|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| C:\Todor_Dj-data (laptop)\13__Projects\01_Izlojba_Cvetan_Gavrovski\Logo_TU-new.jpg | **Т Е Х Н И Ч Е С К И У Н И В Е Р С И Т Е Т – С О Ф И Я** | |
|  | fett_logo | **ФАКУЛТЕТ ПО ЕЛЕКТРОННА ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ** |

**ДИПЛОМНА РАБОТА**

|  |  |
| --- | --- |
| **ТЕМА:** | **СОФТУЕР ЗА АВТОМАТИЗИРАНО СНЕМАНЕ НА ЕФЕКТИВНОСТ НА ЕЛЕКТРОННИ ПРЕОБРАЗУВАТЕЛИ** |

|  |  |
| --- | --- |
| **ДИПЛОМАНТ:** |  |
|  | Антон Андрианов Деков |

|  |  |
| --- | --- |
| **РЪКОВОДИТЕЛ:** |  |
|  | Гл. Ас. Д-р инж. Цвети Хранов |

София, 2024

Дипломно Задание

**Д Е К Л А Р А Ц И Я**

Долуподписаният: . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . , декларирам, че съм разработил самостоятелно представената работа. Не съм използвал източници или ресурси, освен посочените. Ясно съм обозначил използваните източници, които са цитирани буквално или по съдържание.

Декларирам и че работата не е представяна в рамките на друга дипломна защита.

Дата: Подпис . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

Съдържание

[I.Литературен преглед 8](#_Toc171030566)

[I.1 Комуникационен интерфейс “SCPI’99” 9](#_Toc171030567)

[I.1.1 Синтаксис на “SCPI’99” 9](#_Toc171030568)

[I.1.2 Виртуални „SCPI’99” инструменти 11](#_Toc171030569)

[I.2 Ефективност на DC-DC преобразуватели (КПД) 11](#_Toc171030570)

[I.2.1 Измерване на ефективност 12](#_Toc171030571)

[I.3 Програмен език Python 12](#_Toc171030572)

[I.3.1 Python синтаксис 13](#_Toc171030573)

[I.4 VISA архитектура 14](#_Toc171030574)

[I.5 Графичен потребителски интерфейс и библиотека Qt 15](#_Toc171030575)

[II.Описание на проектираната установка 17](#_Toc171030576)

[II.1 Проектирана установка за тестване на ефективността на DC-DC преобразуватели 17](#_Toc171030578)

[II.2 Графичен потребителски интерфейс 18](#_Toc171030579)

[II.2.1 Избор на електронна апаратура през ТП 19](#_Toc171030581)

[II.2.2 Секция за входни и изходни параметри “Parameters” 21](#_Toc171030582)

[II.2.3 Бутони 22](#_Toc171030583)

[II.2.4 Допълнителни настройки по време на тест 23](#_Toc171030584)

[II.2.5 Линейна графика на резултатите 26](#_Toc171030585)

[II.2.6 Запазване на данни в табличен вид 26](#_Toc171030586)

[II.3 Начин на работа на ТП 27](#_Toc171030587)

[III.Резултати от проведени тестове 29](#_Toc171030588)

[III.1 Снемане на ефективността на понижаващ преобразувател LT8610 29](#_Toc171030590)

[III.2 Снемане на ефективността на повишаващ преобразувател LTC3124 31](#_Toc171030591)

[III.3 Снемане на ефективността на MP8859 с различни настройки на тест 32](#_Toc171030592)

[III.3.1 Изследване на MP8859 с закъснително време – 500 ms 33](#_Toc171030593)

[III.3.2 Изследване на MP8859 с закъснително време – 750 ms 34](#_Toc171030594)

[III.3.3 Изследване на MP8859 с закъснително време – 1 s 35](#_Toc171030595)

[III.3.4 Заключение от проведеното изследване върху MP8859 37](#_Toc171030596)

[III.4 Изследване времената на установяване на уредите без свързано електронно устройство 37](#_Toc171030597)

[III.4.1 Време за установяване – 50 ms 38](#_Toc171030598)

[III.4.2 Време за установяване 100 ms 39](#_Toc171030599)

[III.4.3 Време за установяване – 200 ms 40](#_Toc171030600)

[III.4.4 Време за установяване – 500 ms 40](#_Toc171030601)

[III.4.5 Заключение от проведения експеримент 41](#_Toc171030602)

[Литература 42](#_Toc171030603)

[Приложение 1 – Пълна принципна схема 44](#_Toc171030604)

[Приложение 2 – …наименование… 45](#_Toc171030605)

Списък на фигурите

[Фиг. 1 Софтуер за създаване на графични потребителски интерфейси 14](#_Toc171030499)

[Фиг. 2 Блокова схема на използваната установка. 16](#_Toc171030500)

[Фиг. 3 Потребителски интерфейс при стартиране на ТП 17](#_Toc171030501)

[Фиг. 4 Поле за комуникационните настройки. 18](#_Toc171030502)

[Фиг. 5 Изкачаща грешка за несвързани уреди. 18](#_Toc171030503)

[Фиг. 6 Прозорец за избиране на електронни уреди. 18](#_Toc171030504)

[Фиг. 7 Секция "Parameters" за входни параметри от потребителя. 19](#_Toc171030505)

[Фиг. 8 Изкачащ прозорец с грешка за грешни входни параметри. 20](#_Toc171030506)

[Фиг. 9 Секция с бутони. 20](#_Toc171030507)

[Фиг. 10 Бутон за запазване на данни. 21](#_Toc171030508)

[Фиг. 11 Допълнителни настройки към ТП 21](#_Toc171030509)

[Фиг. 12 Ток на преобразувателя без рестартиране на източника. 23](#_Toc171030510)

[Фиг. 13 Ток на преобразувателя с рестартиране на източника. 23](#_Toc171030511)

[Фиг. 14 Линейна графика с резултати след тест. 24](#_Toc171030512)

[Фиг. 15 Резултати в табличен вид. 25](#_Toc171030513)

[Фиг. 16 Блок диаграма на алгоритъма на ТП 26](#_Toc171030514)

[Фиг. 17 Графика на ефективността на LT8610 27](#_Toc171030515)

[Фиг. 18 Изходно напрежение при различни товари и различни входни параметри 28](#_Toc171030516)

[Фиг. 19 Графика на ефективността на LT8610 от каталожни данни 28](#_Toc171030517)

[Фиг. 20 Графика на ефективността на LTC3124 29](#_Toc171030518)

[Фиг. 21 Линейна графика на ефективността от тест с 500 ms закъснение 31](#_Toc171030519)

[Фиг. 22 Линейна графика на ефективността от тест с 750 ms закъснение 33](#_Toc171030520)

