата на кондуктометричната клетка Y_x .



Фиг. 50. Преобразувател на проводимост в честота със заземена клетка и разгъващо преобразуване

Интеграторът интегрира пада на напрежение, образуващ се върху R_2 и постъпващ на неинвертиращия вход на ОУ, като се използва формулата

$$U_{\text{изх.Интегратор}} = \left(1 + \frac{1}{R_x \cdot C_1} \cdot \int dt \right) \cdot U_{R_2}, \quad (70)$$

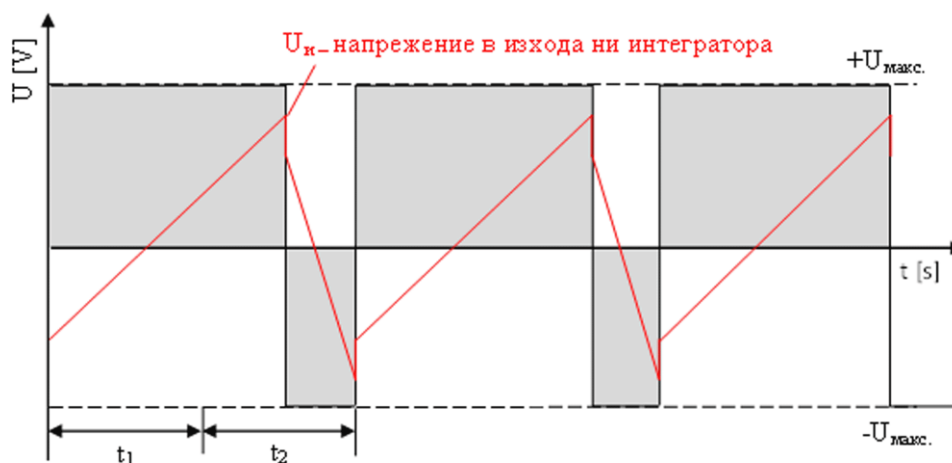
А компараторът сравнява напрежението от интегратора с опорното напрежение на неинвертиращия вход, получено от съотношението между изходното напрежение на компаратора (напрежението на насищане на ОУ) и резисторите R_1 , R_2 и R_3 :

$$\frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \cdot U_{\text{osat}} \quad (71)$$

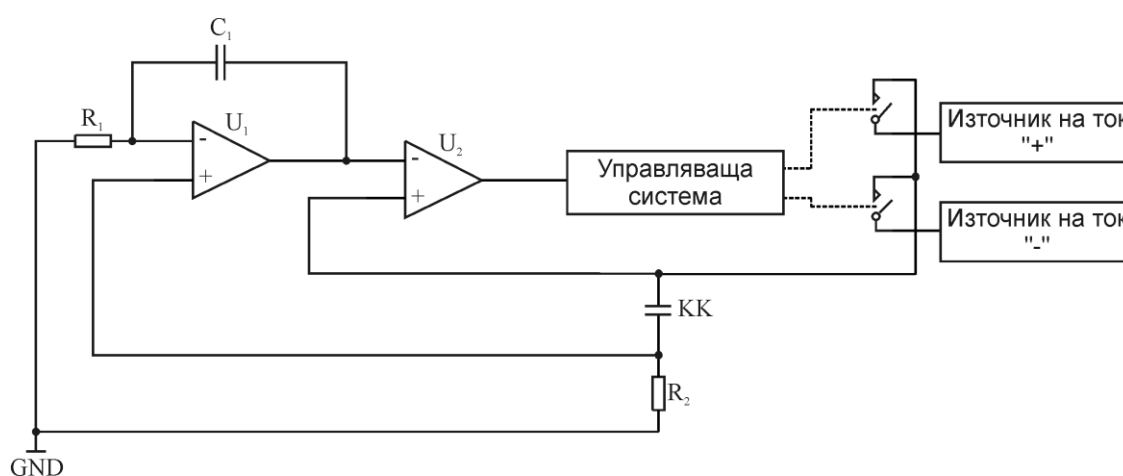
За изходната честота $f_{\text{изх}}$ може да се запише уравнението от вида

$$f_{\text{изх}} = \frac{R_2}{4 \cdot R_1 \cdot C_0 \cdot R_x} = \frac{Y_x \cdot R_2}{4 \cdot R_1 \cdot C_0} \quad (72)$$

При използването на модел на електрохимична кондуктометрична клетка, както се вижда от времедиagramата, представена на фиг. 52, поляризацията променя продължителността на импулсите, което довежда отново до ограничаване на измервателния диапазон.



Фиг. 52. Времени диаграма, показваща работата на схемата при използване на модел на електрохимична кондуктометрична клетка



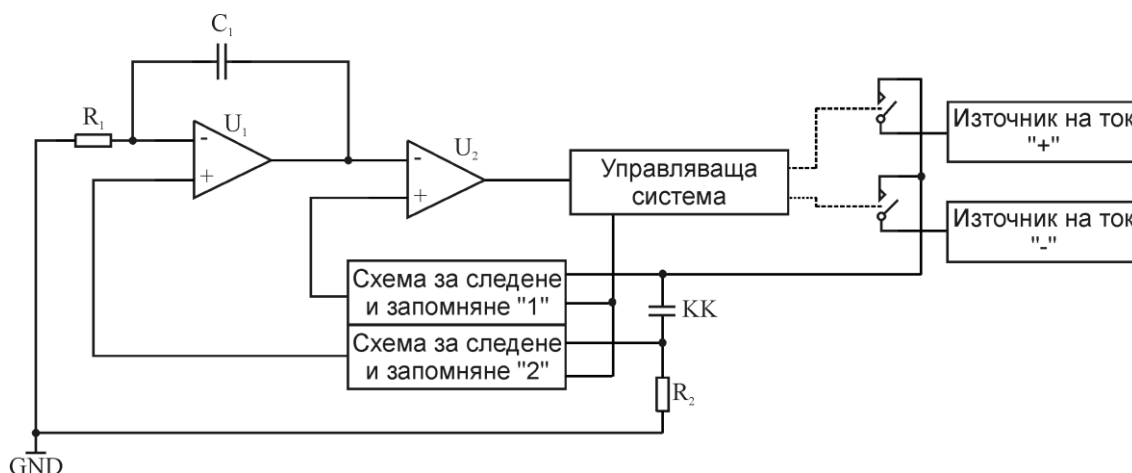
Фиг. 53. Преобразувател на проводимост в напрежение с разгъващо преобразуване

Едновременно решаване на въпроса с ограничената мощност на изходните стъпала на ОУ и несиметричността на полупериодите, водещи до ограничаване на измервателния диапазон, се постига с използването на схемите от фиг. 53 и фиг. 55. Първата е изградена с помощта на интегратор, компаратор, източник на ток, управляван от компаратора, измервателна верига, изградена от кондуктометрична клетка (Y_x) и допълнително съпротивление (R_2). А при втората са добавени схеми за следене и запомняне, които осигуряват работа на схемата през целия измервателен диапазон, пропускайки ток през кондуктометричната клетка за време, значително по-малко от периода на преобразуване.

