

İTKİ SİSTEMLERİ TASARIM PROJELERİ

Yazar

Mustafa KARABACAK



© Copyright 2024

Bu kitabın, basım, yayın ve satış hakları Akademisyen Kitabevi A.Ş.'ye aittir. Anılan kuruluşun izni alınmadan kitabın tümü ya da bölümleri mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kağıt ve/veya başka yöntemlerle çoğaltılamaz, basılamaz, dağıtılamaz. Tablo, şekil ve grafikler izin alınmadan, ticari amaçlı kullanılamaz. Bu kitap T.C. Kültür Bakanlığı bandrolü ile satılmaktadır.

ISBN 978-625-399-958-2	Sayfa ve Kapak Tasarımı Akademisyen Dizgi Ünitesi
Kitap Adı İTKİ Sistemleri Tasarım Projeleri	Yayıncı Sertifika No 47518
Yazar Mustafa KARABACAK ORCID iD: 0000-0002-3301-9862	Baskı ve Cilt Vadi Matbaacılık
Yayın Koordinatörü Yasin DİLMEN	Bisac Code TEC021000 DOI 10.37609/akya.3188

Kütüphane Kimlik Kartı
Karabacak, Mustafa.

İTKİ Sistemleri Tasarım Projeleri / Mustafa Karabacak.
Ankara : Akademisyen Yayınevi Kitabevi, 2024.
334 s. : tablo, şekil. ; 160x235 mm.
Kaynakça var.
ISBN 9786253999582
1. Teknoloji--Mühendislik.

GENEL DAĞITIM
Akademisyen Kitabevi A.Ş.

Halk Sokak 5 / A
Yenişehir / Ankara
Tel: 0312 431 16 33
siparis@akademisyen.com

www.akademisyen.com

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1

5. NESİL SAVAŞ UÇAĞINA DÜŞÜK GÖRÜNÜRLÜKLÜ KARIŞIK AKIŞ ARTYAKICILI TURBOFAN MOTOR TASARIMI

1. GİRİŞ.....	1
Tasarım Amaçlar.....	2
2. TEKNOLOJİDE GELİNEREN SON DURUM.....	4
Düşük Görünürlük.....	4
Türbin Giriş Sıcaklığı	5
3. MOTOR ÇEVİRİM ANALİZİ VE TASARIMI.....	8
3.1. Baz Motor Doğrulama ve Çevrim Analizi	17
3.1.1.On-Design Analizi.....	17
3.1.2.Off-design Analizi.....	20
3.2. Alternatif Motor Çevrimi ve Yeni Konsept Tasarımları	22
3.3. Motor Komponentleri ve Diyagramı.....	24
3.4. Yeni Motorun Çevrim Analizi ve Optimizasyonu.....	27
3.4.1.On-Design Analizi.....	29
3.4.2.Off-Design Analizi	31
4. MOTOR TASARIM ÇALIŞMALARI.....	34
4.1. Motor Mimarisi ve 2 Boyutlu Akış Yolu.....	34
4.2. MOTOR BİLEŞENLERİNİN TASARIMI	36
4.2.1.FAN	36
4.2.2.Kompresör	49
4.2.3.Yanma odası	53
4.2.4.Yüksek Basınç Türbini	64
4.2.5.Düşük Basınç Türbini	70
4.2.6.Karıştırıcı ve Art Yakıcı Tasarımı.....	72
4.2.7.Yakınsak-ıraksak lüle.....	78