[Фиг. 23 Линейна графика на ефективността от тест с 1 s закъснение 34](#_Toc171030521)

[Фиг. 24 Блокова схема на установка за изследване на електронна апаратура 35](#_Toc171030522)

Списък на таблиците

[Таблица 1 Данни от изследване на MP8859 500 ms 31](#_Toc171030526)

[Таблица 2 Данни от изследване на MP8859 750 ms 32](#_Toc171030527)

[Таблица 3 Данни от изследване на MP8859 1 s 34](#_Toc171030528)

[Таблица 4 Изследване на времето за установяване на окъсени електронни уреди - 50 ms 36](#_Toc171030529)

[Таблица 5 Изследване на времето за установяване на окъсени електронни уреди - 100 ms 37](#_Toc171030530)

[Таблица 6 Изследване на времето за установяване на окъсени електронни уреди - 200 ms 38](#_Toc171030531)

[Таблица 7 Изследване на времето за установяване на окъсени електронни уреди - 500 ms 39](#_Toc171030532)

Увод

В съвременната индустрия, ефективността и надеждността на производствените процеси са от ключово значение. Една от най-важните стъпки в тези процеси е тестът, който гарантира, че продуктите отговарят на своите стандарти и спецификации. В частност, при производството на електронни преобразуватели, като например DC-DC преобразуватели, стъпка „тест“ е от изключително значение за осигуряване на годен за употреба силов преобразувател.

Настоящата дипломна работа има за цел да разгледа пример за автоматизация на производствените процеси и в частност при производството на силови проебразуватели. Ще се разгледат как в практическа среда се тестват преобразуватели, измерване на тяхната ефективност и точност, времената на установяване както на обекта така и на инструментите, използвани за теста, работа на тестовата програма, комуникационните интерфейси и графичен потребителски интерфейс.

Автоматизираното снемане на данни е един от най-често срещаните процеси в производство или в лаборатория. Технологията напредва и не би било възможно да си представим света, такъв какъвто е в момента без автоматизация. Едно от малкото неща, което не може да бъде купено с пари е времето. Поради тази причина хиляди инженери по света ежедневно търсят начин как да автоматизират процеси, които да се изпълняват безгрешно и без нуждата от външна (човешка) помощ.

1. Литературен преглед

Тестването на продукта е от основно значение за всеки производител, за да може съответния продукт да бъде пуснат на пазара. Tой трябва да отговаря на зададените характеристики, изискванията на клиента, изисквания за безопасност, спазване на определен стандарт и други. Работата на тестовите инженери се характеризира в това да се намери най-ефективния, най-бързия и най-безгрешния начин за детайлно тестване на съответния продукт за всеки един от параметрите му така че той да бъде напълно годен за използване от клиенти. Големите производители имат дългогодишен опит в тестването на своите продукти и успяват да запазят цената на продукта си възможно най-ниска а качеството да бъде гарантирано. Малките производители имат широк спектър от проблеми поради не толкова големия си опит и лимит на средствата им. Трендовете се сменят ежечасно, което допълнително затруднява компаниите независимо в коя сфера се намират те. Според последната статистика, средностатистическият производител е автоматизирал 63% от своите прозводствени процеси. [1] Автоматизацията не само спестява средства и време, но и води до по-висок процент удовлетворени служители, в следствие на автоматизираните ръчни и времеемки процеси. [2]

В литературния преглед ще се разгледат защо е важна ефективността на DC-DC преобразувателите и как може да бъде измерена, какви уреди се използват за автоматизация на тези производствени процеси, вида и архитектурата за комуникация с електронната апаратура, примерни софтуери за тестване на преобразуватели и други електронни устройства както и специален софтуер за автоматизирано снемане на ефективността на DC-DC преобразуватели в производствени и в лабораторни условия.

* 1. Комуникационен интерфейс “SCPI’99”

SCPI’99 (Standard Commands for Programmable Instruments) е широко разпространен комуникационен интерфейс, приет през 1999 г. с цел стандартизиране на управлението на всякакъв вид измервателни инструменти, уреди, източници на ток и напрежение и оборудване. Въпреки че официално e приет през 1999 г. неговото развитие започва още през 1987 г. като част от стандарта IEEE 488.2, известен още като GPIB (General Purpose Interface Bus). Първоначално е създаден за улесняване използването на всякакъв вид електронно оборудване, а с развитието на технологиите се е наложил като доста важен аспект в електронните апаратури. До днешен ден SCPI’99 е запазил своя вид и структура на използване като с развитието на електрониката се добавят нови функции и команди.

* + 1. Синтаксис на “SCPI’99”

Синтаксисът на SCPI’99 е структуриран в йерархична форма като командите са съставени от няколко ключови думи, разделени с двуеточия. Йерархията се състои от 3 части: Коренова команда, под-команда и параметър. Техните функции са следните:

* **Коренова дума**: Основната кореновата команда служи да зададе основната функция която ще се извърши. Примери: **MEASure**; **\*RST**; **\*IDN?;** **CONFigure**; **SENSe**; **OUTPut**; **STATus**; **DISPlay**; **TRIGger**; **FETCH**; **READ**; **ROUTe**; **FORMat**; **ABORt**. С тези коренови команди се управлява апаратурата и се задава какъв вид функция да извършва тя.
* **Под-команда:** Втората ключова дума от синтаксиса на SCPI’99 е под-командата. Тя се използва за да се определи настройките на главната команда. Пример: **MEASure**:**VOLTage** – оборудването се настройва за измерване и чрез под-командата „**VOLTage**” се задава на уреда да измерва напрежение; **MEASure**:**CURRent** – аналогично на по-горе посочения пример, уредът се настройва за измерване, но чрез под-командата “**CURRent**” се задава на уреда да измерва ток. **MEASure**:**POWer** е команда, чрез която уредът ще измерва мощността на веригата.

Други примери за подкоманди са **OUTPut**:**STATe** с което се задава на съответния уред (пр. източник на ток) да е в отворена или затворена верига.

* **Параметър:** Третата ключова дума е параметъра. Чрез параметъра се задават допълнителни настройки на съответната функция.

Примери: **MEASure**:**VOLTage**:**AC** е команда чрез която уредът ще измери променливо напрежение, докато командата **MEASure**:**VOLTage**:**DC** ще зададе на уреда да измерва право напрежение. **VOLTage**:**RANGe**:**15** е команда чрез която уредът настройва обхвата си на напрежението което ще измерва, в случая 15 волта

Съществуват и трети вид команди като **\*RST, \*IDN?,** **\*CLS, \*ESE, \*SAV**… които са основни базови функции. **\*RST** (Reset) е команда чрез която уредът се нулира, а чрез **\*IDN**? се пуска „заявка“ към уреда да се идентифицира и да върне съобщение към искащия заявка с информация относно фърмуера.

