



European Journal of Renewable Energy

Has been issued since 2016.
E-ISSN 2454-0870
2019. 4(1). Issued once a year

EDITORIAL BOARD

Volkov Aleksandr – Sochi State University, Sochi, Russian Federation (Editor in Chief)

Kharchenko Valeriy – Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation (Deputy Editor in Chief)

Avezov Rabbanakul – Physical-Technical Institute of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

Arveladze Revaz – Academy of Energy of Georgia, Tbilisi, Georgia

Berzan Vladimir – Institute of Power Engineering of the Academy of Sciences of Republic of Moldova, Kishinev, Moldova

Kose Utku – Suleyman Demirel University, Turkey

Kozyrskii Vladimir – The National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Ukraine

Marmolejo Jose Antonio – Panamerican University, Mexico

Sokolov Sergei – Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, Saint-Petersburg, Russian Federation

Vasant Pandian – Universiti Teknologi PETRONAS, Malaysia

Weber Gerhard-Wilhelm – Poznan University of Technology, Poland

Journal is indexed by: CrossRef, OAJI

All manuscripts are peer reviewed by experts in the respective field. Authors of the manuscripts bear responsibility for their content, credibility and reliability.

Editorial board doesn't expect the manuscripts' authors to always agree with its opinion.

Postal Address: 1367/4, Stara Vajnorska str.,
Bratislava – Nove Mesto, Slovakia, 831 04

Passed for printing 16.12.19.
Format 21 × 29,7/4.

Website: <http://ejournal51.com/>
E-mail: aphr.sro@gmail.com

Headset Georgia.

Founder and Editor: Academic Publishing
House Researcher s.r.o.

Order № 4.

European Journal of Renewable Energy

2019

Is. **1**

CONTENTS

Articles

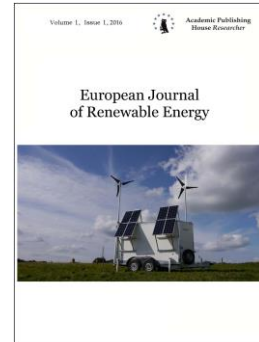
Construction and Simulation of a Water Cooling System Controller for PV Modules: Some Initial Results L.V. Thang, A.V. Schagin, N. Xuan Cuong, N. Thi Hong	3
Extraction and Optical Characterization of the Active Ingredient in <i>Solanium Melongena</i> Extract A.L. Ujoatuonu, E.L. Efurumibe, P.I. Ekwo, Efurumibe, J. Nwogu	12

Copyright © 2019 by Academic Publishing House Researcher s.r.o.



Published in the Slovak Republic
European Journal of Renewable Energy
Has been issued since 2016.
E-ISSN 2454-0870
2019, 4(1): 3-11

DOI: 10.13187/ejre.2019.1.3
www.ejournal51.com



Articles

Construction and Simulation of a Water Cooling System Controller for PV Modules: Some Initial Results

Le Vinh Thang ^a, Anatolii V. Schagin ^a, Ngo Xuan Cuong ^{b, *}, Nguyen Thi Hong ^c

^aNational Research University of Electronic Technology, Russian Federation

^bSchool of Engineering and Technology, Hue University, Thua Thien Hue, Vietnam

^cFaculty of Thermal, Refrigeration and Construction, Hue Industrial College, Thien Hue, Vietnam

Abstract

In recent years, equipment for the use of solar energy has been actively developing in the world, which provides heat and electricity. In particular, photovoltaic technology using photovoltaic modules is widely used. This paper focuses on cooling controllers for the surface of photovoltaic modules to reduce surface temperatures, increase their output power and improve the performance of photovoltaic systems. The paper presented the design, simulation and construction of water cooling system controller for photovoltaic modules. The application of water cooling system controller for grid-connected photovoltaic system with 250 Wp has brought good results. The experiments were conducted at Central Vietnam, the water cooling system controller is set to automatically work so that when the surface temperature reaches 40°C, after each operation the power of the grid-connected photovoltaic system increased significantly. The results also indicate that the power consumption of the water cooling system controller is much smaller than the increased power of grid-connected photovoltaic system.

Keywords: water cooling, PV, power increase, performance.

1. Введение

В последние годы в мире активно развивается оборудование для использования солнечной энергии, которое обеспечивает тепло и электроэнергию. В частности, широко используется фотоэлектрическая технология с использованием фотоэлектрических модулей (Shubbak, 2019; Cuong, 2018). Повышение производительности фотоэлектрических панелей было заинтересовано во многих исследованиях, таких как применение систем слежения (Kang et al., 2019; Cuong et al., 2018; Hafez et al., 2018; Кьонг, 2013) и систем охлаждения (Nasef et al., 2019; Bayrak et al., 2019). Производительность сильно зависит от температуры поверхности, поэтому было проведено множество исследований и продуктов систем охлаждения для улучшения производительности фотоэлектрических модули (Sajjad et al., 2019). Система водяного охлаждения используется для снижения температуры и удаления пыли и грязи с поверхности фотоэлектрических модулей, чтобы захватить больше энергии.

* Corresponding author

E-mail addresses: ngoxuancuong@hueuni.edu.vn (Ngo Xuan Cuong)

Такие системы должны их контроллеры, создавая точные струи воды, работающие в нужное время, ограничивая потери энергии при охлаждении.

Автоматическая система охлаждения должна использовать контроллер, который принимает сигналы от датчика температуры и управляет двигателем водяного насоса для подачи воды к распылителям. Контроллерами могут быть микропроцессоры, микроконтроллеры, компьютеры или ПЛК. В этом исследовании используется Ардуино микроконтроллер, потому что это низкая стоимость и простое программирование.

Контроллер состоит из следующих основных компонентов: датчик температуры, Ардуино микроконтроллер, жидкокристаллический дисплей и схема управления двигателем.



Рис. 1. Блок-схема контроллера

На приведенных выше блок-схемах мы напишем блок-схемы алгоритма управления, с помощью которого мы напишем коды для микроконтроллеров Arduino, затем перейдем к моделированию системы с помощью программного обеспечения Proteus и узнаем, как она работает. контроллер и, следовательно, завершить алгоритм блок-схемы и код для микроконтроллера. Целью проекта является создание простого недорогого контроллера, поэтому предпочтение отдается доступному на рынке аппаратному обеспечению и его низкой стоимости.

2. Выбор компонентов

2.1. Ардуино микроконтроллер и жидкокристаллический дисплей

Ардуино – это простое в использовании электронное устройство с открытым исходным кодом для подключения аппаратного и программного обеспечения. С Ардуино мы можем измерять изменения внешних условий с помощью различных датчиков. Мы можем использовать автономный Ардуино, или мы можем общаться с программным обеспечением, запущенным на компьютере. В этом разделе Ардуино UNO R3 используется в качестве центрального контроллера, поскольку он отвечает требованиям темы, таким как: много количество управляющих контактов; 14 цифровых контактов, 6 аналоговых контактов, разъем USB, независимый разъем питания; в наличии; Простой в использовании (Monk, 2016).

Дисплей – это устройство, которое отправляет информацию из микроконтроллера пользователю, через который пользователь узнает необходимую информацию. Сегодня устройства ЖК дисплеи (жидкокристаллические дисплеи) используются во многих приложениях микроконтроллеров.

На [Рисунке 2](#) показано, как подключить 16-контактный ЖК-дисплей. Контакты, подключенные к Ардуино, отвечают за передачу и прием информации, помогая ЖК-дисплею отображать необходимую информацию. Чтобы сохранить контакты разъема на микроконтроллере, мы можем использовать 4-битный режим, сокращая 4 порта, подключенных к микроконтроллеру. В общей сложности, для подключения к Ардуино в соответствии с этим планом мы используем 2 контакта питания и 6 цифровых контактов Ардуино.

