



ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПРИЛОЖЕНИЕТО НА БЕЗЛОПАТКОВИ ВОДНИ ТУРБИНИ

Пламен Райков

Резюме: Целта на това изследване е да се очертаят съвременните достижения в областта на развитието, изследванията и приложението на безлопаткови турбини. С оглед на доброто съотношение на добивана енергия/цена при изграждане. Те биха намерили широко приложение в малки язовири и бентове с нисък пад на водата. Идеята е да се изследва нов тип безлопаткова турбина, работеща посредством използване на хидравлични удари върху дисковете.

Ключови думи: безлопаткови турбини, моделиране, флуидни изследвания.

1. Въведение

В последно време турбините с малка мощност привличат все по-голям интерес с възможностите си за поставяни на трудно достъпни места, и там където изграждането на електрически централи е необосновано финансово и енергийно.

Въпреки многото направления за създаване на такива турбини [1, 2], от първостепенно значение за добиването на енергия е добрата им ефективност, дълъг работен цикъл, разходи при изграждането и надеждност при работа.

Безлопатковите турбини дават уникална възможност за ефективност за малки по мащаб, извличащи енергия, водни устройства по няколко причини. Първо простотата на тези турбините им позволява да се произвежда в малки габарити евтина енергия от възобновяеми водни течения. Друга възможност е инсталацията на места, където падовете на водата са от сравнително малка височина като от преливници на малки язовири и горни течения на реки. Конструктивната им разработка им дава възможност за работа в силно абразивни водни среди, каквито са горните течения на повечето реки. За разлика от лопатковите устройства възможностите за производство и изработка на безлопаткови турбини в умалени мащаби е напълно възможни [3].

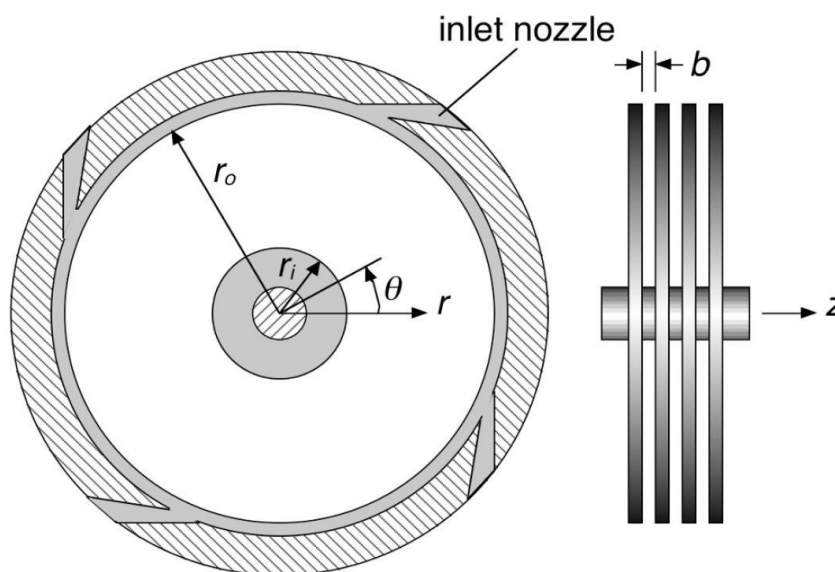
Безлопатковите турбини, за разлика от други устройства, разчитат на вискозните сили за прехвърляне на енергия от движението на набор от дискове, обединени върху един ротор и дават конструктивна възможност за мащабиране до малки размери. Поради това и редица автори са посветили на изследванията на технологията на работа на такива турбина за електроцентрали, вариращи от 1 kW до 1 W.

2. Обзор на изследванията в областта на безлопатковите турбини

Първата такава турбина е патентована в 1913 от Никола Tesla [4]. В своя патент той твърди, че е създал високо ефективно устройство, даващо възможност за промени в скоростта и посоката на работа, когато това е наложително т.е. могат да работят като турбини или помпи. Създал е устройство, където флуида следва естествен си път с минимални смущения, като води до извличане на енергия при подобрена ефективност, при минимални разходи и сложност на устройството, както е показано на фиг.1..

Според Tesla, работната течност влиза в камера през входа в допирателна спрямо пакета от дискове посока и преминава по повърхността на дисковете в разстоянието между тях. Пътят на потока е спирален към центъра, където има аксиално разположени отвори. След като патентована Tesla помпа, той очертава принципа и за използването и като Tesla турбина.

Tesla също посочва и няколко важни фактори, засягащи производителността, включително че с увеличаване на размера скоростта на потока се увеличава, което води до увеличаване на ефективността.



Фиг.1. Схематично представяне на Tesla турбина.