Въпреки официалния стандарт, всеки производител добавя, премахва или променя съответни команди спрямо приложението на своя уред. Затова всяка по-нова измервателна апаратура поддържаща комуникационен интерфейс SCPI’99 идва с наръчник за програмни команди (Programming Manual) в който са описани функциите на съответния фърмуер.

* + 1. Виртуални „SCPI’99” инструменти

Съществуват и виртуални инструменти с комуникационен интерфейс **SCPI’99**. От тях най-често срещаният е **LabVIEW Virtual Instruments**, който се използва за симулация на комуникация чрез **SCPI’99** без да е нужна физическата апаратура. Други приложения на **LabVIEW** освен симулацията на реални уреди е автоматизацията на измерванията. Чрез своя удобен за използване потребителски интерфейс, може да се създаде програма която да автоматизира измервания и да ги визуализира, без да е нужно на потребителя да разбира по какъв начин точно се извършва цялата комуникация. Допълнително към симулацията, **LabVIEW** може да симулира стотици сценарии, за да се тества визуализацията на дадена програма, което би било сложно да се случи при наличието на физическите инструменти. Освен в инженерните си цели, тези виртуални инструменти се използват за обучителни цели в университети. Подобни софтуери са **SCPI Emulators** и **VirutalBench**.

* 1. Ефективност на DC-DC преобразуватели (КПД)

Силовите преобразуватели намират приложение във всеки един електронен уред днес. От зарядното за телефон до захранването на всяка бяла техника. DC-DC преобразувателите са важна част за регулиране на напрежението, поддържане на ефективността на преобразуваната енергия и защитни функции. Основното им приложение е захранване на електронно устройство.

Едно от най-важните неща за DC-DC преобразувателите е ефективността. За работата на един преобразувател е от изключително значение входната енергия да се превръща в желаната изходна енергия без загуби. Допълнително към високата ефективност се увеличава и живота на съответния преобразувател тъй като по-малко енергия се отделя като топлина. При медицинска и автомобилна апаратура се изисква високо прецизни, бързи и безпроблемни преобразуватели, за да се изключи шанса за загуба на човешки живот поради повреда в електронното устройство. В тези сфери на електрониката, електронните устройства трябва да отговарят на допълнителни изисквания за безопасност и безпроблемна работа, което допълнително оскъпява и затруднява производството и процеса по тестване. Други не по-маловажни предимства на високоефективните DC-DC преобразувателите са по-ниските разходи за електричество и високия коефициент на екологичност и запазване на природата чиста. [3]

* + 1. Измерване на ефективност

За да измерим ефективността на преобразувател от право в право напрежение, трябва да измерим параметрите на неговия вход и изход. Формулата по която се смята КПД е:

(1)

* 1. Програмен език Python

**Python** е доста широко разпространен език за програмиране като в последните години набира доста висока популярност. Това се дължи на своя лесен за прочитане синтаксис и ефективност. Езикът за програмиране е от тип високо ниво и съчетава в себе си части от **Java** и **C/C++.**

Идеята за създаване на такъв програмен език се заражда още през 80-те на XX век, но развитието на **Python** започва през 1989 г. За жалост **Python** не може да бъде използва като бърз език поради твърде висока памет на своя Back-end. Това е един от недостатъците му спрямо **Java** и **C/C++.**

**Python** намира приложения в Уеб разработката с помощта на **Django** и **Flask,** научни изчисления и статистики с помощта на **NumPy, Pandas** и **SciPy,** визуализации на тези статистики използвайки **matplotlib**, автоматизиране на задачи и скриптове които да извършват съответни функции в компютърните системи, разработка на графични потребителски интерфейси които могат да се използват на различни операционни системи и платформи. В последно време **Python** се използва усилено за machine learning и изкуствен интелект. Езикът има принос в прогнозиране и анализира на финансовите пазари, разпознава текстове и превежда езици, визуално разпознаване на снимки, картини и анализ на видеа. Често се прилага и в автономните превозни средства като визуален модул за разпознаване на пътни ленти, светофари и други. В производствената индустрия е използван като език за контролиране на роботизирани уреди като коботи, автоматизация на роботи и др.

Най-големият принос на **Python** е неговия лесен и достъпен синтаксис. С това си предимство, той може да бъде използван не от разработчици а от работници във финансовата или научната сфера, за да автоматизират процес и да спестят време. Името **Python** произлиза от комедийната група “**Monthy** **Python**”. Създателят на програмния език Гуидо фон Росум е бил фен на тази комедийната трупа и взел **Python** като кратко и мистериозно име за своя програмен език. [4]

* + 1. Python синтаксис

**Python** е некомпилиран език. Не е нужно да бъде превеждан от компилатор на програмен език. Командите написани на този език се интерпретират директно и се изпълняват без нужда от това кода да бъде компилиран.

Синтаксисът, както бе по-горе посочено е опростен и лесен за използване в сравнение с останалите езици, но това не означа, че им отстъпва по ефективност. На пример, за да се принтира “Hello World!” в конзолата, синтаксисът на **Python** изглежда така:

print("Hello, World!")

Същата команда на **C++** език изглежда така:

#include <iostream>  
  
int main() {  
 std::cout << "Hello, World!" << std::endl;  
 return 0;  
}

А пък на **Java** по този начин:

public class HelloWorld {  
 public static void main(String[] args) {  
 System.out.println("Hello, World!");  
 }  
}

В дипломния проект ще се разгледат по-сложни цикли написани на **Python** както и самата тестова програма за снемане ефективността на DC-DC преобразуватели. [5]

* 1. VISA архитектура

**VISA** (Virtual Instrument Software Architecture) е стандарт за софтуерна архитектура за управление на лабораторни и измервателни уреди. Той представлява общ интерфейс за комуникация с различни типове инструменти без значение от характера на използвания хардуерен интерфейс. **VISA** предоставя готовите библиотеки, драйвъри и архитектура при комуникацията с инструменти, докато **SCPI’99** предоставя комуникационния протокол. Двата стандарта могат да работят в тандем и да създадат ефективна програма.

**VISA** архитектурата намира приложение при изграждане на сложни измервателни системи с цел експерименти. При такива експерименти често се изисква продължителни и постоянни измервания. **VISA** архитектурата в случая спомага за автоматизираното снемане на данни и измества нуждата от постояннен оператор при процеса на взимане на измерванията.

За целта на дипломната работа се използва VISA за създаване на комуникация и връзка с измервателната апаратура и продължителни, бързи измервания на DC-DC преобразувателите. Pyvisa е библиотека, която позволява на python програми да комуникират и да се свържат с измервателните инструменти.

