

## फ्यूएल-सेल आधारित वाहनांतील घटकांचे आदर्श आकार ठरवण्याची पद्धत आयआयटी मुंबई द्वारे विकसित

प्रस्तावित पद्धतीद्वारे वाहनांमधील रेडिएटरचा आवश्यक आदर्श आकार निश्चित करून फ्यूएल सेलवरील वाहनांचे वजन, किंमत आणि अंतराचा आवाका यांची सर्वोत्तम सांगड घालणे शक्य होते.



प्रातिनिधिक प्रतिमा. श्रेय : डेनिस जॉय

भारतीय तंत्रज्ञान संस्था, मुंबई (आयआयटी मुंबई) येथील ऊर्जा विद्यान व अभियांत्रिकी विभागातील प्रा. प्रकाश सी. घोष आणि प्राइम मिनिस्टर रिसर्च फेलो (पीएमआरएफ) नादिया फिलिप यांनी विकसित केलेल्या नावीन्यपूर्ण इष्टतमीकरण पद्धतीनुसार फ्यूएल-सेल आधारित विद्युत वाहनांमधील घटकांचे आदर्श वजन आणि आकाराचे वितरण निर्धारित करणे आता शक्य झाले आहे. यामुळे फ्यूएल सेलची कार्यक्षमता वाढून वाहन उद्योगात व्यवसायीकरणाला वेग येऊ शकेल.

भविष्यातील पर्यावरणसुद्धेही वाहतुकीच्या दृष्टीने जीवाश्म इंधनाऐवजी एक 'हरित' पर्याय म्हणून विद्युत वाहनांना अलीकडच्या काळात बरीच लोकप्रियता मिळत आहे. जागतिक पातळीवर पाहता, अंतर्ज्वलन इंजिनावर (इंटरनल कंबशन इंजिन) चालणाऱ्या वाहनांच्या बाजारपेठेला टेसला या अग्रणी विद्युत वाहन निर्मात्या कंपनीने चांगलाच धक्का दिलेला आहे. भारतामध्ये, सरकारी वाहन पोर्टलच्या आकडेवारीनुसार २०२४ सालात विद्युत वाहनांच्या मार्केट शेअरमध्ये ४१ टक्क्यांची वाढ दिसून आली व त्यामध्ये मुख्यतः दुचाकी वाहनांचे प्रमाण अधिक आहे.

विद्युत वाहनांचे प्रामुख्याने दोन प्रकार असतात - बॅटरीवरील विद्युत वाहने (बीइव्ही) आणि फ्यूएल-सेल आधारित विद्युत वाहने (एफसीइव्ही). याशिवाय, कोणत्याही प्रकारच्या दोन प्रणाली एकत्र असलेल्या वाहनांना हायब्रिड वाहने म्हणतात. बीइव्हीमध्ये वापरली जाणारी बॅटरी पुन्हा चार्ज करावी लागते, तर फ्यूएल सेल हे विद्युतरासायनिक घट असतात, ज्यांच्याद्वारे रासायनिक ऊर्जा वापरून विजेची निर्मिती केली जाते. वाहनांसाठी प्रामुख्याने हायड्रोजन फ्यूएल सेलचा वापर केला जातो, ज्यामध्ये साठवलेल्या हायड्रोजनचा वातावरणातील ऑक्सीजनसह संयोग करून ऊर्जेची निर्मिती केली जाते. फ्यूएल-सेल आधारित विद्युत वाहने (एफसीइव्ही) ही शून्य उत्सर्जन (झिरो एमिशन) वाहने म्हणून

ओळखली जातात, कारण त्यातून केवळ पाण्याची वाफ बाहेर टाकली जाते. तसेच, हायड्रोजन फ्यूएल सेल रीचार्ज करण्याची गरज नसते. इंधनावर चालणाऱ्या वाहनात जसे आपण इंधन भरतो त्याचप्रमाणे फ्यूएल-सेलमधील हायड्रोजन संपल्यावर पुन्हा भरावा लागतो.