Интеграторът интегрира пада на напрежение върху резистора R_2 по формулата

$$U_{изх} = \left(1 + \frac{1}{R_1 \cdot C_1} \cdot \int dt \right) U_{R_2}, (73)$$

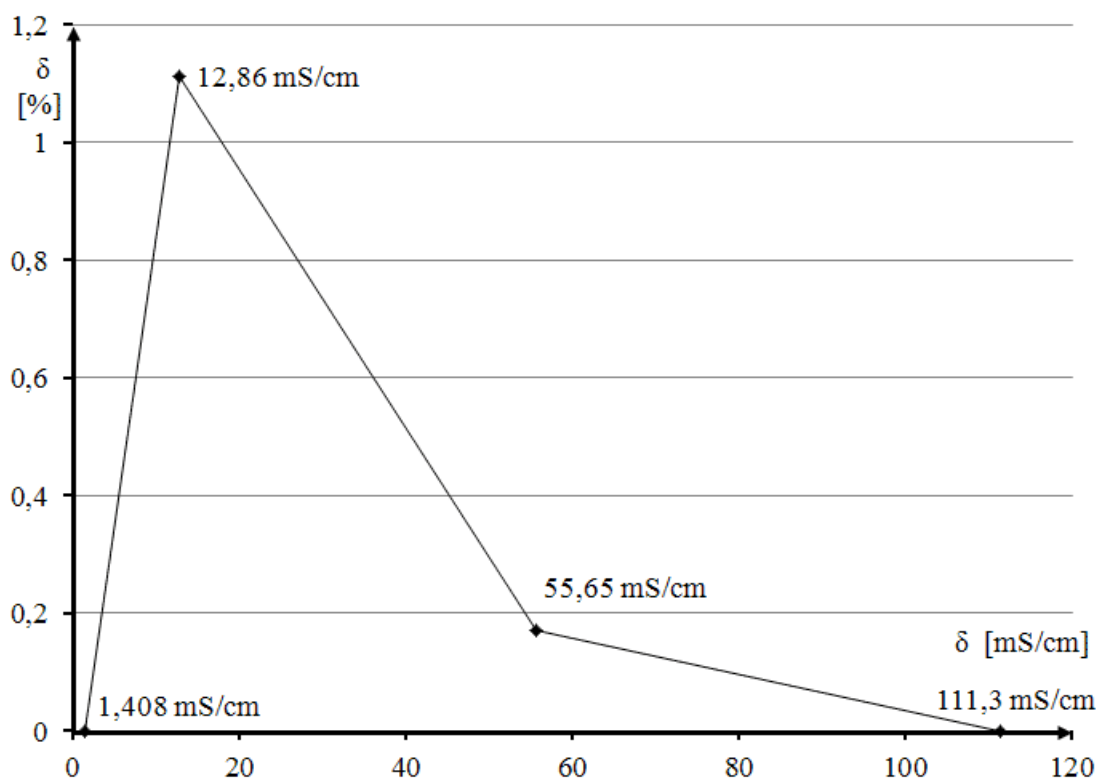
Напрежението U_{R2} е подадено на инвертиращия вход на компаратора, а напрежението, възникващо върху измервателната верига ($KK + R_2$), е подадено на неинвертиращия вход на компаратора, който сравнява тези две напрежения и при равенство се превключва от едно наситено състояние в друго, осигурявайки сигнал за управление на източниците на ток и дискретния честотен сигнал, постъпващ в микроконтролера за изчисляване на проводимостта.



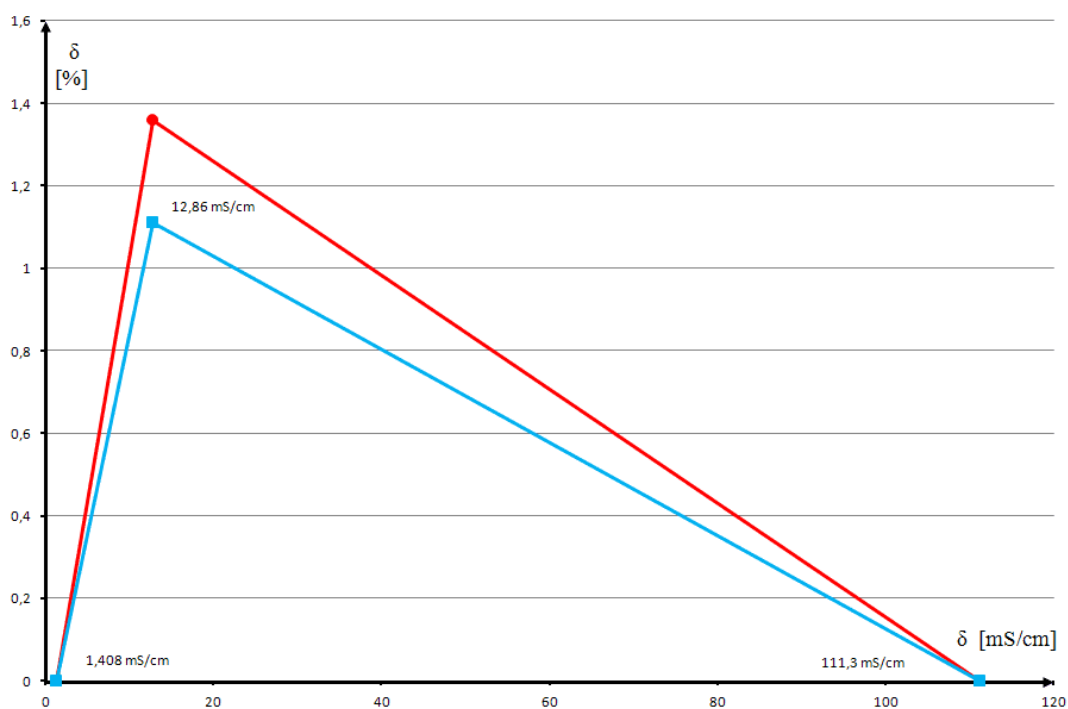
Връзката между честотата на дискретния сигнал и проводимостта се изчислява по формулата

където Y_x е измерваната проводимост, R_0 е опорното съпротивление и τ е равно на $R_1.C_1$.

19 | Страница



Фиг. 56. Изчислена грешка от нелинейност за схемата от фиг. 47



Фиг. 57. Изчислената грешка δ_1 , получена за схемите от фиг. 53 и фиг. 55

- - представени са експерименталните резултати за схемата от фиг. 53
- ◆ - представени са експерименталните резултати за схемата от фиг. 55

Постигнати резултати в глава III на дисертацията

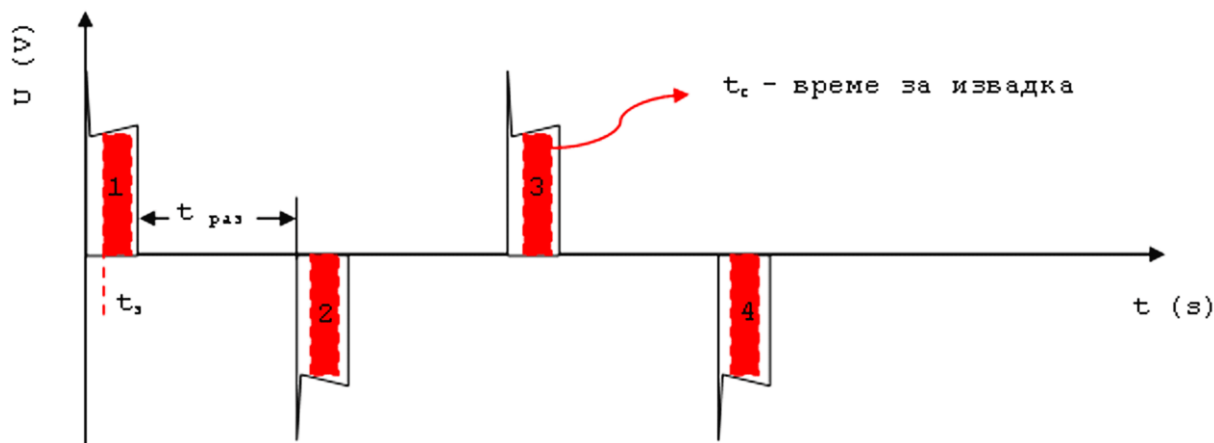
Представените схеми на преобразуватели на проводимост в честота удовлетворяват различните изисквания спрямо измерването на проводимостта. Демонстрирана е възможността за автоматична настройка на продължителността на полупериодите на изходния сигнал с линейно изменение на изходната честота спрямо изменението на електропроводимостта, съобразявайки се единствено с ограничената мощност на изходните стъпала на ОУ, водеща до тесен измервателен диапазон. Демонстрирана е и възможността за измерване на проводимостта в широк измервателен диапазон, като се запазва продължителността на полупериодите, през които протича измервателният сигнал през кондуктометричната клетка с използване на кратки токови импулси, следвано от дълги паузи за разреждане капацитета на двойния електрически слой ведно с намаляване на мултипликативната грешка и линейния характер на зависимостта между измерваната електропроводимост и изходната честота, даваща възможност за лесна обработка на сигнала от микропроцесорна система.

