



# Wrocław University of Science and Technology

Department of Electrical Power Engineering

K36W05D02/142/2021

Wrocław July 13th 2021

Institute of Mathematics and  
Mathematical Modeling  
Al-Farabi Kazakh National University  
Almaty, Kazakhstan

## REVIEW

of the PhD dissertation entitled *"The method of heat polynomials and special functions for the heat problems in regions with free boundaries and their applications"* by **Nauryz Targyn Atanbekovich** PhD student of the joint educational program of Al-Farabi Kazakh National University and Institute of Mathematics and Mathematical Modeling (*specialty 6D070500- Mathematical and Computer Modeling*).

The main goal of the dissertation is to develop new and of required accuracy and approximate analytical methods for solving heat and mass transfer problems with phase transformations of matter. They are based on the use of heat polynomials to study the dynamics and size of erosion of electrical contact systems of low-voltage devices. The scope of work includes:

- analysis of the effectiveness of the method of heat polynomials and special functions,
- estimation of the approximation solution by the variation and collocation method;
- finding the coefficients of linear combination of special functions (integral error function, Laguerre polynomials and congruent hypergeometric function) and heat polynomials which a priori satisfy the heat equation;



HR EXCELLENCE IN RESEARCH

Wrocław University of Science  
and Technology  
Faculty of Electrical Engineering  
Department of Electrical Power  
Engineering

Correspondence address:  
wybrzeże Wyspiańskiego Str. 27  
50-370 Wrocław

Department building: D-20  
Janiszewskiego Str. 8

T: +48 71 320 26 55  
F: +48 71 320 26 56

e-mail: ke@pwr.edu.pl  
www.ke.pwr.edu.pl

REGON: 000001614  
VAT ID NUMBER: PL 0960005851  
Bank Zachodni WBK S.A.  
37 1090 2402 0000 0006 1000 0434



# Wrocław University of Science and Technology

Department of Electrical Power Engineering

- solving the one- and two-phase Stefan's problem with temperature dependence coefficients;
- reducing the partial differential equation to an ordinary nonlinear second-order differential equation by the principle of similarity.

These problems are of practically significant importance when analyzing the thermal impact of the electric arc arising under opening of the contact set. Mathematical modeling of the electrical arc is very important to understand its dynamics and to estimate arc parameters because experimental methods give as a rule only the resulting information about arcing and arc erosion. It is due to the complex problems of mutual interaction of physical phenomena occurring both within the contact area and inside the contact material itself, especially in transient of the arc discharge. General models describing phenomena inside the arc plasma are based on the systems of partial differential equations of the magneto-hydrodynamics. The arc appearing at blow-open contact repulsion has specific particular qualities conditioned by the electromagnetic and metallic vapor pressure. The non-stationary model of the dynamics of contacts repulsion known from the literature has two drawbacks. Firstly, there is no thermal equation of the arc in this model, and secondly, all coefficients in the model, such as thermal and electrical conductivity, heat sources, heat capacity, etc., are assumed to be constant. However, especially for high values of current, the knowledge of the dependence of all these coefficients on temperature is very important. Therefore, this model required appropriate correction, which was the one of main goal to solve of this problem in dissertation.

The dissertation has 109 pages and consists of an introduction, three chapters, list of references and an appendix. In the first chapter, the heat polynomials and special function methods and their properties are introduced. In the second part, applications of heat polynomials and special functions are considered. In the last



CELLENCE IN RESEARCH

Wrocław University of Science  
and Technology  
Department of Electrical Engineering  
Department of Electrical Power  
Engineering

Correspondence address:  
ul. Wyspiańskiego Str. 27  
Wrocław

Department building: D-20  
Wyspiańskiego Str. 8

71 320 26 55  
71 320 26 56

ke@pwr.edu.pl  
pwr.edu.pl

REGON: 142327614  
NUMBER: PL 8960005851  
Wrocławski Wodociąg S.A.  
KRS 000000006 1000 0434





# Wrocław University of Science and Technology

Department of Electrical Power Engineering

section, similarity solutions of one and two phase Stefan problems with temperature dependence coefficients are discussed. Next, the mathematical model of a short arc at the blow-off repulsion of electrical contacts during the transition from metallic phase to gaseous phase is presented. This problem has been solved using similarity principle. The author's achievements are listed and commented on in the conclusions.

The dissertation is written in correct English. The presented material is carefully selected and commented on. The work is relevant and contributes to the development of the scientific speciality Mathematical and Computer I Modeling and is of great practical importance.