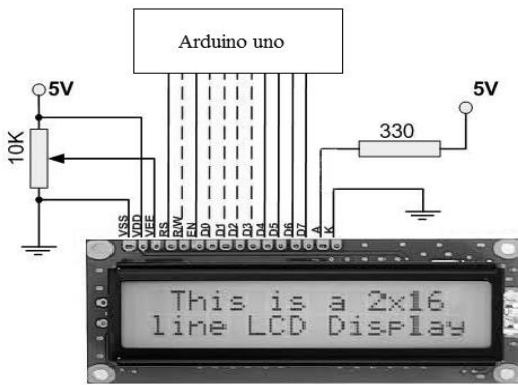


Рис. 2. Подключение питания для ЖК-дисплея

2.2. Датчики и схема управления двигателем

Датчики играют важную роль в системе контроллеров, они должны работать правильно и просты в установке, что сделает проектирование и программирование системы очень простым. Цифровой датчик температуры и влажности DHT11 в настоящее время является очень популярным, потому что он дешевый и простой в получении данных через 1-проводную связь (цифровая связь – 1 одиночная линия передачи данных). Встроенный в датчик препроцессор сигнала помогает получать точные данные без каких-либо расчетов. Характеристики датчика DHT11: Определение влажности: 20-90 % RH \pm 5 %(макс.); Определение температуры: 0-50 °C \pm 2 %(макс.); Частота опроса: не более 1 Гц; Питание и I/O 3.5-5.5 В.

Чтобы точно определить значение температуры фотоэлектрического модуля, необходимо установить датчик, прикрепленный к его поверхности. Следует обратить внимание на водо- и влагостойкость выбранного датчика. В нашей модели будут располагаться на задней поверхности фотоэлектрические модули, охлаждение будет вестись спереди.

Для правильного контроля открытия и закрытия водяного клапана, Мы используем водяной электромагнитный клапан в сочетании с драйвером двигателя L298, которая состоит из 2 цепей H-моста может помочь легко контролировать скорость вращения двигателей постоянного тока, обслуживая двигатели с напряжением от 5 В до 35 В постоянного тока, максимальный ток 2 А (максимальный двигатель 70 Вт). Потребляемая мощность: 20 Вт (при температуре $T = 75$ °C). Для небольших применений модель может использовать L298 в качестве хорошей схемы управления.

Работа водяного электромагнитного клапана основана на подаче электроэнергии. При помощи подачи тока запорная арматура устройства открывается или перекрывает доступ для воды.

3. Блок-схема алгоритма

Из аппаратных средств, соединяющих все вместе, мы получаем контроллер, но основная часть внутри контролирует вращение двигателя, показывая параметры модели, необходимые для сторонней программы. в микроконтроллере или внутри Ардуино. Прежде чем писать контрольный код, мы должны настроить алгоритмы управления блок-схемами системы.

Блок-схема алгоритма управления программным обеспечением показана на [Рисунке 3](#). На блок-схеме значение T это температуры датчика, T_0 – установленное значение температуры, значение t_0 – времени установки. Далее сравните T и T_0 . Если ($T > T_0$), тогда включите состояния насоса в период времени t_0 , это означает, что Ардуино подает открытые управляющие сигналы на схему управления двигателем L298. Если нет, ничего не делай. Продолжая такой цикл, система будет работать непрерывно.

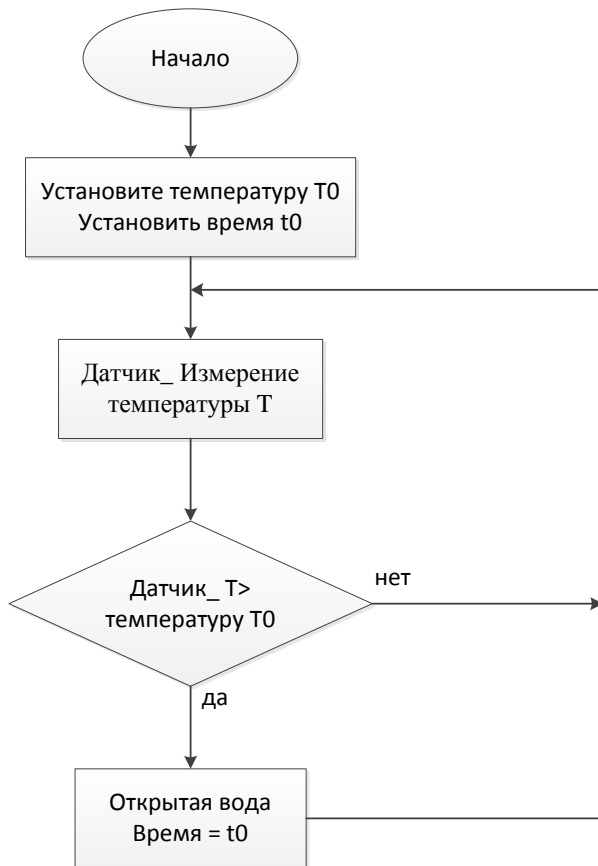


Рис. 3. Блок-схема алгоритма управления

4. Результаты и обсуждение

Программное обеспечение программируется с помощью компилятора Arduino Integrated Development Environment 1.8.9. Исходный код скомпилирован и может быть загружен в arduino uno через USB-кабель. На основе блок-схемы алгоритма управления и операторов, доступных в программном коде IDE для Ардуино, они написаны и загружены для работы Ардуино.

Системный контроллер системы водяного охлаждения моделируется PROTEUS 8.7, это одна из лучших программ для моделирования электронных конструкций. Моделирование интерфейса контроллера показан на [Рисунке 4](#). Центральная часть моделирования – arduino uno, она подключена к ЖК-дисплею 16x2 через цифровые контакты D12, D11, D5, D4, D3, D2. Датчик температуры использует 5 В на Arduino, и сигнал датчика температуры и влажности отправляется на Arduino через вывод D7. Ардуино передает сигнал к драйвер двигателя L298 через контакты D8 и D9. Благодаря этим сигналам драйвер двигателя L298 открывает водяной электромагнитный клапан для протекания воды, обеспечивая охлаждение фотоэлектрического модуля. В роли водяного электромагнитного клапана мы используем модель электрического реле (RELAY 12V) в программном обеспечении Proteus ([Рисунок 4](#)).