Глава IV: Нов метод с честотна модулация за контактно измерване на проводимостта на течности, приложим за кондуктометрична клетка с два електрода

Протичането на тока през кондуктометричната клетка за определен период от време води до намаляване на енергията на протичащите химически реакции и на скоростта на процесите, както и до невъзможността да се натрупа заряд в кондензатора на двойния електрически слой.

4.1.1. Същност на метода с честотна модулация за контактно измерване на проводимостта на течности

Увеличаването на големината на тока, протичащ през електрохимичната кондуктометрична клетка за обезпечаване чувствителността на измерването на проводимостта, е в противоречие с намаляването на скоростта на протичане на химичните процеси, и с намаляването на поляризацията. Предвид този факт и като се използват съвременните възможности на измервателната и микропроцесорната техника, е предложен метод, илюстриран на фиг. 58, където кондуктометричната клетка се захранва с биполярен импулсен ток с правоъгълна форма и нулева средна стойност, а за проводимостта се съди по стойността на напрежението върху клетката, като захранващият ток се формира като поредица от положителен импулс – пауза – отрицателен импулс – пауза и т.н. Паузата между импулсите е по-голяма от продължителността на токовите импулси, а измерената стойност на напрежението върху КК се осъществява със закъснение t_z след предния фронт на всеки токов импулс.

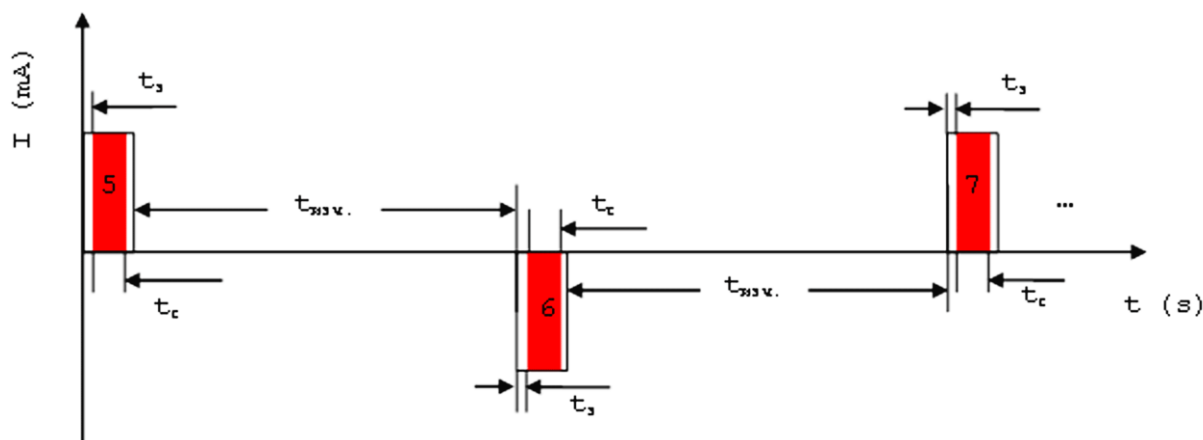


Фиг. 58. Представено е времето за извадка на измервания сигнал.

4.1.2. Практическо приложение на метод с честотна модулация за контактно измерване на проводимостта на течности, приложим за кондуктометрична клетка с два електрода

На фиг. 55 е представена блокова схема, реализираща метода с импулсен ток за контактно измерване проводимостта на течности.

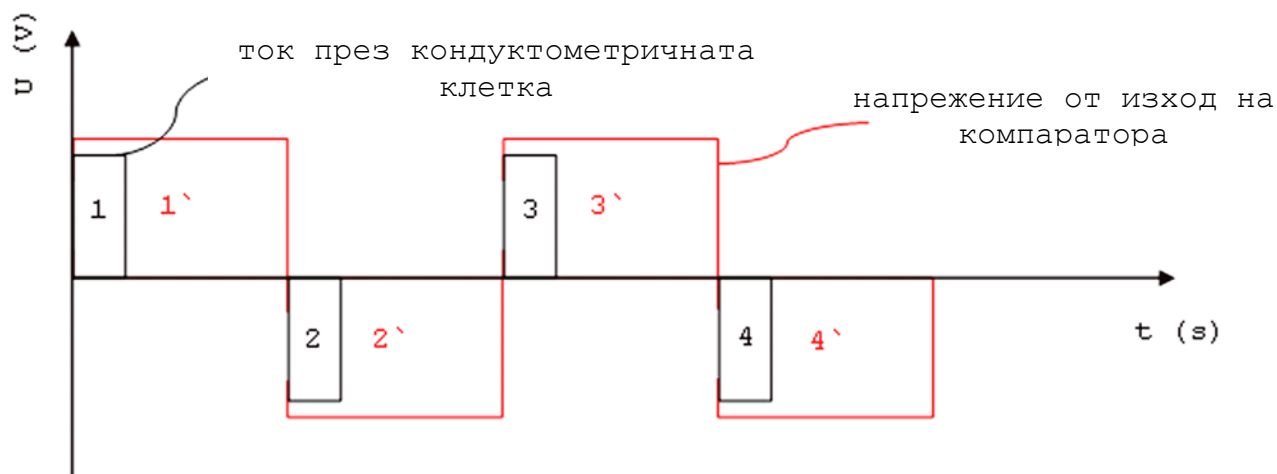
Управляващият блок изработва кратък разрешаващ сигнал към източника на положителен ток чрез ключа S_1 (сигнал „5” от фиг. 59) със закъснение t_z и за време t_c към схемите за следене и запомняне (t_z и t_c от фиг. 59). Изчаква време $t_{изч.}$ за сигнал от изхода на компаратора U_2 , след което управляващата система изработва кратък разрешаващ сигнал към източника на отрицателен ток чрез ключа S_2 (сигнал „6” от фиг. 59) със закъснение t_z и за време t_c към схемите за следене и запомняне (t_z и t_c от фиг. 59). Изчаква време $t_{изч.}$ за сигнал от изхода на компаратора U_2 , след което се повтарят действията на устройството, докато не се получи сигнал от изхода на компаратора U_2 .



Фиг. 59. Времедиаграма на импулсите от управляващ блок при стартиране на устройството

При получаване на положителен сигнал от изхода на компаратора U_2 (сигнал „1“ и „3“ от фиг. 60) управляващата система изработва кратък разрешаващ сигнал към източника на положителен ток чрез ключа S_1 със закъснение t_3 и за време t_c към схемите за следене и запомняне (t_3 и t_c от фиг. 59), при което се пропуска кратък положителен ток (сигнал „1“ и „3“ от фиг. 60) през кондуктометричната клетка KK и резистора R_2 . Образува се пад на напрежение върху резистора R_2 , запомнен в схемата за следене и запомняне „2“, който се интегрира от неинвертиращ интегратор, реализиран с помощта на операционен усилвател U_1 , R_1 и C_1 по формулата $U_{изх.} = \left(U_{R_2} + \frac{1}{R_1 C_1} \cdot \int U_{R_2} \cdot dt \right)$. Изходното

напрежение от неинвертиращия интегратор се подава на инвертиращия вход на компаратора U_2 и се сравнява със запомненото напрежение в схемата за следене и запомняне „1“, което е сумата от напреженията върху кондуктометричната клетка и резистора R_2 ($U_R = U_{KK} + U_{R_2}$).