Той описва няколко предимства над традиционните устройства, включително простота, ниски тегло, ниски поддръжка, ниски разходите, надеждност и компактност. Той споменава че градиента на центробежното налягане действа за експоненциално увеличаване на скорост, при което устройството да работи на далеч по-високо скорости и по този начин да го увреди.

Анализ на потока и оптималния дизайн на турбинната част са ключов елемент в използването на този тип безлопаткови турбини в областта на добиване на енергия.

Редица изследователи в последствие са изследвали тези турбини със стремеж да подобрят ефективността им на работа.



През 1960 година, Rice[5] and Breiter et al.[6] провежда широки анализ и тестване на Tesla турбини. Rice индиректно сравнява получените експериментални данни, но не описва аналитично обяснение влиянието на триенето на флуида при преминаването му между дисковете.. Breiter et al. правят предварителен анализ само на помпи, и използва уравнения за числено решаване на енергията и импулса.

Ноуа [7] и Guha[8] тестват дозвуковови и свръхзвукови дюзи съвместно с Tesla турбини, обаче анализ им е фокусиран на върху експериментални резултати, а не на аналитично решение с цел повишаване на ефективността при проектиране на безлопаткова турбина. Krishnan [9] тества няколко mW турбини, и достигат до 36 % ефективност при 2 м/сек поток с 1 см диаметър на ротора.

При едномерен модел на несвиваем флуид турбина, Deam [10] анализира потока чрез използване уравнението за запазване на енергията и заключава че максимална турбина ефективност е 40 %, процента, въпреки загубите да изхода и топлинното разсейване. В същност при Tesla турбините, скоростта на излизане на флуида е по-ниска от скоростта входа, поради цилиндричната геометрия, и по тази причина се очаква теоретично горната граница на ефективност да бъде по-висока от 40% .

Carey [11] предлага аналитично решение в затворена форма на потока в ротора като ползва няколко идеализации, като пренебрегва вискозна транспорт в радиалните и тангенциални посоки.

Romanin [19] прилага решението на Carey за поток през ротора и тества получените данни за 73 мм диаметър турбина, работеща с компресиран въздух. В това проучване, Romanin предлага няколко изпълнения с подобрени стратегии. Те са основани на комбинация на тестови данни и аналитичното решение на Carey за поток в ротора, включително намаляване на между-дисковото разстояние, увеличаване на скоростта на въртене на турбината и увеличаване на броя на дискове (или намалява масата на поток курс на диск). Romanin също повдигна въпроса относно асиметричността на потока при дискретни на брой и форма на дюзи, което не е отчетено в аналитичния модел на Carey.

Предходните анализи предполагат, че подобрението на плъзгането на флуида в ротора в този тип на турбини обикновено подобрява енергийна и ефективност. Информацията получена в последните изследвания показва, че при ламинарен поток плъзгането на флуида по повърхността на дисковете е силно зависимо от грапавостта и микроструктурата на повърхността на дисковете [12, 13, 14, 15]. Тези изследвания показват, че за най-разпространените канали, грапавостта на повърхността(до 0,05мм) не влияе при движението на ламинарния поток в канала. Обаче в микро-мащаб канали близо до повърхността няколко физически ефекта започват да влияят значително в сравнение със силите във входния поток. Първо, Moody диаграмите отчитат само повърхностната грапавост до 0.05, която е достатъчно малка и не отчита

свиваемостта на потока флуид. Когато площта на потока стане достатъчно малка се увеличава скоростта на потока и съответното грапавостта на стените може да стане фактор за неточни изчисления. Второ, размерът, формата и грапавостта на повърхността могат да предизвикат малки области на рециркулация, да предизвика други ефекти като кавитация или отлепване на слоя от стената, които да станат все по-важни в по-малки размер канали, при което енергията в стесненията да стане съизмерима с енергията на входния поток.

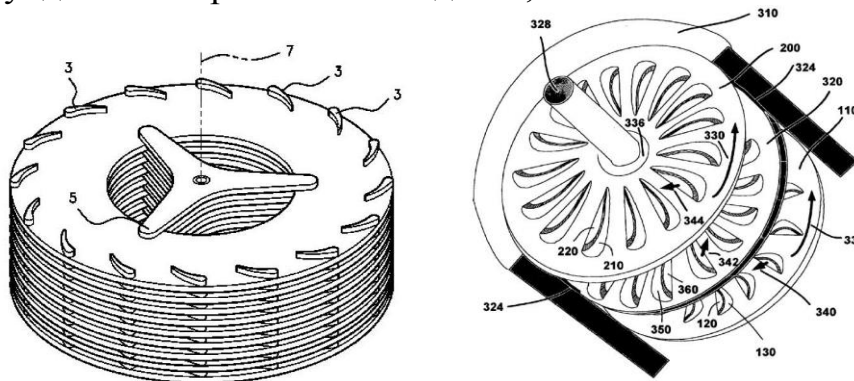
В 2005 г., Kandlikar et. al [14] модифицира традиционните Moody диаграма за повърхности с относителна грапавост по-високи от 0,05. Той се аргументира се с това, че движението на потока над тази стойност се променя и води до съществена промяна от заложените предвиждания. Kandlikar предлага да се въведе конструктивен диаметър, зависещ от грапавостта и базовия диаметър. При използване това формулиране, Moody диаграмите могат да бъдат изградени отново за този конструктивен диаметър и по този начин се използват за канали с относителна грапавост по-голям от 5 %. Kandlikar провежда експерименти, които съответстват тясно със своето предложение и те показват значителна по-близки стойности от прогнозите на класическа Moody диаграма. Kandlikar, обаче провежда само експерименти на един тип на грапавост елемент, и не анализира ефект на размера, формата и промяна на грапавостта на различни конструктивни елементи, изграждащи микроканалите.