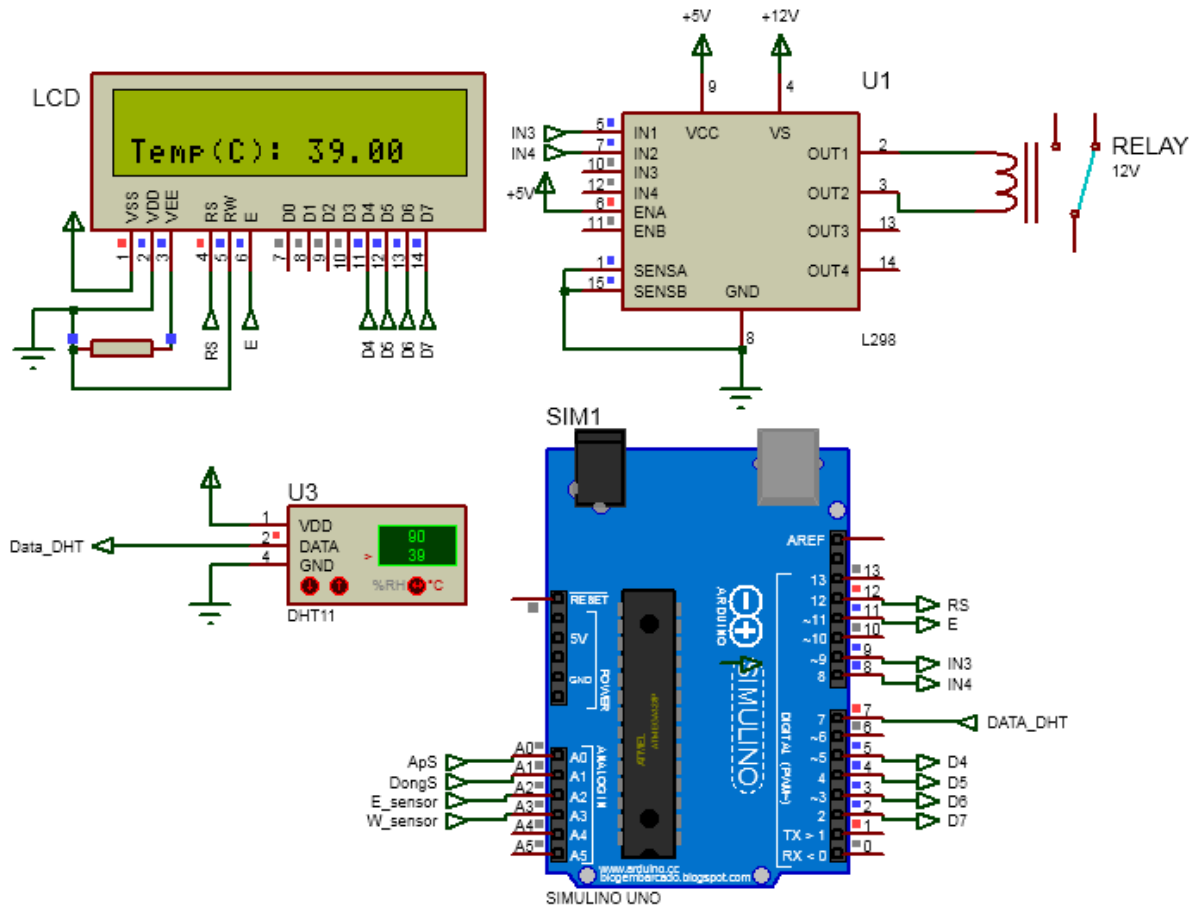


Рис. 4. Схема моделирования контроллера

Программа написана в программном обеспечении Arduino IDE, когда мы проверяем, она переводится в «шестнадцатеричный код». Шестнадцатеричный код этой скомпилированной программы перед симуляцией загружается в Ардуино в программе Proteus.

Описание работы контроллера показано ниже.

При установке температуры на DHT ниже 40°C Ардуино выводит только данные о температуре на жидкокристаллический дисплей и не открывает и не закрывает драйвер двигателя L298, реле в заблокированном состоянии (Рисунок 4).

При установке температуры на DHT выше 40°C , Ардуино выдает сигнал на выводе D8 на высоком уровне, чтобы открыть драйвер двигателя, реле находится в разомкнутом состоянии, что означает, что охлаждение выполняется. На жидкокристаллическом экране отображается открытое состояние (Cooling Status) (Рисунок 5).

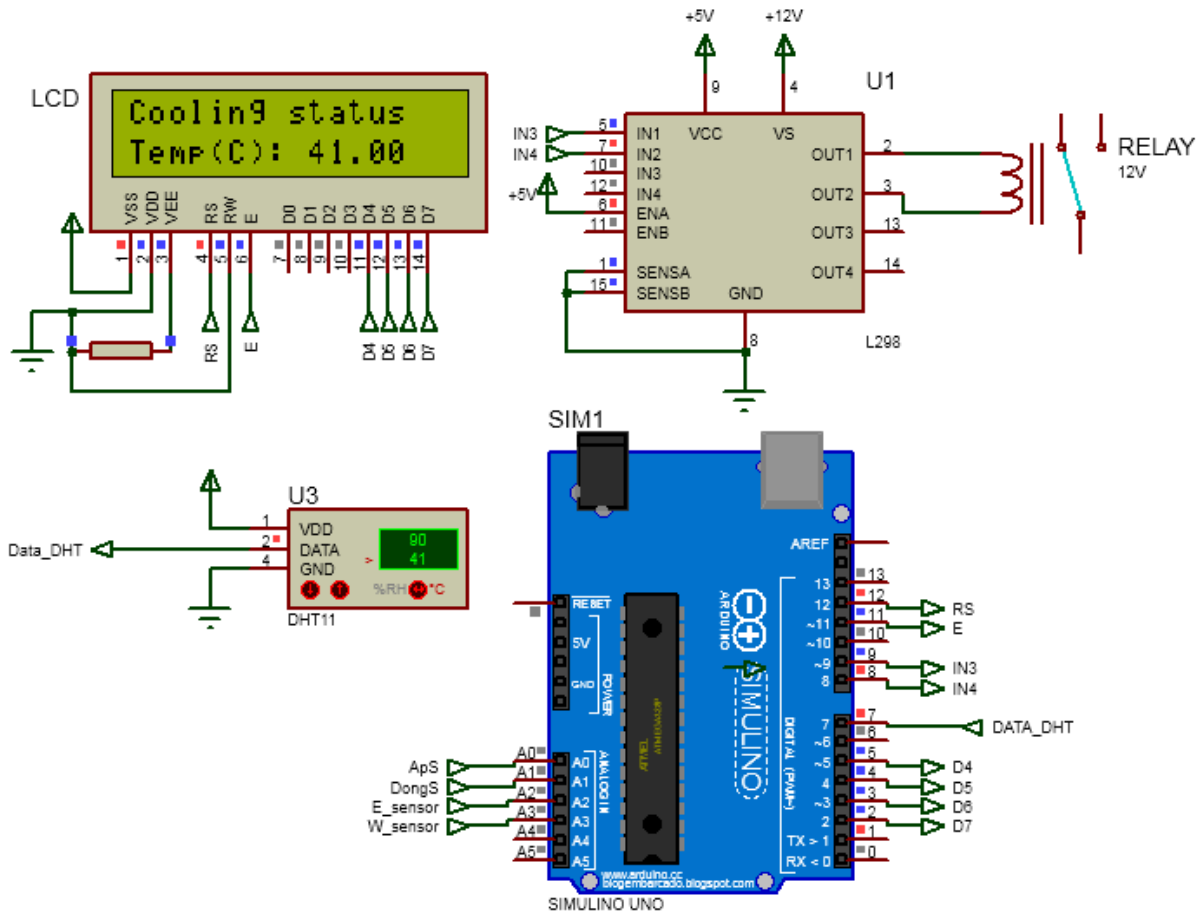


Рис. 5. Схема моделирования контроллера в открытом состоянии

После успешного тестирования на моделировании, мы изготовили и протестировали контроллер на фотоэлектрической системе с мощностью 250 Втп. Эксперимент был проведен 9 сентября 2019 года в городе Донг Ха, провинция Куанг Три, Вьетнам.