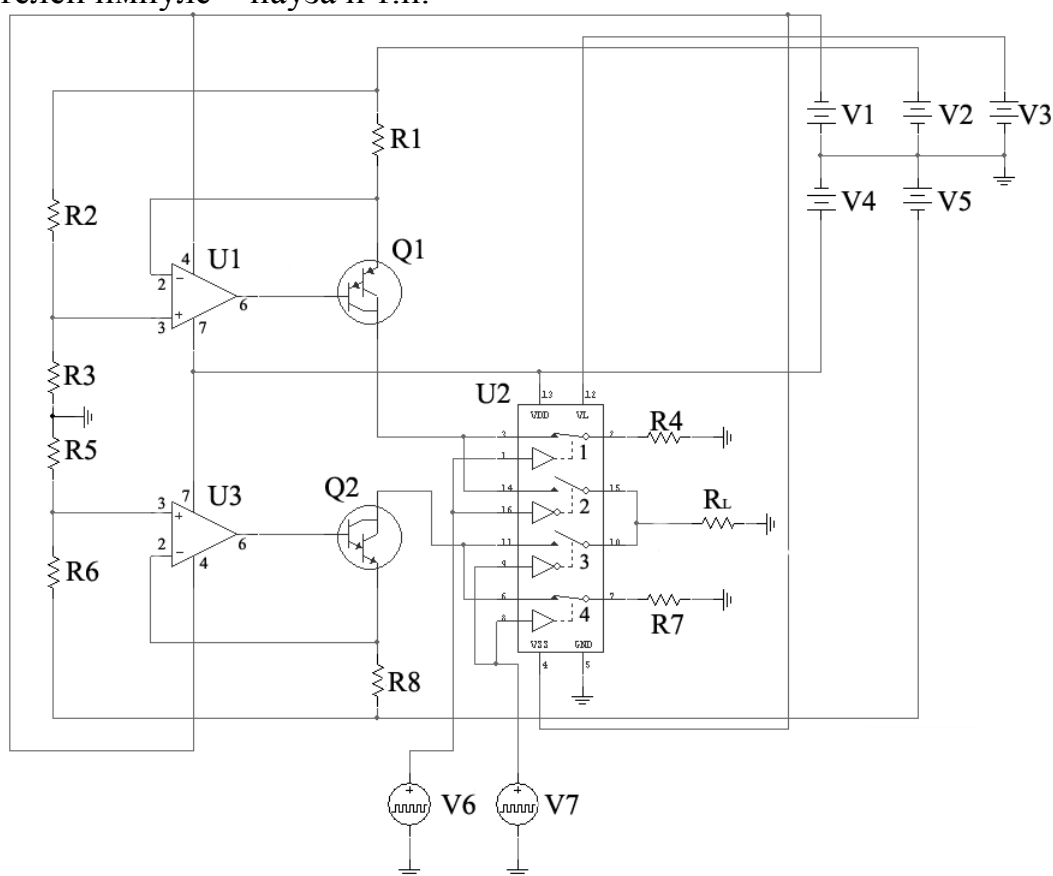
Фиг. 60. Времедиаграма на управляващ блок в нормален работен режим на устройството

При равенство на двете напрежения се формира отрицателен сигнал от изхода на компаратора U_2 (сигнал „2“ и „4“ от фиг. 60) към управляващия блок, който, от своя страна, изработва кратък разрешаващ сигнал към източника на отрицателен ток чрез ключа S_2 със закъснение t_3 и за период t_c към схемите за следене и запомняне (t_3 и t_c , фиг. 58), при което се пропуска кратък отрицателен ток (сигнал „2“ и „4“ от фиг. 60) през кондуктометричната клетка KK и резистора R_2 . Образуваният пад на напрежение върху R_2 , запомнен в схемата за следене и запомняне „2“, се интегрира от интегратора. Изходното напрежение от интегратора се подава на инвертиращия вход на компаратора и се сравнява със запомненото напрежение в схемата за следене и запомняне „1“, което е сумата от напреженията върху кондуктометричната клетка и резистора R_2 ($U_R = U_{KK} + U_{R_2}$). При равенство на двете напрежения се формира положителен сигнал към управляващия блок (сигнал „1“ и „3“ от фиг. 60), който, от своя

страна, изработва кратък разрешаващ сигнал към източника на положителен ток чрез ключа S_1 (сигнал „1“ и „3“ от фиг. 60) със закъснение t_3 и за период t_c към схемите за следене и запомняне (t_3 и t_c от фиг. 59). При това през кондуктометричната клетка КК и резистора R_2 се пропуска кратък положителен ток.

4.2. Приложение на източници на импулсен ток за контактно измерване проводимостта на течности

Реализирането на метода за контактно измерване на електропроводимостта на течности налага да се изследват биполярни импулсни източници на ток с правоъгълна форма и нулева средна стойност, при които захранващият ток се формира като поредица от положителен импулс – пауза – отрицателен импулс – пауза и т.н.



Фиг. 65. Биполярен източник на ток с ОУ, транзистор и аналогов ключ

На фиг. 65 е представена схема на двуполярен източник на ток, при която с помощта на аналогов ключ се осъществява управлението на изходния ток, като се използват източниците на правоъгълно напрежение V_6 и V_7 . Формирането на поредица от положителен импулс – пауза – отрицателен импулс – пауза и т.н. се постига с подходящо управление, като се избягва „насищането“ на източника на ток и се намалява пикът на импулса при превключването на тока.

За изходния ток на схемата от фиг. 65 може да се запише уравнението

$$I_T = S_{2,4} \frac{U_{V2} \cdot R_2}{R_1(R_2 + R_3)} - S_{1,3} \frac{U_{V5} \cdot R_6}{R_8(R_6 + R_5)}, \quad (76)$$

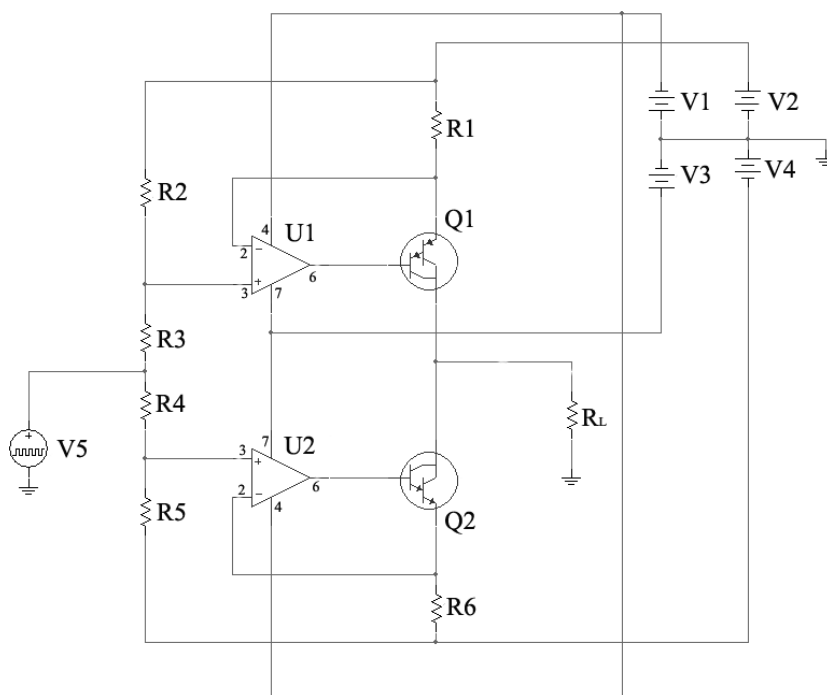
където $R_2=R_6$, $R_3=R_5$, $R_1=R_8$, $|V2|=|V5| < |V1|=|V4|$, а $S_{2,4}$ и $S_{1,3}$ приемат стойност 0 или 1 в зависимост от управлението.

На фиг. 67 и фиг. 69 са представени схемите на двуполярен източник на ток, като превключването на тока към товара се осъществява от източник на правоъгълно напрежение $V5$.

За изходния ток на схемата от фиг. 67 може да се запише уравнението

$$I_T = \frac{(U_{V2} - U_{V5}) \cdot R_2}{R_1(R_2 + R_3)} + \frac{(U_{V4} - U_{V5}) \cdot R_5}{R_6(R_5 + R_4)}, \quad (77)$$

където $R_2=R_5$, $R_3=R_4$, $R_1=R_6$ и $|V5| \leq |V2| = |V4| < |V1|=|V3|$.