Примерът показан по-долу, използвайки **Python**, има за цел да се свърже с измервателната апаратура а след това да измери DC напрежение и да върне към програмата резултата от измерването. [6]

import pyvisa  
  
resource\_manager= pyvisa.ResourceManager()  
Serial\_COM\_ports=resource\_manager.list\_resources()  
Instrument=resource\_manager.open\_resource("Name of instrument that will be used for data acquistion")  
Instrument.query("MEASure:VOLTage:DC?")

* 1. Графичен потребителски интерфейс и библиотека Qt

За по-лесно използване на тестовата програма е генериран и допълнителен потребителски интерфейс. Чрез него може да се зададат стойности за измерването, имена на използваните преобразуватели, допълнителни настройки като рестартиране на източника на ток, разреждане на изходния кондензатор, рестартиране на електронния товар и др. За генериране на този интерфейс е използвана най-разпространената и мощна библиотека **Qt**. **Qt** е поддържана от **Qt Company**, която специализира в създаването на потребителски интерфейси, мрежови приложения и други софтуерни приложения. Развитието на **Qt** е започнало от фирма **Trolltech** през 90-те на XX век, като по-късно е била купена от телефонната компания **Nokia**. Библиотеката е open-source и е безплатна за използване. Над 1 милион разработчици в над 70 индустрии използват тази библиотека ежедневно.

Python предлага **PyQt** библиотеката за да се генерират графични интерфейси с помощта на **Qt** софтуера. [7]

Предлага се и готов софтуер за създаване на интерфейс с множество функции, който в последствие се превежда в програмен език и може директно да се постави в интегрираната среда за разработка (IDE).

|  |
| --- |
| A screenshot of a computer  Description automatically generated |

Фиг. 1 Софтуер за създаване на графични потребителски интерфейси

Софтуерът на компанията **Qt** предлага лесно създаване на графичен интерфейс с бутони, редове за входящ текст от потребителя, checkbox-ове, готови позиции за визуализация на видео и снимки, допълнителни менюта и заглавия. След като се създаде желаният графичен потребителски интерфейс, софтуерът предлага опцията автоматично да се генерира код, който може да се постави в програмната среда и да се използват съответно всички създадени бутони и полета за данни от потребителя.

1. Описание на проектираната установка

В глава **II** от дипломния проект ще се разгледат проектираната тестова установка, потребителския интерфейс на тестовата програма и начина на работа на тестовата програма.

* 1. Проектирана установка за тестване на ефективността на DC-DC преобразуватели

За да се изчисли ефективността на DC-DC преобразувател е нужно той да бъде включен и да се остави да работи в установен режим. След като преобразувателя се установи, се измерват тока и напрежение на неговите вход и изход. С помощта на тези данни се калкулира входната и изходната мощност а ефективността се пресмята с формулата за ефективност (1). За целта се използват няколко уреда: Източник на ток, от който преобразувателя ще получава входното си захранване; електронен товар, който ще се използва, за да се симулира резистивен товар; компютър с налична тестова програма за снемане на ефективността на преобразувателите. Тестовата програма може да бъде имплементирана също така и върху Raspberry Pi устройство и да се изключи нуждата от използване на лаптоп или персонален компютър. Това се прави с цел отдалечени измервания, т.е. Raspberry Pi устройството се свързва с тестовата установка, а потребителя може да се свърже, чрез софтуер за споделяне на екран и отдалечено да стартира тест и да снема данни. Всички Raspberry Pi устройства могат да бъдат закупени с вградени USB портове и безпроблемно да комуникират с електронната апаратура посредством SCPI’99 команди и VISA архитектура. Свързването между източника на ток и преобразувателя се извършва чрез кабели за вход и изход. Аналогично на източника на ток, електронния товар също се свързва чрез кабели.

|  |
| --- |
|  |

Фиг. 2 Блокова схема на използваната установка.

* 1. Графичен потребителски интерфейс

Графичният потребителски интерфейс е създаден с помощта на **PyQt** библиотеката. Генерираният код от софтуера **Qt Designer** се имплементира към главния код на тестовата програма. Обектите на генерирания интерфейс (GUI) са достъпни за всички други софтуерни програми в проекта.

Обектите на интерфейса са бутони, полета за входни данни от потребителя, допълнителни менюта за избиране на електронна апаратура, „зареждаща лента“ за прогрес на теста, допълнителни настройки и опции които да бъдат имплементирани по време на тест и след неговото завършване, поле за визуализиране на данните под формата на линейна графика, изкачащи прозорци за запазване на снетите данни.

|  |
| --- |
|  |

Фиг. 3 Потребителски интерфейс при стартиране на ТП

* + 1. Избор на електронна апаратура през ТП

За да се изберат електронен товар и захранване е нужно да се цъкне бутона “**COM Port Settings**”. При натискането на този бутон с помощта на **VISA** архитектурата се зареждат всички комуникационни портове на компютъра и се запазват като променливи в програмата. След това чрез **SCPI’99** се изпраща командата **„\*IDN?”** и програмата получава обратно идентификационните имена на всички устройства свързани към компютъра от който се извършва теста. В случая “**KORAD-KEL103 V1.10 SN:07806516**” е фърмуеъра на електронния товар. С тази функция от тестовата програма премахваме и всички ненужни комуникационни портове свързани с нашето устройство виртуални или физически.

|  |
| --- |
|  |

Фиг. 4 Поле за комуникационните настройки.

Когато към компютъра не са свързани никакви уреди, тестовата програма ще върне грешка, показана на Фиг. 5.

|  |
| --- |
|  |

Фиг. 5 Изкачаща грешка за несвързани уреди.

При налични свързани инструменти към компютъра с тестовата програма, ще се появи прозорец за избиране на източник на ток и електронен товар. Изкачащия прозорец ще съдържа две полета с падащи менюта. От там трябва да се изберат уреди за използване по време на тест. След натискането на бутона “**Ok”** програмата запазва адресите на уредите и започва да комуникира с тях.

|  |
| --- |
|  |

Фиг. 6 Прозорец за избиране на електронни уреди.

* + 1. Секция за входни и изходни параметри “Parameters”

В тази секция се намират всички полета за входящи параметри от потребителя. Тук се задават името на тествания преобразувател, стойности на входното напрежение, лимит на тока преди включване на защита на източника, стойностите за изходния ток на товара, стъпката на тест, закъснително време преди снемане на токовете и напреженията.

|  |
| --- |
|  |

Фиг. 7 Секция "Parameters" за входни параметри от потребителя.

За име на преобразувателя ТП приема низ от символи, без значение нейната дължина и дали има специални символи. За стойности на входно напрежение, лимит на ток, начален товар, краен товар, стъпка на товара и време за закъснение се изисква от потребителя да входира данни от тип integer, т.е. това да бъдат само числа. При наличие на символи от друг характер програмата ще стартира изкачащ прозорец с грешка в която е описано, че има неправилни данни предоставени от потребителя.

|  |
| --- |
|  |

Фиг. 8 Изкачащ прозорец с грешка за грешни входни параметри.