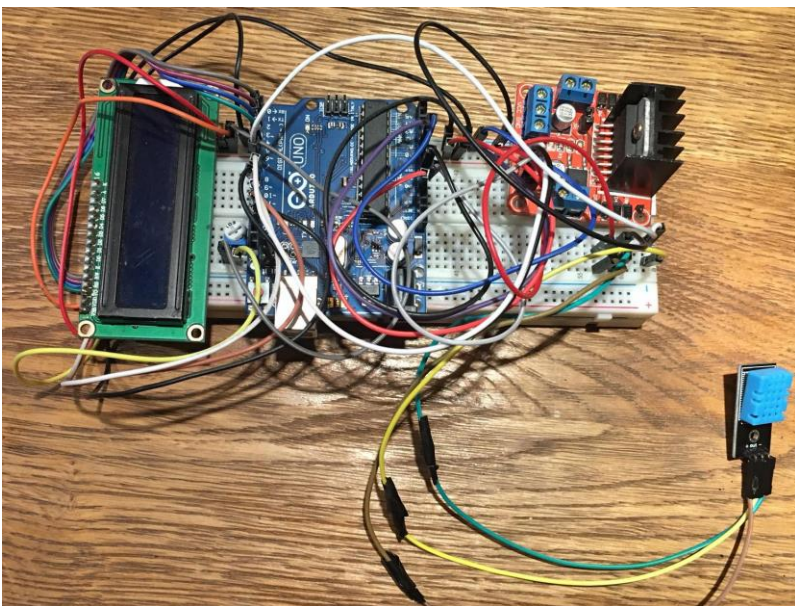


Рис. 6. Контроллер системы водяного охлаждения

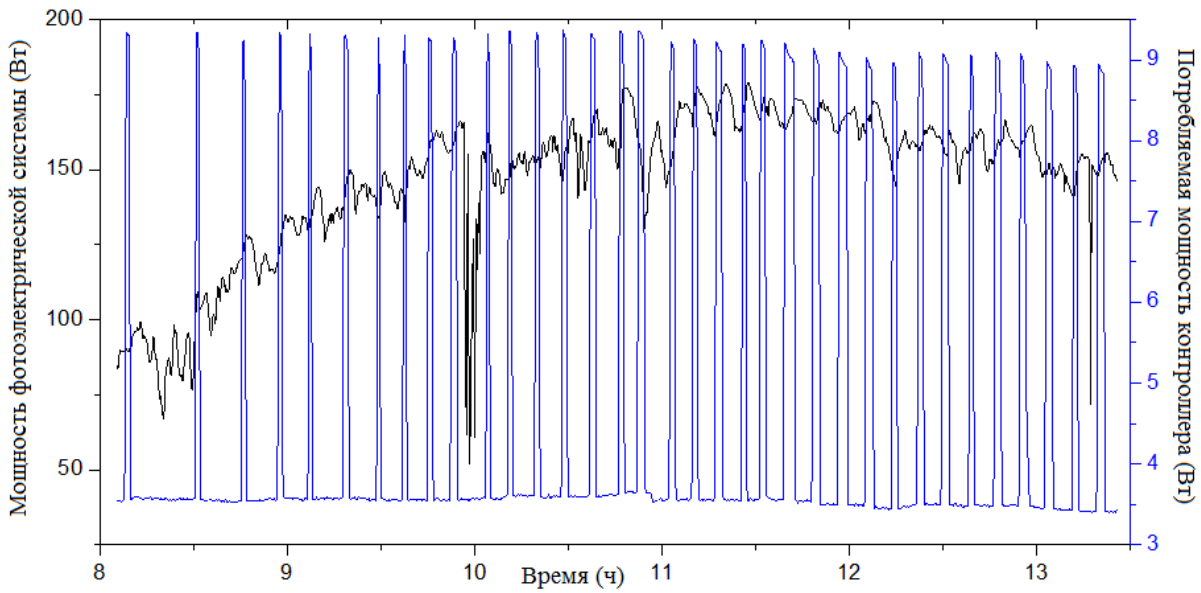


Рис. 7. Мощность фотоэлектрической системы и контроллера

На [Рисунке 7](#) показаны генерируемая мощность фотоэлектрической системы с использованием изготовленного контроллера системы охлаждения и потребляемая мощность контроллера. [Рисунок 8](#) показано, что после каждой операции контроллера мощности фотоэлектрической системы значительно увеличивается из-за эффекта распыления тумана на рабочей поверхности фотоэлектрического модуля, что приводит к снижению температуры поверхности фотоэлектрического модуля, и к увеличению генерируемой мощности. Со временем генерируемая мощность уменьшалась из-за повышения температуры рабочей поверхности под воздействием сильного солнечного света. Когда температура поверхности достигнет 40°C , система охлаждения автоматически продолжит работу.

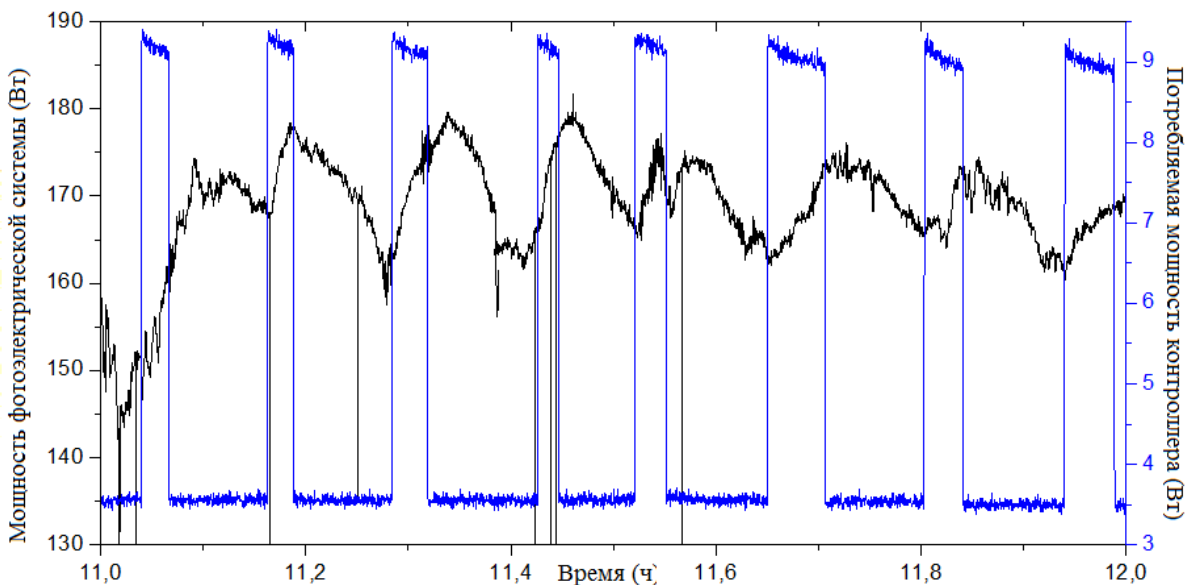


Рис. 8. Увеличение мощности фотоэлектрической системы

5. Заключение

Исследования завершились моделированием контроллера системы охлаждения на программное обеспечение Proteus, через моделирование можно редактировать программу

контроллера оптимальным способом. Экспериментальный тест контроллера успешно. Результаты показали, что после каждой операции контроллера системы охлаждения мощность фотоэлектрической системы значительно увеличивалась.

Литература

- Кьонг, 2013** – *Кьонг, Нго Сян*. Анализ конструктивных схем электромеханических систем солнечных батарей // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. 1.
- Bayrak et al., 2019** – *Bayrak, Fatih, Hakan F. Oztop, Fatih Selimefendigil*. Effects of different fin parameters on temperature and efficiency for cooling of photovoltaic panels under natural convection // *Solar Energy*. 2019. 188: 484-494.
- Cuong et al., 2018** – *Cuong, Ngo Xuan, Vo Quang Nha, Nguyen Thi Hong*. Asimplified calculation method of electric linear actuators for single-axis sun tracker // *Hue University Journal of Science: Natural Science*. 2018. 127.1D: 47-54.
- Cuong, 2018** – *Cuong, N.X.* Voltage Quality Analysis of Small-Capacity Grid-Connected Photovoltaic Systems in Low Voltage Distribution Networks // *European Journal of Technology and Design*. 2018. 6(1): 3-10.
- Hafez et al., 2018** – *Hafez, A.Z., Yousef, A.M., Harag, N.M.* Solar tracking systems: Technologies and trackers drive types – A review // *Renew. Sust. Energ. Rev.* 2018. 91: 754-782.
- Kang et al., 2019** – *Kang, H., Hong, T., Jung, S., Lee, M.* Techno-economic performance analysis of the smart solar photovoltaic blinds considering the photovoltaic panel type and the solar tracking method // *Energy and Buildings*. 2019. 193: 1-14.
- Monk, 2016** – *Monk, S.* (2016). Programming Arduino: Getting Started with Sketches, (Tab). McGraw-Hill Education TAB.
- Nasef et al., 2019** – *Nasef, H.A., Nada, S.A., Hassan Hamdy*. Integrative passive and active cooling system using PCM and nanofluid for thermal regulation of concentrated photovoltaic solar cells // *Energy Conversion and Management*. 2019. 199: 112065.
- Sajjad et al., 2019** – *Sajjad, U., Amer, M., Ali, H. M., Dahiya, A., Abbas, N.* (2019). Cost effective cooling of photovoltaic modules to improve efficiency // *Case Studies in Thermal Engineering*. 14: 100420.
- Shubbak, 2019** – *Shubbak, Mahmood H.* Advances in solar photovoltaics: Technology review and patent trends // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2019. 115: 109383.