The PhD thesis fully meets all the requirements for a doctoral dissertation. The student Nauryz Targyn has demonstrated a high level of professionalism and English proficiency. The work deserves "excellent" in my opinion. Therefore, if Nauryz Targyn successfully defends his doctoral dissertation, he fully deserves the academic rank of the PhD in the specialty 6D070500 - Mathematical and Computational Modeling. I strongly recommend this dissertation for defense.

Prof. dr hab. inż. Bogdan Miedzinski

Dr hab. Inż. Marcin Habrych, prof.

Emeritus Professor

Kierownik  
Katedry Energoelektryki

  

dr hab. inż. Marcin Habrych, prof. uczelni

Head of Electrical Power Engineering

Department

Wrocław July 13th 2021



ELLENCE IN RESEARCH

University of Science  
nology  
f Electrical Engineering  
ent of Electrical Power  
ng

ndence address:  
Wyspiańskiego Str. 27  
Wrocław

ent building: D-20  
skiego Str. 8

1 320 26 55  
1 320 26 56

e@pwr.edu.pl  
pwr.edu.pl

000001614  
NUMBER: PL 8960005851  
chodni WBR S.A.  
2402 0000 0006 1000 0434

<p>ПЕРЕДОВЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ Вроцлавский университет науки и технологии Электротехнический факультет Кафедра электроэнергетики</p> <p>Почтовый адрес: wybrzeze Wyspianskiego Str. 27 50-370 Вроцлав</p> <p>Здание кафедры: D-20 Janiszewskiego Str. 8</p> <p>Тел.: +48 71 320 26 55 Факс: +48 71 320 26 56</p> <p>Эл. почта: ke@pwr.edu.pl www.ke.pwr.edu.pl</p> <p>REGON: 000001614 Идент. № плательщика НДС: PL 8960005851 Bank Zachodni WBK S.A. 37 1090 2402 0000 0006 1000 0434</p>	<p>Вроцлавский университет науки и технологий</p> <hr/> <p>Кафедра электроэнергетики</p> <p style="text-align: right;">Вроцлав, 13 июля 2021 года</p> <p>K36W05D02/142/2021</p> <p style="text-align: center;"><b>Институт математики и математического моделирования Казахский национальный университет имени Аль-Фараби г.Алматы, Казахстан</b></p> <p style="text-align: center;"><b>ОТЗЫВ</b></p> <p>на докторскую диссертацию "Метод тепловых полиномов и специальных функций для задач теплопроводности в областях со свободными границами и их применение" Наурыза Таргына Атанбековича, аспиранта совместной образовательной программы Казахского национального университета имени Аль-Фараби и Института математики и математического моделирования (специальность 6D070500- Математическое и компьютерное моделирование).</p> <p>Основной целью диссертации является разработка новых и требуемых по точности и приближенных аналитических методов решения задач тепломассообмена с фазовыми преобразованиями вещества. Они основаны на использовании тепловых полиномов для исследования динамики и величины эрозии электрических контактных систем низковольтных устройств. Объем работ включает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• анализ эффективности метода тепловых полиномов и специальных функций,</li> <li>• оценка приближенного решения вариационно-коллокационным методом;</li> <li>• нахождение коэффициентов линейной комбинации специальных функций (интегральной функции ошибки, полиномов Лагерра и конгруэнтной гипергеометрической функции) и тепловых полиномов, которые априори удовлетворяют тепловому уравнению;</li> </ul>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



ПЕРЕДОВЫЕ  
ДОСТИЖЕНИЯ В  
ОБЛАСТИ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
Вроцлавский  
университет науки и  
технологии  
Электротехнический  
факультет  
Кафедра  
электроэнергетики

Почтовый адрес:  
wybrzeze Wyspianskiego  
Str. 27  
50-370 Вроцлав

Здание кафедры: D-20  
Janiszewskiego Str. 8

Тел.: +48 71 320 26 55  
Факс: +48 71 320 26 56

Эл. почта: ke@pwt.edu.pl  
www.ke.pwt.edu.pl

REGON: 000001614  
Иденг. № плательщика  
НДС:  
PL 8960005851  
Bank Zachodni WBK S.A.  
37 1090 2402 0000 0006  
1000 0434

Вроцлавский университет науки и технологии

Кафедра электроэнергетики

- решение одно- и двухфазной задачи Стефана с коэффициентами температурной зависимости;
- сведение дифференциального уравнения с частными производными к обыкновенному нелинейному дифференциальному уравнению второго порядка по принципу подобия.