तरीही, फ्यूएल सेल वर चालणाऱ्या वाहनांमध्ये देखील काही त्रुटी आहेत. त्यापैकी एक म्हणजे फ्यूएल सेलद्वारे निर्माण होणारी अतिरिक्त उष्णता. फ्यूएल सेलमध्ये उष्मांतरण क्षमता कमी असल्याने त्यातून जेवढी ऊर्जा निर्माण होते तेवढीच उष्णता देखील निर्माण होते. ही अतिरिक्त उष्णता साठून राहिल्याने वाहनाच्या कार्यक्षमतेवर परिणाम होऊन वाहनाला व हायड्रोजनच्या टाक्यांना धोका निर्माण होऊ शकतो. उष्णतेचा धोका रोखण्यासाठी मोठ्या रेडिएटर्सचा वापर करावा लागतो व त्यामुळे वाहनाचा आकार आणि वजन बरेच वाढते.

प्रा. घोष व नादिया फिलिप यांनी एका नव्या उष्णता व्यवस्थापन प्रणालीची मांडणी केली आहे. त्यामध्ये 'अवाढव्य रेडिएटर' ची समस्या सोडवण्यासाठी आटोपशीर आकाराचा रेडिएटर आणि औष्णिक ऊर्जा साठा (थर्मल एनर्जी स्टोरेज युनिट; टीईएस) यांचा समावेश करण्यात आला आहे. शिवाय इष्टतम कार्यक्षमतेसाठी रेडिएटर आणि औष्णिक ऊर्जा साठ्याचे आदर्श आकार निश्चित करण्यासाठी संशोधकांनी एक सर्वसामान्य (जेनेरिक) पद्धत देखील विकसित केलेली आहे.

नादिया यांच्या म्हणण्यानुसार, "औष्णिक ऊर्जा साठा (टीईएस) वापरल्यामुळे दोन मुख्य फायदे होतात - एक, तो फ्यूएल सेलच्या संचाद्वारे निर्माण होणारी औष्णिक ऊर्जा काही प्रमाणात साठवून ठेवतो, ज्यामुळे रेडिएटरच्या आकारात घट होऊ शकते आणि दोन, फ्यूएल सेल थंड करण्यासाठी वापरले जाणारे शीतलक फ्यूएल सेलमध्ये परत प्रवेश करताना तापमान स्थिर ठेवले जाते. याव्यतिरिक्त, कोल्ड स्टार्टअप (कार्यकारी तापमानापेक्षा कमी तापमानात इंजिन कार्यरत होणे), केबिनचे उष्मन किंवा फ्यूएल सेलमध्ये वापरण्यासाठी अधिकारक वायूंचे उष्मन (हायड्रोजन आणि ऑक्सिजन) या सारख्या विविध उपयोगांसाठी टीईएस प्रणालीमध्ये साठवलेली औष्णिक उर्जा वापरली जाऊ शकते." याच संशोधक गटाच्या आधीच्या अभ्यासात असेही आढळून आले आहे की कोल्ड पॅकमध्ये वापरल्या जाणाऱ्या पदार्थाप्रमाणेच, पॅराफिन वॅक्सचा फेज चेंज मटेरियल (पीसीएम) म्हणून वापर करून कारसारख्या हलक्या वाहनांमध्ये रेडिएटरचा किमान आवश्यक आकार बऱ्याच अंशी कमी केला जाऊ शकतो. पण आतापर्यंत, फ्यूएल-सेल आधारित वाहनांच्या निर्मात्यांनी शीतलन प्रणालीचा आकार कमी करण्यासाठी औष्णिक ऊर्जा साठ्याच्या वापराचा विचार केलेला नाही.