Всички параметри са в основни мерни единици изключае полето за задаване на време за закъснение преди тест. Основните единици, които се използват за този параметър е милисекунди, следователно програмата ще приеме записаното в тази секция като милисекунди.

* + 1. Бутони

При натискане на бутон „**Run Measurements**” се стартира теста на преобразувателя. Програмата няма да може да бъде стартирана ако не са написани всички входни и изходни параметри от потребителя, както и ако не са избрани инструментите с които програмата ще работи. Това е превантивна мярка при неправилно зададени стойности с цел безопасна работа на ТП. Бутон „**STOP**” прекъсва тестовата програма при стартиран тест. Бутонът „**Disconnect VDC**” има подобна функция, но той приоритизира изключването на източника на ток при висока опасност от повреда, загряване или пожар. Под бутоните за стартиране и приключване на теста има т.нар. индикатор за напредък. Той показва на каква стъпка от теста се намира във всеки един момент по време на теста и е показан с „зареждаща лента“ и прогрес в проценти.

|  |
| --- |
|  |

Фиг. 9 Секция с бутони.

При натискане на “**Save Data**” бутона се отваря прозорец, чрез който потребителя да запази данните от теста в табличен вид под формата на файл тип **Excel**.

|  |
| --- |
|  |

Фиг. 10 Бутон за запазване на данни.

* + 1. Допълнителни настройки по време на тест

В тази секция от графичния интерфейс са поставени “checkbox” менюта. Тези менюта служат като допълнителни настройки по време на теста спрямо това което потребителя иска да направи.

|  |
| --- |
|  |

Фиг. 11 Допълнителни настройки към ТП

“**Discharge capacitor on DC Load”** е настройка, служеща да удължи времето в което електронния товар ще бъде включен в работен режим. Това се дължи на факта, че самия електронен товар представлява преобразувател. Той също има входен кондензатор. След края на теста, кондензаторът в електронния товар остава зареден. При включване на тази опция в теста, след като бъдат снети данните за последните стойности на товара, ТП ще остави допълнително време на електронния товар в работен режим за да се разреди кондензатора.

“**Reset DC Load on measurement”** е настройка, която потребителя може да избере, за да се включва и изключва товара при всяка смяна на изходния товар. Целта е да се създаде прекъснат режим на работа, при който преди промяната на стойността на товара, електронния товар да се изключи, след което отново да се включи със следващата стъпка на стойност за товар. Така всички компоненти в товара трябва да бъдат отново заредени и да влезнат в работен режим.

„**Reset VDC on measurements”** е настройка, която изключва източника на ток при смяна на стойността на товара. Ако не е избрана тази настройка, за всяка следваща стъпка на товара, входния ток ще се установява от предишната стойност на тока. При включване на тази настройка, за всеки тест преобразувателя ще трябва да се установи от 0 А. На фигура 12 и 13 са показани чрез линейна графика разликите във входния ток на преобразувателя спрямо времето (стъпката на тест). На фигура 12 входния ток се установява от предишната стъпка във времето, докато при фигура 13 входния ток започва да се установява от 0 ампера. При избиране на тази опция е важно какво ни е времето за установяване. Рестартирането на източника добавя допълнително време към установяване на преобразувателя. Възможно е да бъде измерена стойност по време на преходни процеси, която няма да е вярна за ефективността на преобразувателя.

|  |
| --- |
|  |

Фиг. 12 Ток на преобразувателя без рестартиране на източника.

|  |
| --- |
|  |

Фиг. 13 Ток на преобразувателя с рестартиране на източника.

Тази опция служи за измерване на ефективността на преобразуватели, когато е важно той да се установява бързо без загуби. При по-нискокачествените преобразуватели ефективността може да бъде по-ниска в следствие на преходните процеси.

* + 1. Линейна графика на резултатите

След приключване на теста се извършват калкулации и се построява линейна графика, която се показва върху графичния интерфейс за по-достъпни резултати, без да има нужда те да се свалят и да се преглеждат. Графиката показва ефективността в проценти по Y ординатата и стойностите на товарите (стъпката) по Х абсцисата. При стартиране на нов тест, графиката се изтрива, за да се създаде нова с новите данни. Всички данни се запазват във формат **Excel** и могат да бъдат свалени.

|  |
| --- |
|  |

Фиг. 14 Линейна графика с резултати след тест.

* + 1. Запазване на данни в табличен вид

След като се запазят данните с помощта на “**Save Data**” бутона, данните могат да бъдат по-обстойно прегледани в табличен вид. На фигура 15 са показани примерни резултати запазени в табличен вид.

|  |
| --- |
|  |

Фиг. 15 Резултати в табличен вид.

Таблицата съдържа 12 колони, които включват датата и часа на измерването, стъпката на електронния товар, измерените ток, напрежение и мощност на входа и изхода, калкулираните стойности за мощност на входа и изхода, ефективността в проценти и името на преобразувателя.

* 1. Начин на работа на ТП

Тестовата програма има последователен алгоритъм, проверявайки всички входни параметри и всички връзки към апаратурата. След това ТП пресмята стъпките за резистивния товар и започва да снема данни. Създадени са проверки преди и след всяко действие на ТП с цел осигуряване на безопасна среда за работа. ТП изключва източника на ток при всякакъв вид грешка, за да предпази преобразувателя от загряване или пожар. На фигура 16 е показан начина на работа под формата на блок диаграма с всички основни действия.

|  |
| --- |
| A black and white rectangular object with text  Description automatically generated |

Фиг. 16 Блок диаграма на алгоритъма на ТП

1. Резултати от проведени тестове

В трета глава ще бъдат разгледани резултатите от няколко теста различни теста. Различни силови преобразуватели ще бъдат сравнени. Ще бъдат коментирани и времената на установяване на електронната апаратура, използвана за тези тестове.