Эти задачи имеют практически важное значение при анализе теплового воздействия электрической дуги, возникающей при размыкании контактной группы. Математическое моделирование электрической дуги очень важно для понимания ее динамики и оценки параметров дуги, поскольку экспериментальные методы дают, как правило, только итоговую информацию о дуге и дуговой эрозии. Это связано со сложными проблемами взаимного взаимодействия физических явлений, происходящих как в зоне контакта, так и внутри самого материала контакта, особенно в переходных процессах дугового разряда. Общие модели, описывающие явления внутри дуговой плазмы, основаны на системах дифференциальных уравнений магнитогидродинамики с частными производными. Дуга, возникающая при отталивании разомкнутого контакта, имеет специфические особенности, обусловленные электромагнитным давлением и давлением паров металла. Известная из литературы нестационарная модель динамики отталивания контактов имеет два недостатка. Во-первых, в этой модели нет теплового уравнения дуги, а во-вторых, все коэффициенты в модели, такие как тепло- и электропроводность, источники тепла, теплоемкость и т.д., считаются постоянными. Однако, особенно для больших значений тока, знание зависимости всех этих коэффициентов от температуры очень важно. Поэтому данная модель требовала соответствующей коррекции, что и было одной из основных целей решения данной проблемы в диссертации.

Диссертация содержит 109 страниц и состоит из введения, трех глав, списка литературы и приложения. В первой главе говорится о методах тепловых полиномов и специальных функций и их свойствах. Во второй части рассматривается применение тепловых полиномов и специальных функций. В последнем

Вроцлавский университет науки и технологии

Кафедра электроэнергетики

разделе обсуждаются решения по подобию одно- и двухфазных задач Стефана с коэффициентами температурной зависимости; Далее представлена математическая модель короткой дуги при продувочном отталкивании электрических контактов во время перехода из металлической фазы в газообразную. Эта задача была решена с помощью принципа подобия. Достижения автора перечислены и прокомментированы в выводах.

Диссертация написана на английском языке. Представленный материал тщательно отобран и прокомментирован. Работа актуальна, вносит вклад в развитие научной специальности "Математическое и компьютерное моделирование" и имеет большое практическое значение.

Докторская диссертация полностью отвечает всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям. Студент Наурыз Таргын продемонстрировал высокий уровень профессионализма и владения английским языком. По моему мнению, работа заслуживает оценки "отлично". Таким образом, если Наурыз Таргын успешно защитит докторскую диссертацию, он вполне заслуживает ученого звания доктора наук по специальности 6D070500 - Математическое и компьютерное моделирование. Я настоятельно рекомендую данную диссертацию к защите.

Проф., dr hab. inż. Богдан Мидзинский	Dr hab. Inż. Марцин Хабрих, проф.
<i>/подпись/</i>	<i>/подпись/</i>
Почетный профессор	<i>/штамп/</i>
	Заведующий кафедрой электроэнергетики

Вроцлав, 13 июля 2021 года

ПЕРЕДОВЫЕ  
ДОСТИЖЕНИЯ В  
ОБЛАСТИ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
Вроцлавский  
университет науки и  
технологии  
Электротехнический  
факультет  
Кафедра  
электроэнергетики

Почтовый адрес:  
wybrzeże Wyspiańskiego  
Str. 27  
50-370 Вроцлав

Здание кафедры: D-20  
Janiszewskiego Str. 8

Тел.: +48 71 320 26 55  
Факс: +48 71 320 26 56

Эл. почта: ke@pwt.edu.pl  
www.ke.pwt.edu.pl

REGON: 000001614  
Идент. № плательщика  
НДС: PL 8960005851  
Bank Zachodni WBK S.A.  
37 1090 2402 0000 0006  
1000 0434



Республика Казахстан, город Алматы,  
Двенадцатое апреля две тысячи двадцать второго года.

Перевод текста документа с английского языка на русский язык выполнен переводчиком Джумагалиевой Ольгой Жекенбековной, 12.02.1990 года рождения, ИИН 900212400374 в городе Алматы, Республика Казахстан.

Подпись Ольга Джумагалиева

Республика Казахстан, город Алматы,  
Двенадцатое апреля две тысячи двадцать второго года.

Я, Бултанкулов Уркен Бахытжанович, нотариус города Алматы Республики Казахстан, действующий на основании государственной лицензии № 17012502 от 11.07.2017 года, выданной Министерством Юстиции Республики Казахстан, свидетельствую подлинность подписи, сделанной переводчиком Джумагалиевой Ольгой Жекенбековной, которая сделана в моем присутствии. Личность переводчика, установлена, дееспособность и полномочия проверены.

Зарегистрировано в реестре за № 1271

Взыскано девятьсот две тенге государственная пошлина + одна тысяча пятьсот тридцать две тенге услуги правового и технического характера.

Нотариус:



A large, stylized handwritten signature in blue ink, written over the notary seal.



ET6905960220412125502T29855F

Нотариаттық іс-әрекеттің бірегей нөмірі / Уникальный номер нотариального действия