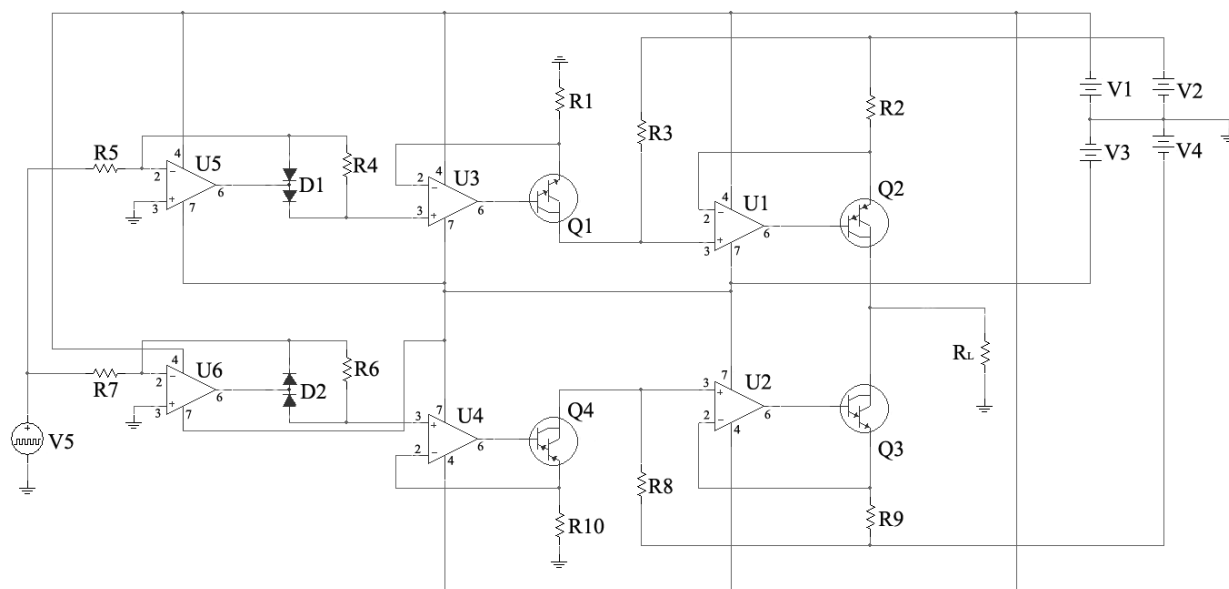


Фиг. 67. Биполярен източник на ток с ОУ и транзистор

За изходния ток на схемата от фиг. 69, при която товарът и опорният източник имат обща маса, може да се запише уравнението

$$I_T = -\frac{U_{V5} \cdot R_3}{R_1 \cdot R_2}, \quad (78)$$

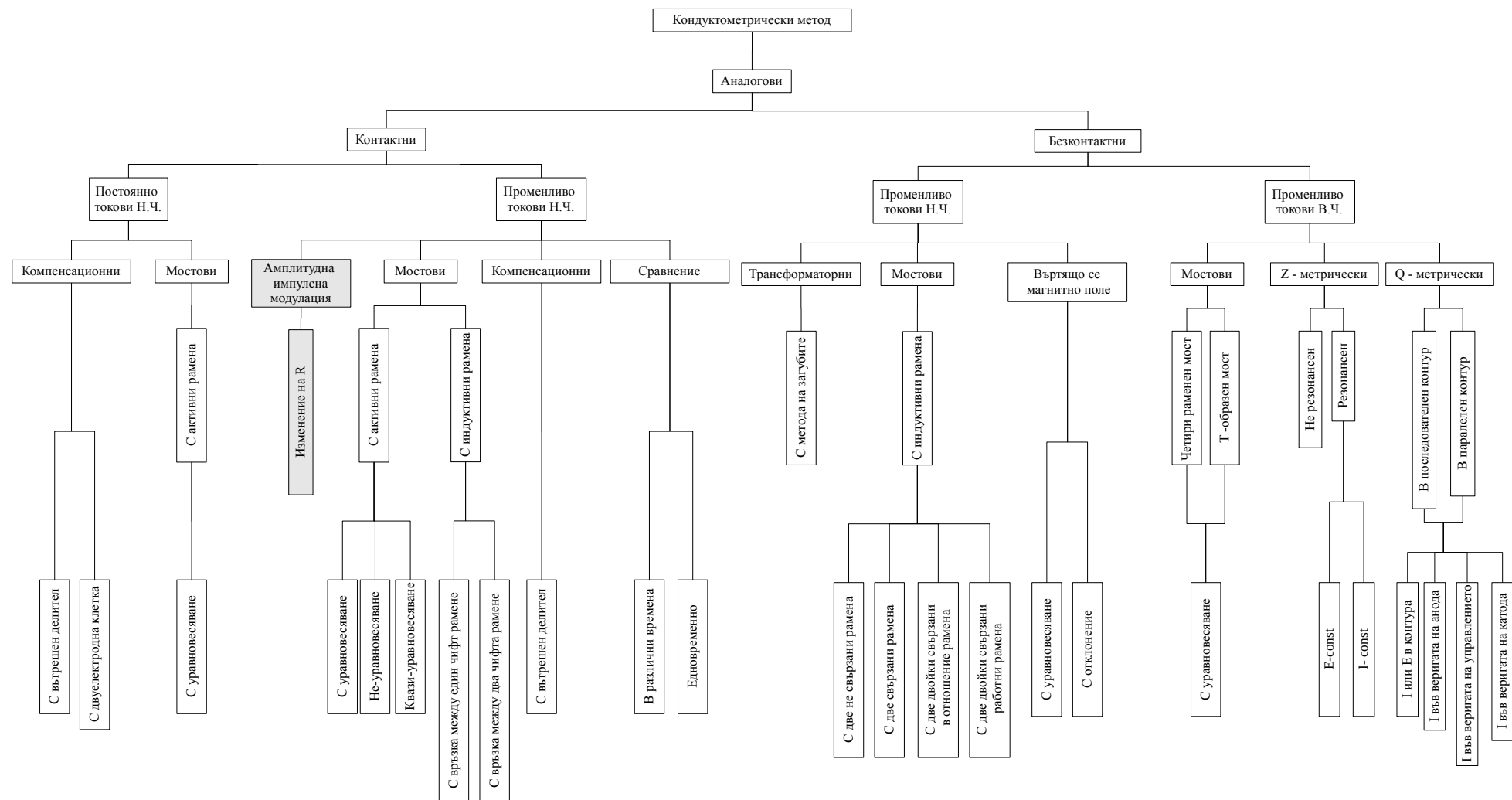
където $R_2=R_9$, $R_3=R_8$, $R_1=R_{10}$ и $|V2|=|V4| < |V1|=|V3|$.