References

- Bayrak et al., 2019** – *Bayrak, Fatih, Hakan F. Oztop, Fatih Selimefendigil* (2019). Effects of different fin parameters on temperature and efficiency for cooling of photovoltaic panels under natural convection. *Solar Energy*. 188: 484-494.
- Cuong et al., 2018** – *Cuong, Ngo Xuan, Vo Quang Nha, Nguyen Thi Hong* (2018). Asimplified calculation method of electric linear actuators for single-axis sun tracker. *Hue University Journal of Science: Natural Science*. 127.1D: 47-54.
- Cuong, 2018** – *Cuong, N.X.* (2018). Voltage Quality Analysis of Small-Capacity Grid-Connected Photovoltaic Systems in Low Voltage Distribution Networks. *European Journal of Technology and Design*. 6(1): 3-10.
- Hafez et al., 2018** – *Hafez, A.Z., Yousef, A.M., Harag, N.M.* (2018). Solar tracking systems: Technologies and trackers drive types – A review. *Renew. Sust. Energ. Rev.* 91: 754-782.
- Kang et al., 2019** – *Kang, H., Hong, T., Jung, S., Lee, M.* (2019). Techno-economic performance analysis of the smart solar photovoltaic blinds considering the photovoltaic panel type and the solar tracking method. *Energy and Buildings*. 193: 1-14.
- Kyong, 2013** – *Kyong, Ngo Syan* (2013). Analiz konstruktivnykh skhem elektromekhanicheskikh sistem solnechnykh batarei [Analysis of structural schemes of electromechanical systems of solar panels]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki*. 1. [in Russian]
- Monk, 2016** – *Monk, S.* (2016). Programming Arduino: Getting Started with Sketches, (Tab). McGraw-Hill Education TAB.

Nasef et al., 2019 – Nasef, H.A., Nada, S.A., Hassan Hamdy (2019). Integrative passive and active cooling system using PCM and nanofluid for thermal regulation of concentrated photovoltaic solar cells. *Energy Conversion and Management*. 199: 112065.

Sajjad et al., 2019 – Sajjad, U., Amer, M., Ali, H. M., Dahiya, A., Abbas, N. (2019). Cost effective cooling of photovoltaic modules to improve efficiency. *Case Studies in Thermal Engineering*. 14: 100420.

Shubbak, 2019 – Shubbak, Mahmood H. (2019). Advances in solar photovoltaics: Technology review and patent trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 115: 109383.

Построение и моделирование контроллера системы водяного охлаждения для фотоэлектрических модулей: Некоторые первые результаты

Ле Винь Тханг ^a, Анатолий В. Щагин ^a, Нго Сян Кыонг ^{b, *}, Тхи Хонг Нгуен ^c

^a Национальный исследовательский университет «МИЭТ», Российская Федерация

^b Школа техники и технологии, Хюэский Университет, Вьетнам

^c Промышленный колледж Хюэ, Вьетнам

Аннотация. В последние годы в мире активно развивается оборудование для использования солнечной энергии, которое обеспечивает тепло и электричество. В частности, широко используется фотоэлектрическая технология с использованием фотоэлектрических модулей. Эта статья посвящена контроллеру охлаждения для поверхности фотоэлектрических модулей для снижения температуры поверхности, увеличения их выходной мощности и улучшения производительности фотоэлектрических систем. В работе представлено проектирование, моделирование и построение контроллера системы водяного охлаждения для фотоэлектрических модулей. Применение контроллера системы водяного охлаждения для подключенной к сети фотоэлектрической системы с мощностью 250 Вт дало хорошие результаты. Эксперименты проводились в Центральном Вьетнаме, контроллер системы водяного охлаждения настроен на автоматическую работу при температуре поверхности выше 40°C, после каждой операции мощность подключенной к сети фотоэлектрической системы значительно возрастает. Результаты также показывают, что потребляемая мощность контроллера системы водяного охлаждения намного меньше, чем увеличенная мощность подключенной к сети фотоэлектрической системы.

Ключевые слова: водяное охлаждение, PV, увеличение мощности, производительность.

* Корреспондирующий автор

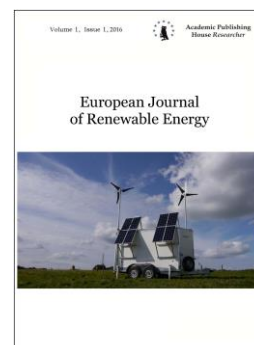
Адреса электронной почты: ngoxuancuong@hueuni.edu.vn (Н. Сян Кыонг)

Copyright © 2019 by Academic Publishing House Researcher s.r.o.



Published in the Slovak Republic
European Journal of Renewable Energy
Has been issued since 2016.
E-ISSN 2454-0870
2019, 4(1): 12-19

DOI: 10.13187/ejre.2019.1.12
www.ejournal51.com



Extraction and Optical Characterization of the Active Ingredient in *Solanum Melongena* Extract

A.L. Ujoatuonu ^a, E.L. Efurumibe ^{a,*}, P.I. Ekwo ^b, Efurumibe ^a, J. Nwogu ^a

^aMichael Okpara University of Agriculture, Umudike, Nigeria

^bNnamdi Azikiwe University, Awka, Nigeria

Abstract

In carrying out the experiment, first liquid extract was obtained from *Solanum Melongena* leaves using solvent extraction method at room temperature of 300K with acetone solvent. The liquid extract was concentrated to a certain degree using a rotary evaporator and the concentrated extracts were afterwards analyzed using a Hewlett-Packard 6890 gas chromatography mass spectrometer. Following additional analysis of the extract, it was observed that *Solanum melongena* extract contains 2, 3, 5, 6-tetraisopropylpyrazine (5.15 %), 6-octadecenoic acid (33.84 %), 1-(hydroxymethyl)-1, 2-ethanediyl ester (2.60 %) and stearic acid (20.68 %) as the active ingredients. The result of optical characterization using a Jenway 6405 UV-Visible spectrophotometer revealed that *Solanum Melongena* extract has optical band gap range from 1.10eV to 1.20eV.

Keywords: Solanium, melongena, extract, active, Ingredients, optical.

1. Introduction

Dye-based solar cells have been established to represent a more cost-effective alternative to traditional solar cells. In these cells, a dye is used in place of a semiconductor to trap the light (Bach, 2012). Dye has received great attention due to its environment stability, ease of preparation and its optical and electrical properties. The dye's color result from absorbance of light in the visible region of the electromagnetic spectrum due to the delocalization of electrons (Aziz, El-Mallah, 2009). Another way to improve the light harvesting in thin films is to use natural dyes obtained from plant parts like leaves, flowers or fruits with high extinction coefficients (Schmidt-Mende et al., 2005; Ute, 2009). This was the motivation for analyzing the active ingredients in natural dye obtained from *Solanum melongena* leaves. Knowledge of the optical constants of the materials (optical band gap and extinction coefficient) is vital in order to scrutinize the atomic structure, electronic band structure and electrical properties of the dye. The refractive index provides information about the chemical bonding and electronic structure of the material (Al-Mansaf, 2011).

A brief note on *solanum melongena*

Solanum melongena belongs in the plant family Solanaceae (for which belongs tomato, potato, nicotine and the poisonous deadly nightshade plant) (Fern, 2019; Gowda, 2016). It is commonly known as eggplant or aubergine. *Melongena* is a Latin word derived from the Italian word 'melanzane', meaning 'mad apple' (KSP, 2019). This plant was first domesticated in India, but

* Corresponding author

E-mail addresses: efurumibe.ezinna@mouau.edu.ng (E.L. Efurumibe)

is now cultivated worldwide and is a popular ingredient in many traditional dishes. The Plant can grow up to 2 metres tall with a long taproot which extends deep into the ground (KSP, 2019). The stems and leaves are thickly covered with star-shaped hairs and sometimes they give tingling sensation of mild discomfort when touched. The leaves (which is between 6-10 cm long) are arranged alternately along the stem and that by nature. The plant is an important vegetable crop of tropical and temperate parts of the world (Randhawa, Singh, 2016).

Analytical methods

In carrying out the study, first literature review of the study was carried out, followed by preparation of the materials needed for the experiment. Afterwards, the extraction of dye pigment from *Solanium melongena* leaves was carried out following Rodney (1990) solvent extraction method. The extract from *Solanium melongena* (already mixed with acetone) was subjected to rotary evaporation for hours using a rotary evaporator. This was done to separate the solvent (acetone) from the extract. The evaporator operated by first raising the temperature of acetone to between 40°C and 45°C (which is the boiling point of acetone). The concentrated extract obtained was placed in a sealed sample bottle for analysis.

The next thing that was carried out in the experiment was the analysis of the concentrated extract. This analysis was performed using a Hewlett-Packard 6890 gas chromatograph equipped with a Hewlett-Packard 5973 mass selective detector. Identification of the active ingredients in the concentrated dye extract was done by comparison of their relative retention index and mass spectra with those of NIST05s library data (McNair, Bonelli, 1969).