BÖLÜM 2

TÜRBİN KANATÇIĞI SOĞUTMA TASARIMI

1. GİRİŞ.....	119
1.1. Kanatçık Tasarım Özellikleri.....	120
1.2. Türbin Giriş Sıcaklığı.....	123
2. DIŞ AKIŞ EL HESABI / 1-B ANALİZ SONUÇLARI.....	126
2.1. Dış Akış Sıcaklık Sınır Şartının Belirlenmesi.....	126
2.2. Dış Akış Isı Transferi Katsayısı Belirleme Yöntemi ve Sonuçları.....	127
3. EL HESABI/1-B AKIŞ AĞI ANALİZİ SONUÇLARI (İÇ AKIŞ).....	139
3.1. Yöntemin Detayları.....	139
3.2. Debi Sonuçları.....	142
3.3. Basınç, Sıcaklık, Hız Sonuçları.....	142
3.4. Ters Akış Marjini Hesaplamaları.....	143
4. EL HESABI/1-B ISI TRANSFERİ ANALİZİ SONUÇLARI.....	144
4.1. Yöntemin Detayları.....	144
4.2. Metal Sıcaklığı Dağılımı.....	145
4.2.1. Basınç Tarafı.....	145
4.2.2. Emme Tarafı.....	146
4.2.3. Kanatçık Boyunca Alınmış Farklı Yüksekliklerdeki Kesitlerde Sıcaklık Dağılımı.....	147
4.2.4. Soğutma Etkinliği.....	147
5. TÜRBİN KANATÇIK SOĞUTMA TASARIMI DETAYLARI.....	149
6. SOĞUK AKIŞ TESTİ İÇİN EL HESABI/1-B ISI TRANSFERİ ANALİZİ SONUÇLARI.....	153
7. HAD ANALİZİ (OPSİYONEL).....	154
8. ÖMÜR HESABI.....	158
8.1. Gerilme Hesabı Detayları.....	158
8.2. Ömür Hesabı Detayları.....	161

BÖLÜM 3
SÜPERSEYİR VE HİPERSONİK UÇUŞ KABİLİYETİNE SAHİP DÜŞÜK
GÖRÜNÜRLÜKLÜ UÇAKLAR İÇİN MOTOR TASARIMI

1. GİRİŞ	163
1.1. Hipersonik Uçuş	163
1.2. Ters Brayton Çevrimli Motor Kavramı Hakkında Literatür Taraması	167
1.3. Tezin Amacı ve Kapsamı	168
1.4. Tezin Özgünlüğü	169
2. BU BÖLÜMDE ÖNERİLEN YENİ MOTOR KONSEPTİ	169
2.1. Süperseyir ve Hipersonik Uçuş Kabiliyetine Sahip Uçaklar İçin İtki Sistemi Konseptinin Araştırılması.....	169
2.2. Tasarım Amaçlar	172
2.2.1. Yüksek menzilde süperseyir.....	172
2.2.2. Hipersonik uçuş kabiliyeti	173
2.2.3. Tasarım amaçları değerlendirmesi.....	173
2.3. Motor Performans Tahmin Yöntemi	173
2.4. Kullanılan Denklemler.....	174
2.4.1. Ters Brayton çevrimli motorun denklemleri	175
2.4.2. Ramjet motorunun denklemleri	180
2.4.3. Turbojet motor denklemleri	182
2.5. Bölümde Önerilen Yeni Bir Motor Konseptinin Gerekliliği.....	185
2.5.1. Hipersonik uçuş için turbomakine tasarımı	190
2.6. Ters Brayton Çevrimli Motorun Performans Analizi	192
2.7. Ters Brayton Çevrimli Motorunun Fizibilitesi.....	196
2.7.1. Yöntem 1: Ters Brayton çevrimli motor konseptinin değişken çevrimli motor konseptine entegre etme.....	197
2.7.2. Yöntem 2: Soğutma bölümünde gaz akışının kısa süreli soğutulması	201
2.8. Ters Brayton Çevrimli Motor Konsepti Uygunluk İncelemesi.....	203
3. TERS BRAYTON ÇEVİRİMLİ MOTOR VE TURBOFAN MOTOR OPTİMİZASYONU	205
3.1. Motor Tasarım Süreci.....	205