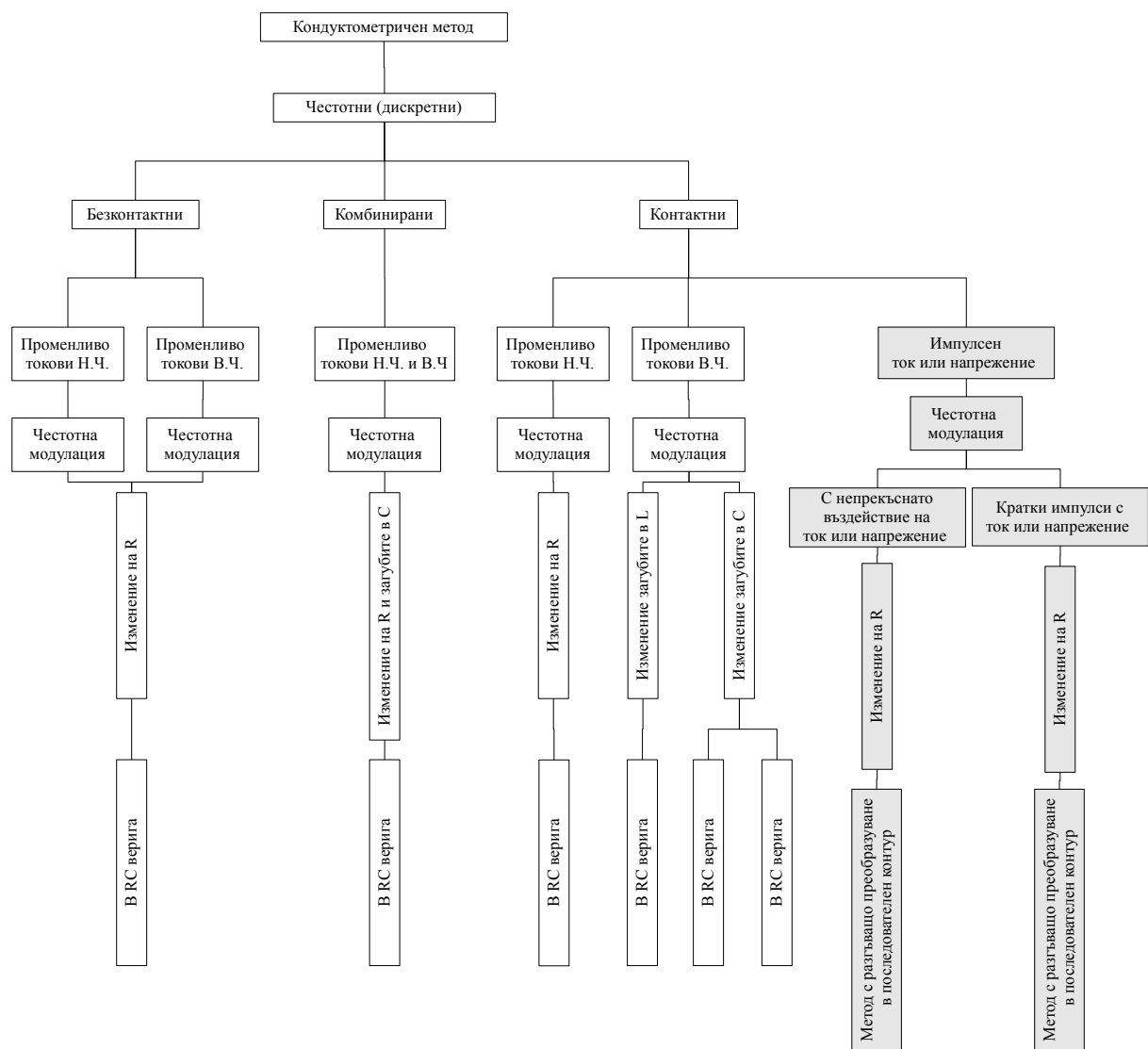


Фиг. 69. Източник на ток с два ОУ и транзистори

4.3. Развитие на класификация на методите за кондуктометрични измервания

За пълнота на представената класификация на методите за кондуктометрични измервания в началото на обзора е необходимо да се допълнят представените методи за измерване на проводимостта, а именно: в областта на контактната кондуктометрия с променлив ток за ниски честоти трябва да се добави методът с амплитудна импулсна модулация при изменение на съпротивлението R във верига с резистор, а в областта на контактните честотни кондуктометрични методи - използването на импулсен ток или напрежение с честотна модулация, с непрекъснато или кратковременно въздействие с ток или напрежение при изменението на съпротивлението в разгъващо преобразуване с последователен контур.





Фиг. 71. Допълнение на класификация на методите за кондуктометрични измервания

Постигнати резултати в глава IV на дисертацията

Краткото време, през което измервателният сигнал е приложен върху кондуктометричната клетка, води до намаляване на времето за пропускане на ток през нея, като се намаляват подаваната енергия, скоростта на протичане на химичните процеси, поляризацията и грешката от топлинния ефект при протичане на ток.

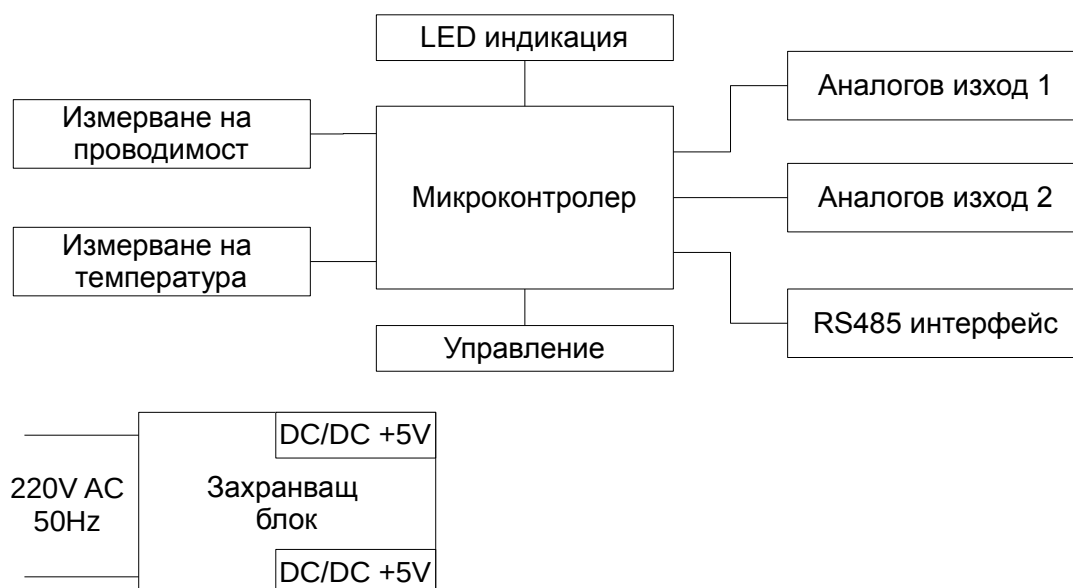
Представените източници на биполярен ток на фиг. 67 и фиг. 69 имат възможност да превключат на импулсен ток с продължителност, по-малка от 40 μ s; с общо максимално време за установяване на сигнала и преходния процес, по-малко от 10 μ s; с висока стабилност на тока при широк диапазон на изменение на товарното съпротивление от 10 Ω до 10000 Ω ; с висока температурна стабилност на тока при изменение на температурата от 0°C до 80°C. Източниците са приложими за реализирането на метода, при който токът се формира като поредица от положителен импулс – пауза – отрицателен импулс – пауза и т.н., като дават възможност и за използване на допълнителната функционалност за премахване на остатъчната поляризация и за удовлетворяване на условието за нулев среден ток пред кондуктометричната клетка, регулирайки големината на изходния ток с помощта на амплитудата на входното напрежение.

Допълнена е известната класификация на методите за кондуктометрични измервания с методи с разгъващо преобразуване с непрекъснато и кратковременно въздействие.