Following the analysis (which was meant to determine the active ingredients in the dye extract) was the characterization of the liquid dye extract. The liquid extract was characterized for absorbance and transmittance using a Jenway 6405 UV-VIS spectrophotometer. Other properties which include absorption coefficient, extinction coefficient, refractive index, reflectance, band gap and optical conductivity were determined.

The following formulae were employed in the calculations:

$$R = 1 - (A + T) \quad (1)$$

Where R is the reflectance, A and T are the absorbance and transmittance respectively.

$$\alpha = \frac{A}{\lambda} \quad (2)$$

Where α is the absorption coefficient, A is the absorbance and λ is the wavelength of the incident radiation (Pankove, 1971).

$$K = \frac{\alpha \lambda}{4 \pi} \quad (3)$$

Where K is the extinction coefficient, α is absorption coefficient and λ is the wavelength of the incident radiation.

$$n = \frac{(1 + \sqrt{R})}{(1 - \sqrt{R})} \quad (4)$$

Where n is refractive index, R is the reflectance (Robinson, 1952).

$$\sigma(op) = \frac{\alpha n c}{4\pi} \quad (5)$$

Where σ is optical conductivity, n is the refractive index and c is the speed of light

2. Discussion and results

The result from extraction shows that the extract from: *Solanium melongena* possesses a green colour suggesting chlorophyll pigment present. The chromatogram of the *Solanium melongena* extract taken from the gas chromatograph-mass spectrometer is shown in Figure 1.

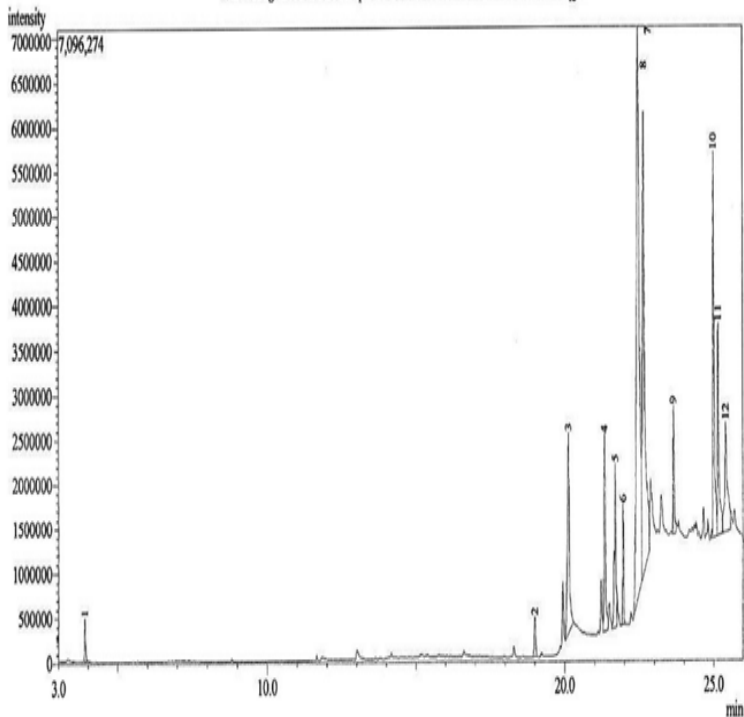
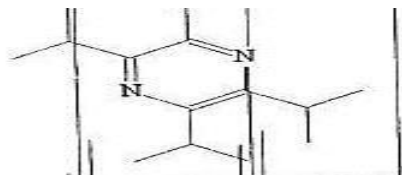


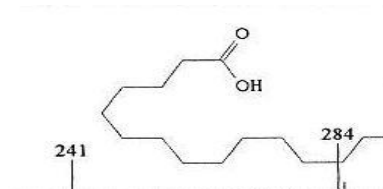
Fig. 1a. GC-MS chromatogram result of *Solanum melongena* extract

Figure 1a shows the chromatogram of *Solanum melongena* extract. Here, there were some minor unidentified peaks in the GC-MS spectrum but the compounds found in abundance were 2, 3, 5, 6-tetraisopropylpyrazine, 6-octadecenoic acid, 1-(hydroxymethyl)-1, 2-ethanediyl ester and octadecanoic acid (stearic acid).

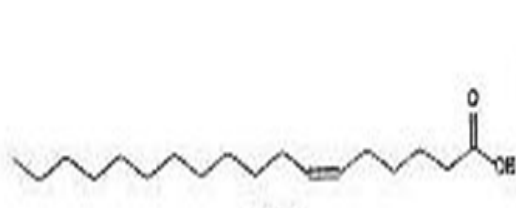
Figure 1b indicates the structure of the identified molecules and their percentage composition.



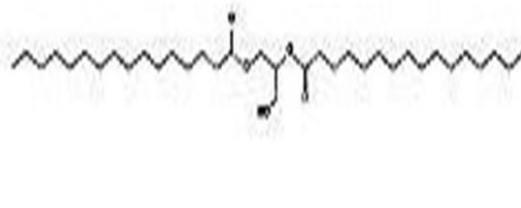
2, 3, 5, 6-tetraisopropylpyrazine (5.15 %)



Octadecanoic acid (stearic acid 20.68 %)



6 – Octadecenoic acid (33.84 %)



1-(hydroxymethyl)-1,2-ethanediyl ester (2.60 %)

Fig. 1b. the structure of the identified molecules

The optical absorbance/transmittance of the extract were studied in the wavelength range of 300-1000 nm.

Figure 2 shows a plot of absorbance versus wavelength for *Solanium melongena* extract. The plot reveals a high absorbance value of 0.9 throughout ultraviolet and Visible regions which later drop to approximately 0.68 at the near infrared region. The high absorbance value in the visible region makes solanium melongena extract useful as dye sensitizer for solar cell fabrication. This result is similar to those of the dye sensitizers by other natural dyes in previous works (Sofyan et al., 2013; Anthony et al., 2013).

Figure 3 shows the plot of spectral transmittance for *Solanium melongena* extract. The figure reveals a low transmittance of about 15 % throughout the ultraviolet and visible regions and a fairly moderate transmittance of about 22 % in the near infrared region at the peak of about 800 nm. The low transmittance in the visible region makes *Solanium melongena* extract useful for film application as window coating in cold region of the world.