फ्यूएल सेलवरील बहुतांश वाहनांमध्ये विद्युत ऊर्जा साठा प्रणाली (इइएस) असते. त्यामध्ये, फ्यूएल सेलद्वारे निर्माण झालेल्या उर्जेला जोड देण्यासाठी त्यातील काही ऊर्जा बॅटरी किंवा सुपरकॅपॅसिटरमध्ये साठवली जाते. "फ्यूएल सेलमध्ये विद्युत ऊर्जा साठा प्रणालीचा समावेश केल्याने भारांची बदलती गरज सामावून घेता येते व फ्यूएल सेलचा आकार कमी ठेवता येतो," असे नादिया यांनी स्पष्ट केले. वाहनाला गती देताना जरीही बरीचशी ऊर्जा फ्यूएल सेलमधूनच घेतली जात असली तरीही, गती वाढवण्यासाठी लागणारी तात्कालिक उच्च ऊर्जा इइएसद्वारे पुरवली जाते. यामुळे फ्यूएल सेलमधून कमी ऊर्जा खेचली जाते व लहान आकाराची फ्यूएल सेल प्रणाली देखील पुरू शकते.

रेडिएटर, फ्यूएल सेल, इइएस आणि टीईएस प्रणाली या प्रत्येक घटकाचा आदर्श आकार काय असावा याचे परिगणन करण्यासाठी इइएस आणि टीईएसचा एकत्रित वापर सुचवणारा हा प्रथम अभ्यास आयआयटी मुंबई मध्ये केला गेला आहे. या घटकांचे आदर्श आकार निश्चित करण्यासाठी संशोधक गटाने पिंच अर्नॅलिसिस नावाचे गणितीय तंत्र वापरले. "पिंच अर्नॅलिसिस हे बीजगणितीय ऑप्टिमायझेशन तंत्र (इष्टतमीकरण तंत्र) आहे, ज्याचा उद्देश किमान संसाधनांसह मागणी पूर्ण करणे हा असतो. सदर अभ्यासात दोन वेळा पिंच अर्नॅलिसिस ऑप्टिमायझेशन तंत्रे वापरली आहेत, (एक) उर्जा स्रोतांचा (फ्यूएल

सेल आणि बॅटरी) आकार निश्चित करण्यासाठी आणि (दोन) उष्णता व्यवस्थापन प्रणालीच्या घटकांचे (रेडिएटर आणि पीसीएम) आकार निश्चित करण्यासाठी,” अशी माहिती नादिया यांनी दिली. सदर अभ्यासामध्ये इष्टतम ऊर्जा साठवण आणि शीतलन प्रणाली तयार करण्यासाठी वरील घटकांना एखाद्या पझल मधील तुकड्यांप्रमाणे एकत्र जोडण्यात आले आहे.

सामान्यतः, मोठ्या आकाराचे फ्यूएल सेल उर्जा स्रोतांच्या एकूण वस्तुमानापैकी बहुतांश भाग व्यापतात. आकारमान पाहता, वर विचारात घेतलेल्या घटकांपैकी, रेडिएटर सर्वात जास्त जागा व्यापतो, तर बॅटरी सर्वात कमी जागा व्यापते. किमतीच्या बाबतीत, फ्यूएल सेल बॅटरीच्या तुलनेत लक्षणीयरीत्या महाग आहे. या अभ्यासामध्ये आकार निश्चितीसाठी जे निष्कर्ष साध्य केले आहेत त्यांमुळे वाहनाचे वजन, आकारमान, किंमत आणि ठराविक ऊर्जेमध्ये गाठू शकणारे अंतर देखील इष्टतम ठेवायला उपयोग होतो. याबाबत नादिया म्हणतात, “खर्च कमी करणे हे प्राथमिक उद्दिष्ट असेल तर, सर्वात लहान आकाराचा फ्यूएल सेल असलेले आकार संयोजन निवडले पाहिजे. पण, जर किमतीची फारशी काळजी नसेल तर मोठा फ्यूएल सेल निवडणे कधीही चांगले कारण त्याने फ्यूएल सेलचे कार्य अधिक मिळेल आणि रेडिएटरचा आकारही कमी राहील.”