Глава V: Разработка на кондуктометрично устройство за контактно измерване на проводимостта на течности, работещо с кондуктометрична клетка с два електрода. Симулационни и експериментални изследвания

Разработката на кондуктометър, използващ представения на фиг. 47 преобразувател на проводимост в честота, с висока точност, бързодействие, линейност и с възможност за автоматично настройка на продължителността на полупериодите на изходния си сигнал, ще даде възможност да се намали влиянието на поляризацията върху резултата от измерването. Използва се съвременно микропроцесорно управление, което осигурява гъвкавост на устройството по отношение на калибровката, на възможността за динамична настройка на параметрите на устройството и на принадлежността на изходните канали. Това ще направи възможно приложението на кондуктометричното устройство в автоматизираните системи за контрол на различни технологични процеси в производството, на екологичното състояние на околната среда, на

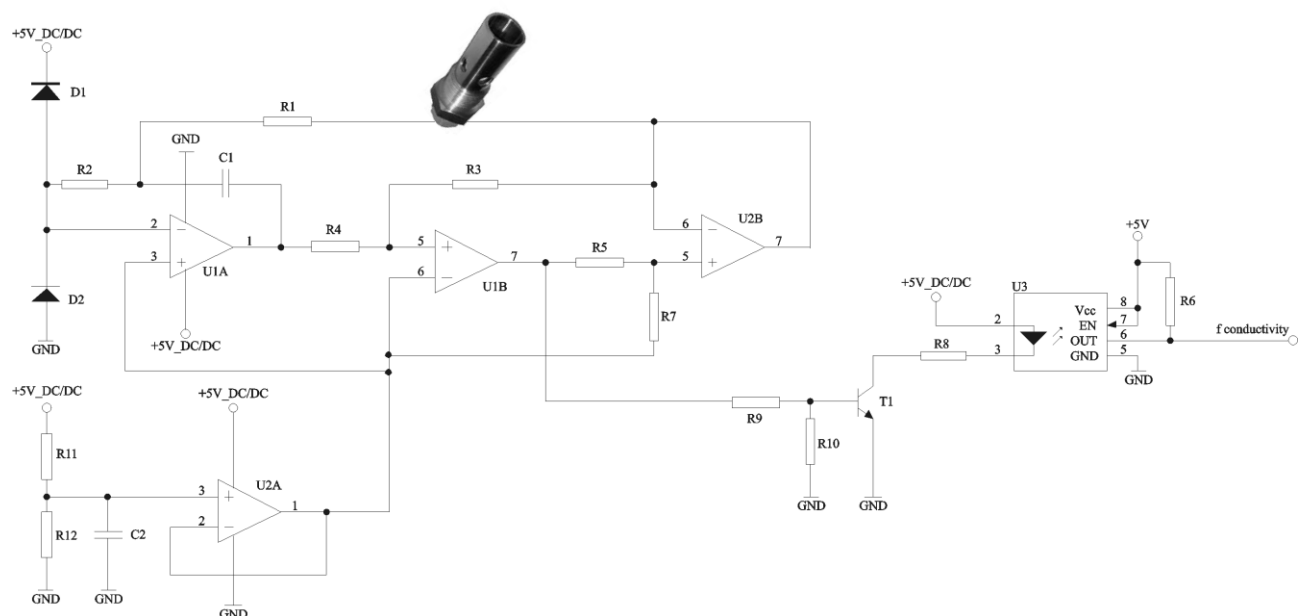
водата, напускаща пречиствателните станции, и на производството в промишлеността.



Фиг. 72. Блокова схема на устройството за измерване на проводимостта

Кондуктометричното устройство, представено на фиг. 72, е изградено от: **захранващ блок**, при който се използва високоефективен импулсен преобразувател на напрежение от Power Integrations, DC/DC преобразуватели от фирмата Aimtec и опорен източник на напрежение TL431; **блок цифрови изходи**, в който се използват релета, за които е предвидена възможност за програмно задаване на принадлежността, на типа, на границите и хистерезиса. Микропроцесорът дава възможност на кондуктометъра да се програмира за всички видове режими на ON/OFF, както и за трипозиционно регулиране или като процес-индикатор с едно или две алармени нива; **блок RS485 интерфейс**, в който се използва изолираният Half-Duplex RS-485 Transceiver с ниска консумация и новата патентована технология iCoupler за пренос на данни от фирмата Analog Devices; **блок аналогови изходи**, в който се използва двупроводен прецизен 4-20mA токов преобразувател от Texas Instruments с външно постоянно захранващо напрежение от 7,5V до 36V и малка грешка от нелинейност 0.003; **блок управление**, в който се използват бутони, чрез които се осъществяват настройката, управлението и калибровката на кондуктометъра; **блок индикация**, в който се използват четворен седемсегментен индикатор, показващ текущо измерената стойност на температурата или на проводимостта, настройките и текущата работа на устройството, и пет светодиода, показващи състоянието на алармените изходи и дименсията на измерваната величина; **блок микроконтролер**, в който се използва 8-битов микроконтролер на фирмата Microchip; **блок за измерване на температурата**, в който се използва преобразувател на съпротивлението в напрежение с възможност за включване на трипроводен сензор Pt100, еднополярно захранващо напрежение, възможност за измерване на температурата в диапазона от -40°C до 200°C с относителна грешка на преобразувателя за посочения диапазон, по-малка от $\pm 0,026\%$; **блок за измерване на проводимостта**, в който се използва схема на преобразувател на

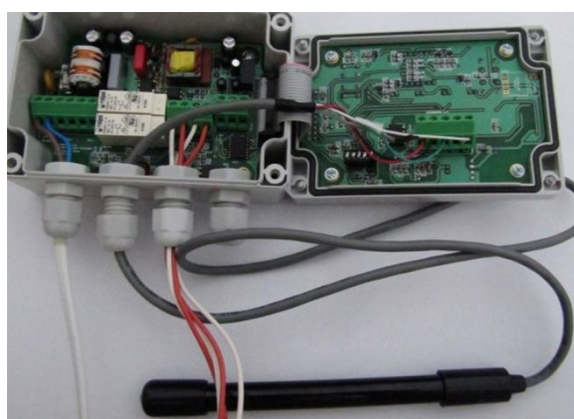
проводимост в честота, представена на фиг. 75, с еднополярно захранващо напрежение, което налага отместване на нулата на 2,5V с помощта на резисторите R11, R12 и ОУ U2A, и галванично развързвайки преобразувателя на проводимост от микроконтролера посредством оптрон, изграден с интегрална схема U3, и вземайки сигнала за честота от изхода на U1B посредством транзистора T1.



Фиг. 75. Преобразувател на проводимост в честота

При обработката на информацията се използват експоненциален и интегриращ филтър, с което се премахват смущенията на полезния сигнал, което позволява бърза и точна обработка на данните.

Проектираното и реализирано кондуктометрично устройство е представено на фиг. 76.



а)



г)

Фиг. 76. Проектиран кондуктометър

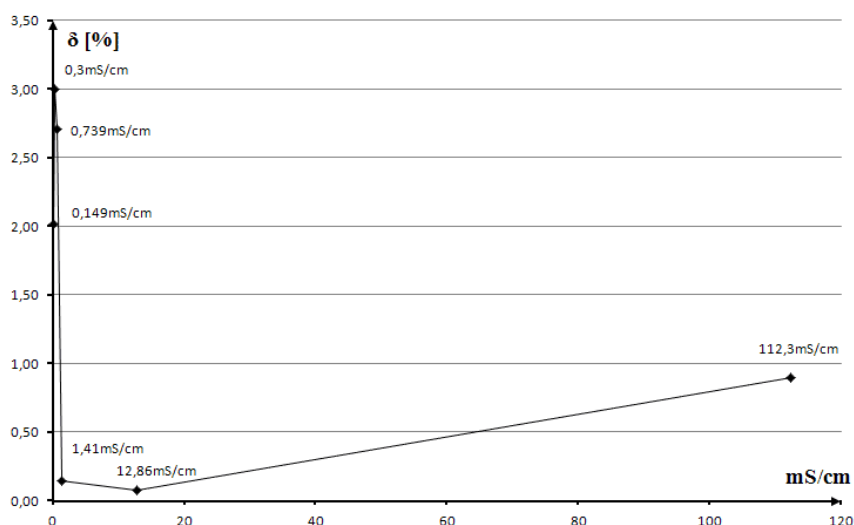
5.1.3. Експериментални данни

Извършени са серия от експериментални изследвания при следните условия: температура на околната среда 25°C, използвани са амперметър (мултицет) GDM-8246, декада, с помощта на която се задава необходимото съпротивление, честотометър Instek SFG-2110 и осцилоскоп HAMEG HM2008.

В таблица 18 и на фиг. 80 са представени експерименталните данни и графиката, отразяваща относителната грешка в измерването на проводимостта с еталонни разтвори на калиев хлорид в диапазона от 146,9mS/cm до 111.3mS/cm, която е по-малка или равна на $\pm 3\%$.