1. 1. Снемане на ефективността на понижаващ преобразувател LT8610

Преобразувателят **LT8610** е понижаващ регулатор с широк диапазон на входно напрежение (от 3.4V до 42V) и изходно напрежение 3.3V/5 V. Преобразувателят е изследван с три входни напрежения – 10.8V, 12.6V и 13.2V.

|  |
| --- |
|  |

Фиг. 17 Графика на ефективността на LT8610

При трите входни напрежения регулаторът се държи по подобен начин без разлики в ефективността. Самият преубразовател е най-ефективен при товари между 0.15А и 0.6А с обща ефективност около 90%. При по-високи стойности на товара ефективността както и изходното напрежение на регулаторът се понижават. Очакваното напрежение на изхода спада от 4.95 V на 4.2 V при товари от 2.3A.

|  |
| --- |
|  |

Фиг. 18 Изходно напрежение при различни товари и различни входни параметри

Според каталожните данни, ефективността на **LT8610** трябва да бъде над 90% при стойности на товара от 0 до 2.5A.

|  |
| --- |
|  |

Фиг. 19 Графика на ефективността на LT8610 от каталожни данни

* 1. Снемане на ефективността на повишаващ преобразувател LTC3124

Силовият преобразувател **LTC3124** е синхронен повишаващ преобразувател с малък диапазон на входно напрежение – от 1.8V до 5.5V. Самият преобразувател може да бъде настроен за различни изходни напрежения в диапазона от 2.5V до 15V. За това изследване преобразувателят е настроен с изходно напрежение 5V.

|  |
| --- |
|  |

Фиг. 20 Графика на ефективността на LTC3124

Забелязва се рязък спад на ефективността при товари по високи от 0.7А. Графиките на 2.5V и 2.7V започват от една и съща точка на ефективността, но при по-ниското входно напрежение преобразувателят изисква по-висок ток. В случая на това изследване лимита на входния ток, зададен в ТП е 4 А. Поради ниското входно напрежение от 2.5V, входния ток се повишава до над 4 А в следствие на което се активира защитата на инструмента и той се изключва. Аналогично на този случай, при входно напрежение 4.2 V, преобразувателят **LTC3124** също задейства защитата на източника на ток при товар от около 2.6 A. Въпреки това с по-високото входно напрежение ефективността на преобразувателя е най-стабилна за най-голям диапазон от товари.

* 1. Снемане на ефективността на MP8859 с различни настройки на тест

Преобразувателят **MP8859** е от типа buck-boost и предлага функционалности като настройване на режим на работа чрез **I2C** комуникация. Преобразувателят може да работи с входни напрежения в диапазона от 2.8 V до 22 V. Изходното напрежение на **MP8859** може да бъде регулирано в диапазона от 1 V до 20.47 V като стандартната стойност която ще се използва за измерване на ефективността е 5 V.

Преобразувателят **MP8859** е обект на дипломната работа на Петър Николов, студент в ТУ-София, ФЕТТ, катедра Силова Електроника.

На следващата фигура ще бъдат показани графиките на ефективността използвайки едни и същи входни и изходни параметри, но в четирите различни настройки за тест – без изключване на електронната апаратура, с изключване на източника на ток при смяна на товар („VDC Reset”), с изключване само на електронния товар при смяна на стойността на товара („DC Load Reset”) и с изключване и на двете апаратури при смяна на товар („VDC Reset” и “DC Load Reset”). Преобразувателят е в режим на работа Buck, понижавайки входното напрежение от 15 V в 5 V. Експериментът е повторен няколко пъти с 3 закъснителни времена. Първо ще бъдат разгледани снетите данни от тест със закъснително време 500 ms а след това данните ще бъдат сравнени с такива със закъснително време 750 ms и 1 s.

* + 1. Изследване на MP8859 с закъснително време – 500 ms

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 500ms measurements delay | | | | |
| Input Current [A] | Input Voltage [V] | Output Voltage [V] | Output Current [A] | Mode |
| 0 | 14,997 | 5,0288 | 0 | No reset |
| 0,097 | 14,998 | 5,0372 | 0,2486 |
| 0,184 | 14,998 | 5,0464 | 0,4987 |
| 0,272 | 14,998 | 5,0554 | 0,749 |
| 0,356 | 14,998 | 5,0641 | 0,9985 |
| 0 | 14,997 | 5,0289 | 0 | VDC Reset |
| 0,097 | 14,998 | 5,0371 | 0,2489 |
| 0,184 | 14,997 | 5,0464 | 0,4989 |
| 0,993 | 2,633 | 2,8674 | 0,7546 |
| 0,963 | 2,637 | 2,0596 | 0,9982 |
| 0 | 14,998 | 5,0294 | 0 | Load Reset |
| 0,097 | 14,998 | 5,0371 | 0,2489 |
| 0,184 | 14,998 | 5,0457 | 0,4989 |
| 0,271 | 14,998 | 5,0549 | 0,749 |
| 0,356 | 14,999 | 5,0637 | 0,9985 |
| 0 | 14,998 | 5,0283 | 0 | VDC & Load Reset |
| 0,097 | 14,998 | 5,0366 | 0,2486 |
| 0,184 | 14,998 | 5,0455 | 0,4989 |
| 0,966 | 2,64 | 2,8696 | 0,745 |
| 1,009 | 2,666 | 2,0549 | 1,0043 |

Таблица 1 Данни от изследване на MP8859 500 ms

|  |
| --- |
|  |

Фиг. 21 Линейна графика на ефективността от тест с 500 ms закъснение

Линейната графика с резултатите от това изследване показва, че няма разлика в ефективността при тест без изключване на електронните уреди и при тест с изключване само на електронния товар. Забелязва се рядък спад след стойности на товара от над 0.5 А когато се изключва само източника на ток или и двата електронни уреда. Това се дължи на недостатъчното време от 500 ms на преобразувателя да достигне установен режим на работа. При измерването от **ТП** на токовете и напреженията, **MP8859** е все още в преходен процес.

* + 1. Изследване на MP8859 с закъснително време – 750 ms

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 750ms measurements delay | | | | |
| Input Current [A] | Input Voltage [V] | Output Voltage [V] | Output Current [A] | Mode |
| 0 | 14,997 | 5,0288 | 0 | No resetпа |
| 0,097 | 14,998 | 5,0372 | 0,2486 |
| 0,184 | 14,998 | 5,0464 | 0,4987 |
| 0,272 | 14,998 | 5,0554 | 0,749 |
| 0,357 | 14,998 | 5,0641 | 0,9985 |
| 0 | 14,997 | 5,0289 | 0 | VDC Reset |
| 0,097 | 14,998 | 5,0371 | 0,2489 |
| 0,184 | 14,997 | 5,0464 | 0,4989 |
| 1,004 | 2,633 | 2,8674 | 0,7546 |
| 0,946 | 2,637 | 2,0596 | 0,9982 |
| 0 | 14,998 | 5,0294 | 0 | Load Reset |
| 0,097 | 14,998 | 5,0371 | 0,2489 |
| 0,183 | 14,998 | 5,0457 | 0,4989 |
| 0,27 | 14,998 | 5,0549 | 0,749 |
| 0,356 | 14,999 | 5,0637 | 0,9985 |
| 0 | 14,998 | 5,0283 | 0 | VDC & Load Reset |
| 0,097 | 14,998 | 5,0366 | 0,2486 |
| 0,184 | 14,998 | 5,0455 | 0,4989 |
| 0,969 | 2,64 | 2,8696 | 0,745 |
| 1,016 | 2,666 | 2,0549 | 1,0043 |

Таблица 2 Данни от изследване на MP8859 750 ms

От табличните данни не се забелязва разлика в ефективността на преобразувателя след като закъснителното време беше по-голямо с 250 ms.

|  |
| --- |
|  |

Фиг. 22 Линейна графика на ефективността от тест с 750 ms закъснение

След повишаване на закъснителното време с 250 ms продължават да се наблюдават същите резултати с леки промени. Забелязва се леко разграничаване на графиките без изключване на електронната апаратура и с изключване на електронния товар при смяна на стойността на товара. При изключване на електронния товар се наблюдава малко по-висока ефективност спрямо предишната. Налице е и повишаване на ефективността когато източника на ток се изключва при смяна на товар. В случая със закъснение от 750 ms, отново времето за установяване не е достатъчно след товари от над 0.5 А.