संशोधकांच्या अंदाजानुसार प्रस्तावित पद्धतीमुळे केवळ घटकांचे आकार इष्टतम ठेवून टूकसारख्या अवजड वाहनांमध्ये रेडिएटरचा आकार सामान्यतः लागणाऱ्या आकारापेक्षा २.५ पट कमी केला जाऊ शकतो. या पद्धतीमुळे वाहन निर्मात्याच्या प्राधान्यानुसार फ्यूएल-सेल आधारित वाहनांमध्ये विविध ऊर्जा स्रोत आणि औष्णिक प्रणालींचा सर्वोत्तम कार्यक्षमता मिळेल अशा प्रकारे अंतर्भाव करता येऊ शकेल. किमान क्षमता असलेले कमी किमतीचे वाहन हवे असो किंवा उच्च क्षमता असलेले जास्त किमतीचे वाहन हवे असो, आयआयटी मुंबईद्वारे विकसित केल्या गेलेल्या या पद्धतीच्या सहाय्याने वाहन निर्मात्यांना सर्वोत्तम उपाय निवडण्यात मदत मिळू शकते. या संशोधनामुळे अशा ऑटोमोबाईल्समध्ये अधिक कार्यक्षम आणि किफायतशीर शीतलन प्रणालींची संरचना करण्यास मदत होऊ शकते.

भविष्यातील वाटचाल स्पष्ट करताना नादिया यांनी सांगितले, “यापुढील टप्प्यात आम्ही प्रस्तावित उष्णता व्यवस्थापन प्रणाली किती प्रभावी आहे हे तपासण्यासाठी प्रयोगशाळेत परीक्षण करणार आहोत. याचबरोबर वेगवेगळ्या ड्राइव्ह सायकल्समध्ये (वाहन चालवण्याच्या विविध स्थिती), दीर्घ कालावधीमध्ये आणि अनेक प्रकारच्या वाहन चालन स्थितींमध्ये या पद्धतीच्या चाचण्या करण्यात येणार आहेत. त्यानंतर, वाहनांमध्ये प्रत्यक्ष चाचण्या घेण्याचे आमचे उद्दिष्ट राहील.”

<b>VETTED / UNVETTED</b>	Vetted
<b>Title of Research Paper</b>	Optimal sizing of electrical and thermal energy storage systems for application in fuel cell based electric vehicles
<b>DOI of the Research Paper as a link</b>	<a href="https://doi.org/10.1016/j.est.2024.110753">https://doi.org/10.1016/j.est.2024.110753</a>
<b>List of all researchers with affiliations</b>	Nadiya Philip, Prakash C. Ghosh - Department of Energy Science and Engineering, Indian Institute of Technology Bombay

<b>VETTED / UNVETTED</b>	Vetted
	नादिया फिलिप, प्रकाश सी. घोष - ऊर्जा विज्ञान व अभियांत्रिकी विभाग, भारतीय तंत्रज्ञान संस्था मुंबई
<b>Email of researcher/s</b>	pcghosh@iitb.ac.in, nadiyaphilip.kulathunkal@gmail.com
<b>Writer name</b>	Dennis C. Joy डेनिस सी. जॉय
<b>Transcreator name</b>	Shweta Bhide श्वेता भिडे
<b>Credits to Graphic:</b>	Dennis C. Joy डेनिस सी. जॉय
<b>Subject [FOR EDITOR] - Please Highlight in RED (Multiple allowed)</b>	Science/Technology/Engineering/Ecology/Health/Society
<b>Article to be Sectioned Under [FOR EDITOR] - Please Highlight in RED</b>	Deep Dive/Friday Features/Fiction Friday/Joy of Science/News+Views/News/Scitoons/Catching up/OpEd/Featured/Sci-Qs/Infographics/Events
<b>Social Media TAGS separated by Comma</b>	#FuelCellElectricVehicle #ThermalEnergyStorage #CompactRadiator #EnergyEfficientFCEV
<b>Social Media Handles to be added</b>	@iitbombay
<b>Social Media handles of writer</b>	@denniscj8
<b>Social Media handles of researchers</b>	<a href="https://www.linkedin.com/in/nadiya-philip-347833140/">https://www.linkedin.com/in/nadiya-philip-347833140/</a>
<b>Location:</b>	Mumbai मुंबई