Таблица 18. Експериментални данни с еталонни разтвори на калиев хлорид

Измерена проводимост [mS]	Действителна проводимост [mS]	Относителна грешка [%]
111.3	112,3	0,89
12.85	12,86	0,078
1.408	1,41	0,14
0.719	0,739	2,71
0.291	0,3	3
0.146	0,149	2,01



Фиг. 80. Относителна грешка на експерименталните данни с еталонни разтвори на калиев хлорид

Постигнати резултати в глава V на дисертацията

Разработката на кондуктометрично устройство напълно удовлетворява поставените към него изисквания. Представени са блокова схема на устройството с кратко описание към нея, пълната принципна схема на блока за измерване на проводимостта, проектираното и изработено устройство и експерименталните резултати, потвърждаващи изпълнението на поставената задача.

Насоки за бъдеща работа

Те могат да бъдат формулирани по следния начин:

➤ Научна

- Да се продължи работата по представения модел за стоманена електрохимична клетка с цел постигане на относителна грешка, по-малка от 10%.
- Продължаване на изследванията в посока проверка на възможността за въвеждане на обратна връзка в процеса на измерване проводимостта на течности, осигурявайки симетричността на опорния сигнал, подаван към кондуктометричната клетка, и на нулевата средна стойност на полученото напрежение върху клетката ведно с използването на метода, представен в патентната претенция.

➤ Приложна

- Разработка и внедряване в производството на уред за контактно измерване на проводимостта и температурата, използващ метода, представен в заявката за патент, и даващ възможност за използване на дву- или четириелектродни кондуктометрични клетки.

Научни и научноприложни приноси

1. Предложен е модел на електрохимична кондуктометрична клетка, пригоден за приложение в програмна среда PSPICE. Той може да се използва в настоящите автоматизирани системи за разработка на електронни схеми за контактно измерване проводимостта на течности.
2. Предложени и изследвани са схеми на преобразуватели на проводимост с разгъващо преобразуване и честотен изход, които при сравнително несложна реализация притежават разширен измервателен диапазон и повишена точност при аналогово-цифровото преобразуване. Показано е свойството на тези преобразуватели за автоматично компенсиране на възникналата поляризация в клетката.
3. Предложен е метод за контактно измерване на проводимостта на течности, при който кондуктометричната клетка се захранва с биполярен импулсен ток представляващ поредица от положителен импулс – пауза – отрицателен импулс – пауза и т.н. Методът намалява поляризационните явления в клетката и повишава точността на преобразуване.
4. Предложени и изследвани са схемни решения на източници на биполярен ток подходящи за реализацията на предложеният метод.

Предложените източници на ток, в съответствие с изискванията, позволяват работа в широк диапазон на изменение на товара, притежават повишено бързодействие и температурата стабилност, както и възможност за регулиране амплитудата на импулса.

5. Допълнена е известната класификация на методите за кондуктометрични измервания с методи с разгъващо преобразуване с непрекъснато и кратковременно въздействие.
6. Представена е разработка на микропроцесорно кондуктометрично устройство за измерване на електропроводимост и температура с разширени функционални възможности, използващо метода с честотна модулация с разгъващо преобразуване.

Публикации

Направени са общо 7 публикации и 1 участие с постер, както следва:

1. Заявка за патент за изобретение

Недев Н.Б., Гигов Х.И. Метод с импулсен ток за контактно измерване проводимостта на течности. // Заявката за патент №110755 от 21.IX.2010г. е публикувана в официалния бюлетин на Патентното ведомство на Република България брой 3, стр.12-13, раздел G, 30.03.2012г.

2. Публикации в списание

- *Недев Н.Б., Гигов Х.И. Изследване приложимостта на източници на импулсен ток за контактно измерване проводимостта на течности. // Служебна бележка, че статията ще бъде публикувана в списание „Електротехника и електроника”- Е+Е.*
- *Недев Н.Б. Модел на кондуктометрична клетка за PSPICE среда при честотен метод за контактно измерване проводимостта на течности. // Служебна бележка, че статията ще бъде публикувана в списание „Електротехника и електроника”- Е+Е.*

3. Публикации в годишници

- *Гигов Х.И., Недев Н.Б. Метод с честотна модулация за преобразуване на проводимостта на водни разтвори. // Статия, публикувана в Годишника на ТУ – Варна, стр. 1306 - 1311, Варна, 2001 г.*
- *Гигов Х.И., Недев Н.Б. Инвариантен метод с честотна модулация за кондуктометрия. // Статия, публикувана в Годишника на ТУ – Варна, стр. 824 - 831, Варна, 2003 г.*

- *Недев Н.Б. Изследване на източници на ток, използвани при измерване проводимостта на течности. // Статия, публикувана в Годишника на ТУ – Варна, том II, стр. 67 - 71, Варна, 2010 г.*
- *Недев Н.Б. Изследване динамичната работа на източниците на ток при измерване проводимостта на течности. // Статия, публикувана в Годишника на ТУ – Варна, том II, стр. 61 - 66, Варна, 2010 г.*

4. Участия и награди

- *Гигов Х.И., Недев Н.Б. Грамота за участие с постер в Националното младежко изложение „Експо Интелект“, София, 2004 г.*

Внедряване на резултатите

Разработен и внедрен в производство е трансмитер за проводимост и температура тип СТТ720, който се произвежда от фирма „Техносенс“ ООД.



Характеристики: Измерване на електропроводимостта и температурата на течности чрез кондуктометрична клетка с вграден температурен датчик за температурна компенсация и за измерване на температурата.

- 4 разряда 14mm LED и 5 светодиода, показващи типа на измерваната величина, клавиатура, програмируем коефициент за температурна корекция, адитивно отместване, входни цифрови филтри за проводимостта и температурата, захранване 110-220V AC, размери 90x115x55mm, монтаж на стена, степен на защита IP65;
- два галванично разделени спрямо входовете токови изхода 4-20mA, програмируема принадлежност;
- един галванично разделен спрямо входовете RS485;
- програмиране на 1 или 2 гранични нива – SPDT релейни изхода;
- основна грешка <5% от обхвата за измерване.

ABSTRACT

Dissertation Title: „Exploring opportunities for improvement of the conductive converters."

Of the Requirement for the Degree Doctor of Philosophy

by Nikolay Borisov Nedev

The dissertation examines the opportunities to improve conductive converters, applying advanced methods for measuring the electrical conductivity combined with the development of electronics and using modern automated tools for design of electronic devices that meet the increasingly high demands to metrological parameters of the contact conductivity meters.

The overview section presents the problems and formulation of the prospects for development of conductivity converters.

The second chapter presents the development of a model of Conductive electrochemical cell suitable for use in a PSPICE programming environment. It can be used in these automated systems for development of electronic circuits for contact measuring of liquids conductivity.

The third chapter presents the development of a frequency modulation method for contact measurement of liquids conductivity. There have been schemes proposed and investigated of converters of conductivity with output frequency. Demonstrated is the ability to automatically compensate for the emerging polarization in a cell upon a relatively simple implementation, as well as extended measurement range and high precision at the analog-to-digital conversion.

The fourth chapter offers a method of contact measurement of the conductivity of fluids in which the conductivity cell is fed with a bipolar pulse current representing a sequence of positive momentum – pause – negative pulse – pause, etc. This principle is used upon proposal and testing of circuit solutions of bipolar current sources suitable for the realization of the proposed method. Completed is the famous classification of the methods for conductivity measurements.

The fifth chapter presents the development of a conductivity meter for measuring conductivity and temperature, which is implemented using frequency modulation method, working with conductive cell with two electrodes. Used is an advanced microprocessor control that provides versatility in terms of calibration, of the ability for dynamic adjustment of the parameters of the device and the affiliation of output channels. This makes it possible to apply conductivity meter in automated control systems of various technological processes in production, of the ecological state of the environment, of water, leaving the water treatment plants and industrial production.