İçindekiler

3.2. Tasarım Parametrelerinin Ters Brayton Çevrimli Motor Performansına Etkisi.....	206
3.2.1. Ön yakıcı çıkış toplam sıcaklığının motor performansına etkisi.....	206
3.2.2. Türbin toplam basınç oranının motor performansına etkisi.....	208
3.2.3. Soğutma bölümünde toplam sıcaklık düşüşünün motor performansına etkisi	209
3.2.4. Art yakıcı çıkış toplam sıcaklığının motor performansı üzerindeki etkisi.....	211
3.2.5. Birleştirilmiş parametrelerin motor performansına etkisi.....	212
3.3. Optimizasyon Yöntemi	214
3.3.1. Ters Brayton çevrimli motorun optimizasyonu.....	214
3.3.2. Turbofan motor optimizasyonu	221
4. TERS BRAYTON ÇEVİRİMLİ MOTOR ANALİZİ.....	228
4.1. Tasarım Dışı Nokta	228
4.2. Tasarım Dışı Nokta Hesaplamaları	229
4.2.1. Tasarım dışı noktada kompresör toplam sıcaklık oranı değişiminin hesaplanması.....	229
4.2.2. Tasarım dışı noktada hava debisi değişiminin hesaplanması.....	230
4.3. Ters Brayton Çevrimli Motor Performans Analizi.....	230
4.3.1. İrtifa ile motor performansının değişimi	230
4.3.2. Art yakıcı çıkış toplam sıcaklığı ile motor performansının değişimi.....	234
4.3.3. Ön yakıcı çıkış toplam sıcaklığı ile motor performansının değişimi.....	236
4.3.4. Soğutma bölümünde toplam sıcaklık düşüşü ile motor performansının değişimi.....	239
5. TERS BRAYTON ÇEVİRİMLİ MOTOR T-S VE P-V DİYAGRAMI.....	241
6. KOMPONENT KAVRAMSAL TASARIMI	244
6.1. Hava Alığı Tasarımı	244
6.2. Ön Yakıcı.....	249
6.2.1. Yakıt ateşleme gecikme süresi	252
6.3. Turbomakine Tasarımı.....	255

İçindekiler

6.4. Soğutma Bölümü.....	259
6.5. Art Yakıcı	259
6.6. Yakınsak-İraksak Lüle.....	263
6.6.1. Lüle akım ayrılması	270
7. DÜŞÜK GÖRÜNÜRLÜKLÜ LÜLE TASARIMI	271
7.1. Düşük Görünürlük.....	271
7.2. Lüle Tasarımı	273
8. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	280
9. GELECEK ÇALIŞMA.....	283

*Bu kitabı yazarken bana yardımcı olan sevgili öğrencilerim
Halil YILDIRIM, Muhammed Bakır KURT, Tolga ERÇİN
ve Şaban HACI'ya teşekkürlerimi sunarım.*