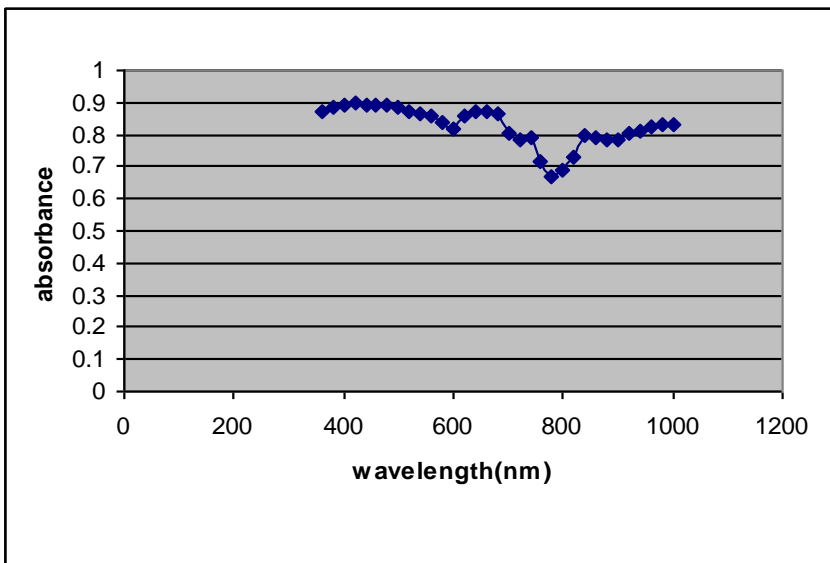


Fig. 2. Plot of absorbance against wavelength for *Solanium melongena* extract

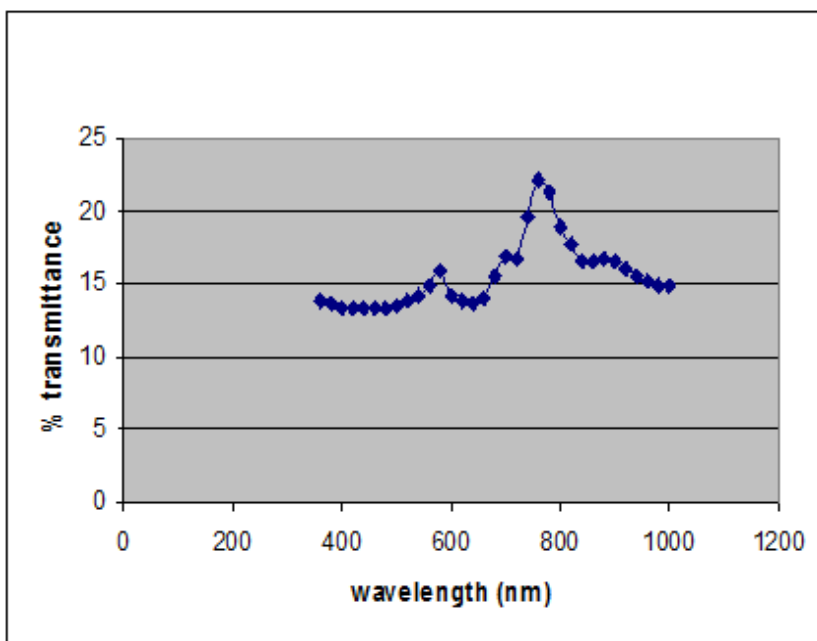


Fig. 3. Plot of transmittance against wavelength for *Solanium melongena* extract

Figure 4 indicates the extract reflectance (R) as a function of wavelength λ . A close observation of the graph shows that solanium melongena extract has very low reflectance value of about 0.04 in the visible region and 0.12 in the near infrared region. This makes it useful in thin film application as anti-reflection coatings.

The plot of absorption coefficient squared α^2 versus photon energy for *Solanium melongena* extract is shown in Figure 5. From the graph, the value of the band gap energy was found to be 1.20eV. This was obtained by extrapolating the straight part of the graph to a point where $\alpha^2 = 0$. It is in close agreement with the result of In Chung (2012) who reported a band gap range of 1.30eV for ruthenium dye.

Figure 6 shows a plot of the extinction coefficient (K) against wavelength. From the graph *Solanium melongena* shows a high extinction coefficient value of about 0.070 throughout the ultraviolet and the visible region. This high extinction coefficient value makes it useful for dye sensitizers. This agrees well with Schmidt-Mende, and Grätzel (2005) and Ute (2011) that a dye to be used in the fabrication of DSSC must have a high extinction coefficient.

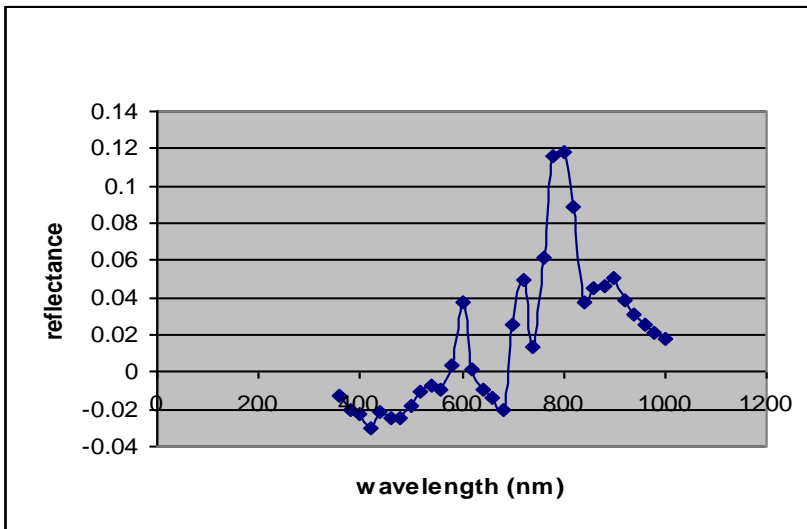


Fig. 4. Plot of reflectance against wavelength for *Solanium melongena* extract

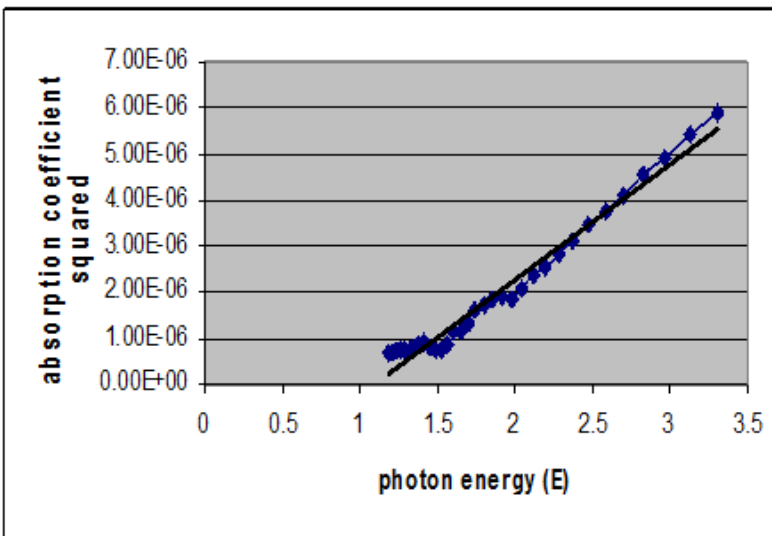


Fig. 5. Plot of absorption coefficient squared α^2 against photon energy E (hV) for *Solanium melongena* extract

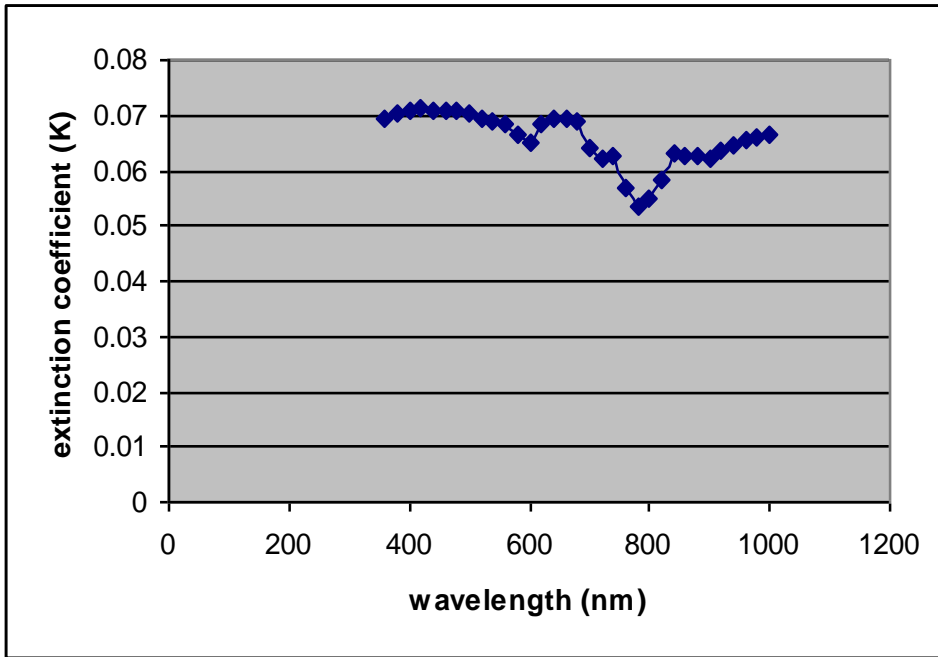


Fig. 6. Plot of extinction coefficient vs wavelength for *Solanium melongena* extract

Figure 7 is a plot of refractive index versus photon energy for *Solanium melongena* extract. From the graph it is indicated that the refractive index increases as photon energy increases. A peak value of 2.0 is observed at 1.5eV and 2.0eV respectively. This high refractive index makes *Solanium melongena* extract useful in solar cell and anti-dazzling coatings.