* + 1. Изследване на MP8859 с закъснително време – 1 s

Последното изследване на MP8859 е с закъснително време от 1 секунда. Очаква се ефективността да бъде най-висока предвид допълнителното увеличаване на времето за установяване преди измерване на стойностите на тока и напрежението.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1000 ms measurements delay | | | | |
| Input Current [A] | Input Voltage [V] | Output Voltage [V] | Output Current [A] | Mode |
| 0 | 14,997 | 5,0288 | 0 | No reset |
| 0,097 | 14,998 | 5,0372 | 0,2486 |
| 0,184 | 14,998 | 5,0464 | 0,4987 |
| 0,272 | 14,998 | 5,0554 | 0,749 |
| 0,357 | 14,998 | 5,0641 | 0,9985 |
| 0 | 14,997 | 5,0289 | 0 | VDC Reset |
| 0,097 | 14,998 | 5,0371 | 0,2489 |
| 0,184 | 14,997 | 5,0464 | 0,4989 |
| 1,004 | 2,633 | 2,8674 | 0,7546 |
| 0,946 | 2,637 | 2,0596 | 0,9982 |
| 0 | 14,998 | 5,0294 | 0 | Load Reset |
| 0,097 | 14,998 | 5,0371 | 0,2489 |
| 0,183 | 14,998 | 5,0457 | 0,4989 |
| 0,27 | 14,998 | 5,0549 | 0,749 |
| 0,356 | 14,999 | 5,0637 | 0,9985 |
| 0 | 14,998 | 5,0283 | 0 | VDC & Load Reset |
| 0,097 | 14,998 | 5,0366 | 0,2486 |
| 0,184 | 14,998 | 5,0455 | 0,4989 |
| 0,969 | 2,64 | 2,8696 | 0,745 |
| 1,016 | 2,666 | 2,0549 | 1,0043 |

Таблица 3 Данни от изследване на MP8859 1 s

|  |
| --- |
|  |

Фиг. 23 Линейна графика на ефективността от тест с 1 s закъснение

Отново се наблюдава недостатъчно време за установяване на преобразувателя. Данните от графиката и от таблицата показват, че с увеличаване на времето за установяване се повишава и ефективността.

* + 1. Заключение от проведеното изследване върху MP8859

Трите експеримента показаха, че използвайки тази установка и този преобразувател е нужно по-дълго време за установяване. Това становище не важи само за тази установка, тъй като други лаборатории може да разполагат с по-ефективни електронни апаратури. Данни от установен режим на работа на този преобразувател не са добавени тъй като те не са част от изследването на времената на установяване.

* 1. Изследване времената на установяване на уредите без свързано електронно устройство

За да се намерят времената на установяване при различни товари на използваните електронни апаратури е проведено изследване в конфигурация на окъсяване между входа на преобразувателя и изхода му. Изследването е проведено с 4 различни времена на закъснително време и 4-те режима на работа на ТП.

|  |
| --- |
| A computer and a mouse  Description automatically generated |

Фиг. 24 Блокова схема на установка за изследване на електронна апаратура

* + 1. Време за установяване – 50 ms

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 50ms measurements delay | | | | |
| Input Current [A] | Input Voltage [V] | Output Voltage [V] | Output Current [A] | Mode |
| 0,105 | 1,859 | 0 | 0 | No reset |
| 0,071 | 14,966 | 0 | 0 |
| 0 | 14,995 | 0 | 0 |
| 0 | 14,996 | 0 | 0 |
| 0 | 14,998 | 0 | 0 |
| 0,422 | 1,895 | 0 | 0 | VDC Reset |
| 0,356 | 10,775 | 0 | 0 |
| 0,777 | 10,077 | 0 | 0 |
| 0,404 | 11,031 | 0 | 0 |
| 0,448 | 10,807 | 0 | 0 |
| 0,042 | 2,149 | 0 | 0 | Load Reset |
| 0 | 14,992 | 0,0616 | 0 |
| 0 | 14,996 | 0,1133 | 0 |
| 0 | 14,997 | 0,077 | 0 |
| 0 | 14,998 | 0,077 | 0 |
| 0,363 | 2,984 | 0 | 0 | VDC & Load Reset |
| 0,926 | 10,537 | 0 | 0 |
| 0,377 | 10,144 | 0,1606 | 0 |
| 0,682 | 10,098 | 0,1141 | 0 |
| 0,743 | 10,146 | 0,0726 | 0 |

Таблица 4 Изследване на времето за установяване на окъсени електронни уреди - 50 ms

От резултатите след изследване с време за установяване 50 ms се забелязват няколко ефекта:

* При настройка “No reset” първото измерване непременно след стартиране на теста, входното напрежение е 1,859 V тъй като това време е недостатъчно за установяване на входното напрежение. Всички останали времена до края на този експеримент са 15 V, което е зададено по ТП.
* При настройка “VDC Reset” се наблюдава подобен ефект, но в този случай по време на смяната на товара се рестартира източника на ток. Входното напрежение никога не достига зададените 15 V. Елементите в схемата на електронния товар не могат да бъдат заредени съответно при всяко изключване на източника, тези елементи се разреждат, а при следващото включване отново се зареждат.
  + 1. Време за установяване – 100 ms