Kaynaklar

1. Sziroczak, D. and Smith, H. (2016). A review of design issues specific to hypersonic flight vehicles. *Progress in Aerospace Sciences*, 84, 1-28.
2. H. Taguchi, A. Murakami, T. Sato and T. Tsuchiya, Conceptual study on hypersonic airplanes using pre-cooled turbojet, AIAA 2008–2503, in: Proceedings of the 15th AIAA April–1 May, 2008, Dayton, Ohio.
3. Goodall, J. C. (2021). *75 Years of the Lockheed Martin Skunk Works*. Bloomsbury Publishing.
4. Takahashi, T. T. (2023). Flying with Eyes Wide Shut-A Reflection on the Hollywood View of Real World Aircraft Performance. In *AIAA AVIATION 2023 Forum* (p. 3518).
5. Sherman, J. (2017). MDA approves preliminary design, 'dual-pol'tech for LRDR. *Inside Missile Defense*, 23(9), 1-5.
6. Saccone, G., Ispir, A. C., Saracoglu, B. H., Cutrone, L., Marini, M. (2022). Computational evaluations of emissions indexes released by the STRATOFly air-breathing combined propulsive system. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 94(9), 1499-1507.
7. Knudsen, B. (2017). An examination of US hypersonic weapon systems. *George Washington University, Washington, DC*.
8. Abdulrahman, G. A., Qasem, N. A., Imteyaz, B., Abdallah, A. M., Habib, M. A. (2023). A review of aircraft subsonic and supersonic combustors. *Aerospace Science and Technology*, 132, 108067.
9. Kyprianidis, K. G., Rolt, A. M. and Grönstedt, T. (2013, June). Multi-disciplinary analysis of a geared fan intercooled core aero-engine. In *Turbo Expo: Power for Land, Sea, and Air* (Vol. 55133, p. V002T07A027). American Society of Mechanical Engineers.
10. Kyprianidis, K. G. and Rolt, A. M. (2014, June). On the optimisation of a geared fan intercooled core engine design. In *Turbo Expo: Power for Land, Sea, and Air* (Vol. 45653, p. V03AT07A018). American Society of Mechanical Engineers.
11. Sato, T., Tanatsugu, N., Naruo, Y., Omi, J., Tomike, J. I., Nishino, T. (2000). Development study on ATREX engine. *Acta Astronautica*, 47(11), 799-808.
12. Webber, H., Bond, A. and Hemptell, M. (2006). Sensitivity of pre-cooled air-breathing engine performance to heat exchanger design parameters. In *57th International Astronautical Congress* (pp. D2-P).
13. Dong, P., Tang, H. and Chen, M. (2018). Study on multi-cycle coupling mechanism of hypersonic pre-cooled combined cycle engine. *Applied Thermal Engineering*, 131, 497-506.
14. Yu, X., Wang, C. and Yu, D. (2020). Thermodynamic design and optimization of the multi-branch closed Brayton cycle based pre-cooling-compression system for a novel hypersonic aeroengine. *Energy Conversion and Management*, 205, 112412.
15. Murray, J. J., Guha, A. and Bond, A. (1997). Overview of the development of heat exchangers for use in air-breathing propulsion pre-coolers. *Acta astronautica*, 41(11), 723-729.
16. Di Battista, D., Fatigati, F., Carapellucci, R., Cipollone, R. (2019). Inverted Brayton Cycle for waste heat recovery in reciprocating internal combustion engines. *Applied Energy*, 253, 113565.
17. Kennedy, I., Chen, Z., Ceen, B., Jones, S., Copeland, C. D. (2019). Experimental investigation of an inverted Brayton cycle for exhaust gas energy recovery. *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, 141(3).
18. Huang, W., Du, Z. B., Yan, L., Xia, Z. X. (2019). Supersonic mixing in airbreathing propulsion systems for hypersonic flights. *Progress in Aerospace Sciences*, 109, 100545.
19. Huang, W., Pourkashanian, M., Ma, L., Ingham, D. B., Luo, S. B., Wang, Z. G. (2011). Investigation on the flameholding mechanisms in supersonic flows: backward-facing step and cavity flameholder. *Journal of Visualization*, 14, 63-74.
20. Khan, A., Akram, S. and Kumar, R. (2020). Experimental study on enhancement of supersonic twin-jet mixing by vortex generators. *Aerospace Science and Technology*, 96, 105521.
21. Verma, K. A., Pandey, K. M. and Sharma, K. K. (2021). Study of Fuel Injection Systems in Scramjet Engine—A Review. *Recent Advances in Mechanical Engineering: Select Proceedings of ICROME, 2020*, 931-940.
22. Verma, K. A., Kapayeva, S., Pandey, K. M., Sharma, K. K. (2021). The recent development of supersonic combustion ramjet engines for augmentation of the mixing performance and improvement in combustion Efficiency: A review. *Materials Today: Proceedings*, 45, 7058-7062.
23. Verma, K. A., Pandey, K. M., Ray, M., Sharma, K. K. (2021). Effect of transverse fuel injection system on combustion efficiency in scramjet combustor. *Energy*, 218, 119511.
24. Zhang, W., Chen, L., Sun, F., Wu, C. (2007). Second-law analysis and optimisation for combined Brayton and inverse Brayton cycles. *International Journal of Ambient Energy*, 28(1), 15-26.
25. McClinton, C. R. (2007) High speed/hypersonic aircraft propulsion technology development. *Advances on propulsion technology for high-speed aircraft*, 1, pp.1-32.
26. Choubey, G. and Pandey, K. M. (2016) Effect of variation of angle of attack on the performance of two-strut scramjet combustor. *international journal of hydrogen*, 41(26), pp. 11455-11470.