Croce et al [12] използва изчислителни подход за грапавост върху конична модел и неговия ефект за поток в микроканалите.

Gamrat et al. [13] осигурява подробни обобщение на предишните изследвания с отчитане Hagen–Poiseuille уравнението за налягането на движещ се флуид в микроканалите.

3. Конструктивна реализация

Съществуват два основни типа разработки: такива, което наподобяват типичната Tesla турбина с набор от дискове, разположени върху общ вал и втори тип, при които в междудисковото пространство са поставени елементи, насочващи флуида към вътрешността на диска, както е показано на фиг.2.



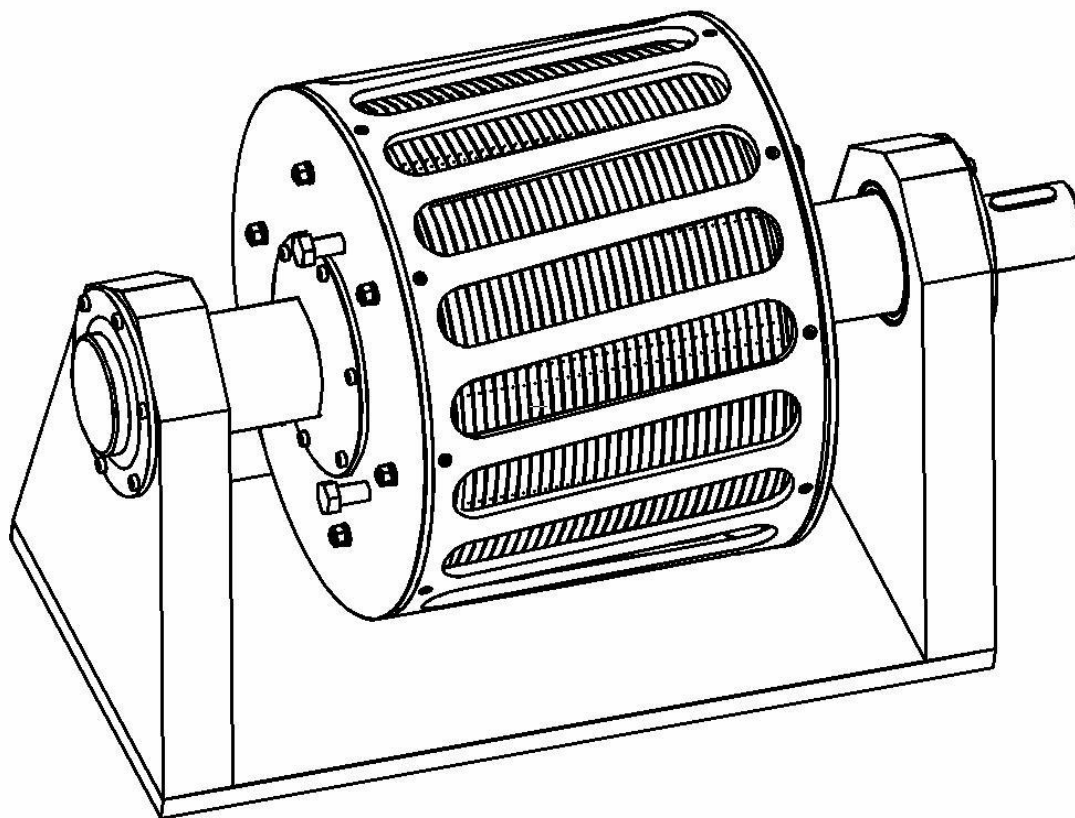
US 7,695,242 B2 US 2006/0233647 A1

Фиг. 2 Примерни изпълнения на два вида безлопаткови турбини.

Съществуват и редица други разработки, базирани върху тези два типа, които допринасят за по-пълното изследване на безлопаткови турбини и техните предимства.