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 100ms measurements delay | | | | |
| Input Current [A] | Input Voltage [V] | Output Voltage [V] | Output Current [A] | Mode |
| 0,722 | 12,212 | 0 | 0 | No reset |
| 0 | 14,995 | 0 | 0 |
| 0 | 14,997 | 0 | 0 |
| 0 | 14,998 | 0 | 0 |
| 0 | 14,998 | 0 | 0 |
| 0,684 | 12,357 | 0 | 0 | VDC Reset |
| 0,534 | 14,815 | 0,0017 | 0 |
| 0,474 | 14,753 | 0 | 0 |
| 0,592 | 14,78 | 0 | 0 |
| 0,546 | 14,822 | 0 | 0 |
| 1,14 | 12,071 | 0 | 0 | Load Reset |
| 0 | 14,997 | 0,089 | 0 |
| 0 | 14,997 | 0,1003 | 0 |
| 0 | 14,998 | 0,1033 | 0 |
| 0 | 14,998 | 0,074 | 0 |
| 1,558 | 11,031 | 0 | 0 | VDC & Load Reset |
| 0,442 | 14,75 | 0,1404 | 0 |
| 0,509 | 14,793 | 0,1114 | 0 |
| 0,448 | 14,77 | 0,077 | 0 |
| 0,549 | 14,796 | 0,1175 | 0 |

Таблица 5 Изследване на времето за установяване на окъсени електронни уреди - 100 ms

След увеличаване на времето за установяване от 50 ms на 100 ms се забелязва подобряване на входните параметри. Стойностите на входното напрежение и входния ток се доближават до реалистичните. След като времето за установяване беше увеличено входното напрежение при първото измерване е 12,212 V в сравнение с предходния тест при 50 ms входното напрежение е 1,859 V.

Стойностите на изходните параметри все още не се доближават до реалистичните.

* + 1. Време за установяване – 200 ms

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 200ms measurements delay | | | | |
| Input Current [A] | Input Voltage [V] | Output Voltage [V] | Output Current [A] | Mode |
| 0 | 14,997 | 0 | 0 | No reset |
| 0 | 14,998 | 0 | 0 |
| 0 | 14,998 | 0 | 0 |
| 0 | 14,999 | 0 | 0 |
| 0 | 14,999 | 0 | 0 |
| 0 | 14,997 | 0 | 0 | VDC Reset |
| 0 | 14,998 | 0 | 0 |
| 0 | 14,998 | 0 | 0 |
| 0 | 14,998 | 0 | 0 |
| 0 | 14,998 | 0 | 0 |
| 0 | 14,998 | 0 | 0 | Load Reset |
| 0 | 14,999 | 0,0305 | 0 |
| 0 | 14,999 | 0,0439 | 0 |
| 0 | 14,999 | 0,0284 | 0 |
| 0 | 14,999 | 0,0284 | 0 |
| 0 | 14,998 | 0 | 0 | VDC & Load Reset |
| 0 | 14,998 | 0,0328 | 0 |
| 0 | 14,998 | 0 | 0 |
| 0 | 14,998 | 0,0278 | 0 |
| 0 | 14,998 | 0,0299 | 0 |

Таблица 6 Изследване на времето за установяване на окъсени електронни уреди - 200 ms

Времето, за което източника на ток влиза в установен режим на работа, се потвърждава да бъде минимум 200 ms. Все още се наблюдава зареждане на капацитети при рестартиране на електронния товар.

* + 1. Време за установяване – 500 ms

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 500ms measurements delay | | | | |
| Input Current [A] | Input Voltage [V] | Output Voltage [V] | Output Current [A] | Mode |
| 0 | 14,992 | 0 | 0 | No reset |
| 0 | 14,998 | 0 | 0 |
| 0 | 14,998 | 0 | 0 |
| 0 | 14,998 | 0 | 0 |
| 0 | 14,998 | 0 | 0 |
| 0 | 14,993 | 0 | 0 | VDC Reset |
| 0 | 14,995 | 0 | 0 |
| 0 | 14,995 | 0 | 0 |
| 0 | 14,996 | 0 | 0 |
| 0 | 14,995 | 0 | 0 |
| **Input Current [A]** | **Input Voltage [V]** | **Output Voltage [V]** | **Output Current [A]** | **Mode** |
| 0 | 14,991 | 0 | 0 | Load Reset |
| 0 | 14,998 | 0 | 0 |
| 0 | 14,998 | 0 | 0 |
| 0 | 14,999 | 0 | 0 |
| 0 | 14,999 | 0 | 0 |
| 0 | 14,992 | 0 | 0 | VDC & Load Reset |
| 0 | 14,995 | 0 | 0 |
| 0 | 14,995 | 0 | 0 |
| 0 | 14,995 | 0 | 0 |
| 0 | 14,995 | 0 | 0 |

Таблица 7 Изследване на времето за установяване на окъсени електронни уреди - 500 ms

И двата уреда в 4-те вида опции за тест са установени след 500 ms.

* + 1. Заключение от проведения експеримент

Измервателните уреди също имат време за установяване, което динамично се променя спрямо много фактори. Най-често срещаните фактори са зададените параметри за ток и напрежение, използваните кабели/сонди за провеждане на теста и самия преобразувател. След изследването се констатира, че минималното закъснително време за установяване и на двата уреда е 500 ms. Това становище важи само за уредите от установката проектирана за тази дипломна работа. Ако уредите, използвани в установката, бъдат сменени, ще бъде нужно допълнително да се намери отново времето за установяването им. Околната среда, използваните елементи, влажността са други по-маловажни фактори които биха повлияли на времената за установяване.

Литература

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | J. Lindner, „Automation In Manufacturing Industry Statistics: Latest Data & Summary,“ 2024. [Онлайн]. Available: https://wifitalents.com/statistic/automation-in-manufacturing-industry. |
| [2] | Impact Networking, „10 Benefits of Process Automation,“ 2023. [Онлайн]. Available: https://www.impactmybiz.com/blog/advantages-of-process-automation/. |
| [3] | Justin Madsen, „“DC-DC Converter Efficiency: Why Does it Matter & Which is the Highest Efficiency DC Converter?”,“ [Онлайн]. Available: https://www.bravoelectro.com/blog/post/dc-dc-converter-efficiency. |
| [4] | B. Venners, „The Making of Python. A Conversation with Guido van Rossum, Part I,“ 13 January 2003. [Онлайн]. Available: https://www.artima.com/articles/the-making-of-python. |
| [5] | R. F. Mariana Berga, „Python vs Java: key differences and code examples,“ Imaginary Cloud, 14 September 2023. [Онлайн]. Available: https://www.imaginarycloud.com/blog/python-vs-java/. |
| [6] | J. M. Pieper, „SCPI and VISA a valuable combination,“ ACEA, [Онлайн]. Available: https://www.hit.bme.hu/~papay/edu/Lab/SCPIandVISA.pdf. |
| [7] | Unknown, „Qt (Software) - Wikipedia,“ [Онлайн]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Qt\_(software). |
| [8] | Unknown, „What is VISA?,“ Tektronix, [Онлайн]. Available: https://www.tek.com/en/support/faqs/what-visa. |

Приложение 1 – Пълна принципна схема

Приложение 2 – …наименование…