Figure 8 shows the plot of optical conductivity versus photon energy for *Solanium melongena*. From the graph it is observed that the optical conductivity increases with increasing photon energy. A further observation reveals that the optical conductivity of *Solanium melongena* extract when photon energy is 2.0eV it increases from 0.0004 at 1.5eV to 0.0005 which later drop to zero at 2.3eV. This is in agreement with the theory of semiconductor which explains that optical conductivity of a doped semiconductor increases as photon energy increases (Sze, 1969).

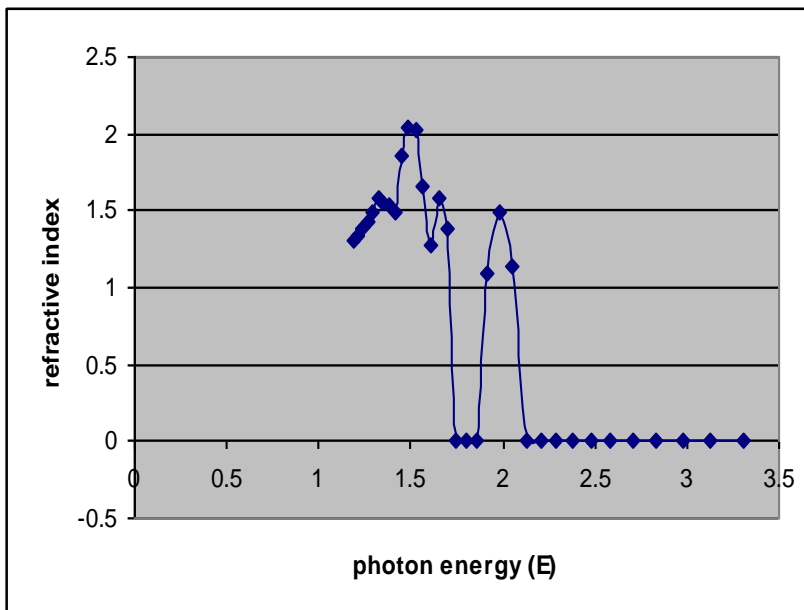


Fig. 7. Plot of refractive index vs photon energy for *Solanium melongena* extract

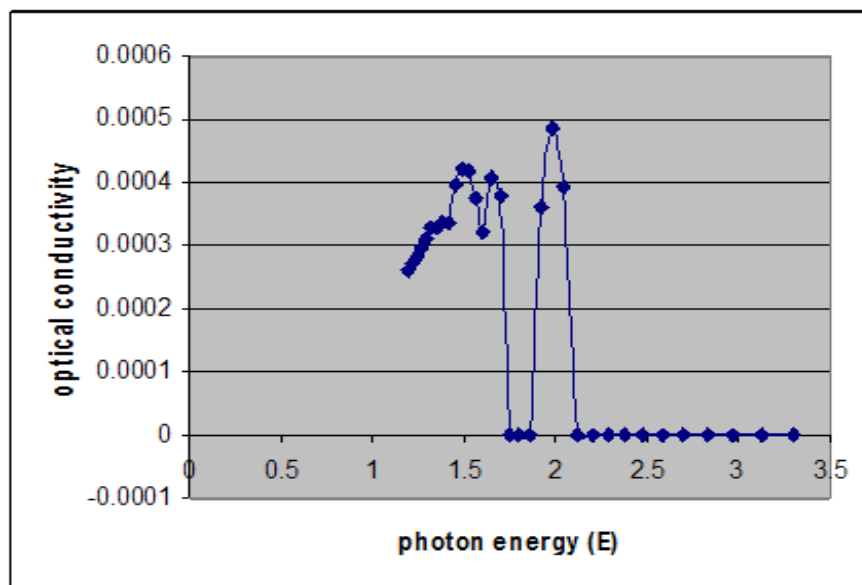


Fig. 8. Plot of optical conductivity against photon energy for *Solanum melongena* extract

3. Conclusion

Based on the results of research and discussion on the extraction and optical characterization of the active ingredient in *Solanum melongena*, it can be concluded that the extract from *Solanum melongena* contain pyrazine dye, 6-octadecenoic acid, 1-(hydroxymethyl)-1,2-ethanediyl ester and stearic acid as the active ingredients. These active ingredients composition portray the leaf extract as good source of dye for dye-sensitized solar cells (DSSCs). From the optical characterization, the extract showed very high absorbance, low transmittance, low reflectance, and high extinction coefficient. These makes it further useful as dye sensitizer material (and it can be employed in the fabrication of dye-sensitized solar cell). The extract can also be used in warm-coating and as anti-reflection coating. A band gap range of about 1.20eV was obtained from *Solanum melongena* extract and as a result, it can serve as semiconductor with high electrical properties.

References

- Al-Mansaf, 2011 – Al-Mansaf, A.I. (2011). Optical Properties of Dye (P- Naphtholbenzein). *J. of Basrah Researches (Sciences)*. 37 (3): 1817-2695.
- Anthony et al., 2013 – Anthony, M.A., William, L.G., David, M.L., John, L.M. (2013). Production of Nanoporous Dye Sensitized Photovoltaic Cells with Anthocyanin Extracted from Blood Oranges. [Electronic resource]. URL: <http://teachers.usd497.org/>
- Aziz, El-Mallah, 2009 – Aziz, M.S., El-Mallah, H.M. (2009). Optical properties of dye. *Indian journal of Pure and Applied Physics*. 45: 530.
- Bach, 2012 – Bach, U. (2012). Improved performance for solar cells: Highly efficient p-type dye-sensitized solar cell with cobalt-based electrolyte. Report submitted to Angewandte Chemie, Monash University, Australia.
- Fern, 2019 – Fern, K. (2019). Useful Tropical plants. [Electronic resource]. URL: www.tropical.theferns.info
- Gowda, 2016 – Gowda, R.L. (2016). Genetically modified Aubergine. [Electronic resource]. URL: www.sciencedirect.com
- Chung et al., 2012 – Chung, B.L., Jiaqing, H., Robert, P.H.C., Mercouri, G.K. (2012). All-solid-state dye-sensitized solar cells with high efficiency. *Nature*. 485: 486-489.
- KSP, 2019 – Ken Specie Profile (KSP) (2019). Plants of the world online. [Electronic resource]. URL: www.powo.science.kew.org
- McNair, Bonelli, 1969 – McNair, H.M., Bonelli, E.J. (1969). Gas Chromatography Mass Spectrometry: Basic Gas Chromatography (5th ed.). Varian Aerograph: 123-134.

- [Pankove, 1971](#) – *Pankove, J.J.* (1971). Optical processes in semiconductor, Prentice-Hall, New York, 475 p.
- [Randhawa, Singh, 2016](#) – *Randhawa, G.J., Singh, M.* (2016). Genetically modified organism in food. [Electronic resource]. URL: www.sciencedirect.com
- [Robinson, 1952](#) – *Robinson, T.S.* (1952). Thin films processes, Soc. Pub., London, 910 p.
- [Rodney, 1990](#) – *Rodney, F.B.* (1990). Isolation and Spectrophotometric Characterization of Photosynthetic Pigments. *J. Biochemical education*. 18 (4): 203-206.
- [Schmidt-Mende et al., 2005](#) – *Schmidt-Mende, L., Bach, U., Humphry-Baker, R., Horiuchi, T., Miura, H., Ito, S., Uchida, S., Grätzel, M.* (2005). Dye-sensitized solar cell. *Adv. Mater.* 17: 813-815.
- [Sofyan et al., 2013](#) – *Sofyan, A.T., Taher, M.E., Hatem, S.E., Monzir, S.A.* (2013). Dye-Sensitized Solar Cells Using Fresh and Dried Natural Dyes. *International Journal of Materials Science and Application*. 2(2): 37-42.
- [Sze, 1969](#) – *Sze, S.M.* (1969). Physics of Semiconductor Devices. John Wiley and Sons Inc., New York, 512.
- [Ute, 2009](#) – *Ute, B.C.* (2009). Characterization of organic dyes for solid state Dye-sensitized solar cells. *J. Phys. Chem. C*. 113: 14595-14597.
- [Ute, 2011](#) – *Ute, B.C.* (2011). Characterization of organic dyes for solid state Dye-sensitized solar cells. Ph.D dissertation, Uppsala University, 814, 89.