4. Цел на изследването

Целта на това изследване е да се разработи нова по тип безлопаткова турбина, с възможност за използване при нископаднови води. Идеята е водната турбина, да включва набор от еднотипни дискове, върху които са разположени направляващи водния поток елементи и разположени между всеки два съседни диска пружинни елементи, служещи за промяна на разстоянието. Около дисковете е разположена сепарираща тръба с наклонени прорези, разделяща водния поток на части.



Фиг. 3 Примерно изпълнение на предлаганата турбина.

Предимство на така разработената конструкция е, че посредством наклонените прорези, се осъществява допълнителна ударната сила върху набора от дискове, което съвместно с ефекта на Coanda, води до по-ефективно оползотворяване на енергията на водния поток. За повишаване на ефективността на работа при променливата скорост на водния отток през различните сезони на годината е възможна промяна на разстоянието между дисковете, чрез разположените между дисковете пружинни елементи.



5. Заключение

Така проектираната турбина, може да намери приложение там, където традиционните турбини са прекалено голям комплекс или скъпо да производство на или поддръжка съоръжение и в частност - локални приложения при производство на енергия в нископадови води, каквито са водите от преливниците на голямата част от язовирите в България и като помпа, за абразивни течности или други течности че не може да бъде обработени с традиционните помпи.

Литература:

1. A. Epstein. "Millimeter-Scale, Micro-Electro-Mechanical Systems Gas Turbine Engines". In: Journal of Engineering for Gas Turbines and Power 126.2 (2004), pp. 205-226.
2. A. Carlos Fernandez-Pello. "Micropower generation using combustion: Issues and approaches". Proceedings of the Combustion Institute 29.1 (2002), pp. 883 -899.
3. Kelvin Fu et al. "Design and Experimental Results of Small-Scale Rotary Engines": ASME Conference Proceedings, 2001 .
4. Tesla N. "Turbine". In: US Patent No. 1,061,206 (May 1913).
5. W. Rice. "An Analytical and Experimental Investigation of Multiple Disk Turbines". In: Journal of Engineering for Power (Jan. 1965), pp. 29-36.
6. M. C. Breiter and K. Pohlhausen. "Laminar Flow Between Two Parallel Rotating Disks". Tech. rep. ARL 62-318. Aeronautical Research Laboratories, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio, 1962.
7. A. Guha and B. Smiley. "Experiment and analysis for an improved design of the inlet and nozzle in Tesla disc turbines". In: Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy 224.2 (2010), pp. 261-277.
8. G. P. Hoya and A. Guha. "The design of a test rig and study of the performance and efficiency of a Tesla disc turbine". In: Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy (2009), pp. 451-465.
9. Vedavalli G. Krishnan and all. "A Micro Tesla Turbine for Power Generation from Low Pressure Heads and Evaporation Driven Flows". In: Solid-State Sensors, 16th International of Solid-State Sensors, Actuators, and Microsystems Conference. (2011), pp. 1851-1854.
10. R. T. Deam et al. "On Scaling Down Turbines to Millimeter Size". Journal of Engineering for Gas Turbines and Power. (2008), pp. 052301-
11. V. Carey. "Assessment of Tesla Turbine Performance for Small Scale Rankine Combined Heat and Power Systems". In: Journal of Engineering for Gas Turbines and Power 132.12, 122301 (2010), p. 122301.



12. G. Croce, P. D'agaro, and C. Nonino. \Three-dimensional roughness effect on microchannel heat transfer and pressure drop". International Journal of Heat and Mass Transfer. 2007, pp. 5249-5259.
13. G. Gamrat et al. An Experimental Study and Modelling of Roughness Effects on Laminar Flow in Microchannels". Journal of Fluid Mechanics 594.-1 (2008), pp. 399-423.
14. S. G. Kandlikar et al. Characterization of surface roughness effects on pressure drop in single-phase flow in minichannels". Physics of Fluids (2005), p. 100606.
15. Romanin, V. D. Theory and Performance of Tesla Turbines. UC Berkeley Electronic Theses and Dissertations. Ph.D., Mechanical Engineering UC Berkeley, 2012.

STUDY OF THE APPLICATION OF NONBLADE WATER TURBINE

Plamen Raykov

***Abstract:** The aim of this study is to highlight recent advances in the development, research and application of nonblades water turbines. In view of the good correlation of extracted energy / cost in building. They found widespread application in small dams and weirs with low fall of water. The idea is to explore a new type nonblades turbine operating through the use of hydraulic shocks on the discs.*

Данни за автора:

Пламен Райков, Доцент, доктор, инженер, секция “РИМИС”, Институт по Системно Управление и Роботика - Българска Академия на Науките, София 1113, ул. „Ак. Г.Бончев”, Бл.1, ст. № 502, GSM 0898336042, e-mail: Plamen.Raykov@abv.bg