27. Verma, K. A., Pandey, K. M. and Sharma, K. K. (2019) Computational investigation on design of scramjet combustor—A review. *Int. J. Recent Technol. Eng.* 7(6), pp.544-548.
28. Urzay, J. (2018) Supersonic combustion in air-breathing propulsion systems for hypersonic flight. *Annual Review of Fluid Mechanics.* 50, pp.593-627.
29. Kummitha, O. R. (2017) Numerical analysis of passive techniques for optimizing the performance of scramjet combustor. *International journal of hydrogen energy.* 42(15), pp.10455-10465.
30. Farokhi, S. (2020) Future propulsion systems and energy sources in sustainable aviation. 2nd edition West Sussex, UK: J. Wiley.
31. Mattingly, J. D., Heiser, W. H. and Pratt, D. T. (2002). *Aircraft engine design*. Reston, Virginia: American Institute of Aeronautics and Astronautics.
32. Raymer, D. P. . (2018) *Aircraft Design: A Conceptual Approach*:6th edition Reston, Virginia: AIAA Education Series.
33. Ascione, F., Bianco, N., Mauro, G. M., Napolitano, D. F. (2019) Building envelope design: Multi-objective optimization to minimize energy consumption, global cost and thermal discomfort. Application to different Italian climatic zones. *Energy.* 174,pp. 359-374.
34. Dimitrova, Z., and Maréchal, F. (2015) Techno-economic design of hybrid electric vehicles using multi objective optimization techniques. *Energy.* 91, pp.630-644
35. Hong, T., Kim, J. and Lee, M. A. (2019) multi-objective optimization model for determining the building design and occupant behaviors based on energy, economic, and environmental performance. *Energy.* 174, pp.823-834.
36. Gertler J. (2017) Air Force B-21 Raider Long-Range Strike Bomber. Congressional Research Service (CRS).7
37. **http-1** <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article3437793/Northrop-Grumman-teases-sixth-generation-supersonic-superfighter-laser-weapons-stealth-bomberset-replace-B-2-Superbowl-ad.html> (Erişim tarihi 22.02.2016)
38. Matsui, K., Thu, K. and Miyazaki, T. A. (2020) hybrid power cycle using an inverted Brayton cycle with an indirect evaporative device for waste-heat recovery. *Applied Thermal Engineering.* 170, p.115029
39. Kurzke, J. (2020) *Gasturb13*. Aachen. Germany.
40. Pesyridis, A. and Cooper, M. (2017). Ramjet Nozzle Analysis for Transport Aircraft Configuration for Sustained Hypersonic Flight.
41. Tsujikawa, Y., Kaneko, K. and Tokumoto, S. (2005) Inverted Turbo-Jet Engine for Hypersonic Propulsion. In: *Turbo Expo: Power for Land, Sea, and Air*. p. 343-349.
42. Huang, W., Du, Z. B., Yan, L., Moradi, R. (2018) Flame propagation and stabilization in dual-mode scramjet combustors: a survey. *Progress in Aerospace Sciences.* 101, pp.13-30.
43. Choubey, G., Yadav, P. M., Devarajan, Y., Huang, W. (2021) Numerical investigation on mixing improvement mechanism of transverse injection based scramjet combustor. *Acta Astronautica.* 188, pp.426-437.
44. Kummitha, O. R. (2017) Numerical analysis of passive techniques for optimizing the performance of scramjet combustor. *International journal of hydrogen energy.* 42(15), pp.10455-10465.
45. Wang, Z. G., Sun, X. W., Huang, W., Li, S. B., Yan, L. (2016) Experimental investigation on drag and heat flux reduction in supersonic/hypersonic flows: A survey. *Acta Astronautica.* 129, pp.95-110.
46. **Experimental investigation of an inverted Brayton cycle for exhaust gas energy recovery** Proceedings of the ASME turbo expo 2013: turbine technical conference and exposition (2018) Paper GT2018-75386
47. D. Di Battista, F. Fatigati, R. Carapellucci, R. Cipollon (2019) **Inverted Brayton cycle for waste heat recovery in reciprocating internal combustion engines** Appl Energy, 253, p. 113565
48. Zheng, J., Tang, H., Chen, M., Yin, F. J. (2018) Equilibrium running principle analysis on an adaptive cycle engine. *Applied Thermal Engineering.* 132, pp.393-409.
49. Aygun, H. and Turan, O. (2020) Exergetic sustainability off-design analysis of variable-cycle aero-engine in various bypass modes. *Energy.* 195, p.117008
50. Lyu, Y., Tang, H. and Chen, M. A. (2016) study on combined variable geometry regulation of adaptive cycle engine during throttling. *Applied Sciences.* 6(12), p. 374.
51. **http-2** <https://light.fi/why-heat-pipe-is-better-than-traditional-heat-sink/> (Erişim tarihi 10.08.2022)
52. Pennington, W.A. (January 1959) Choice of engines for aircraft, Shell Aviation News, pp 14-19
53. Farokhi, S. (2014). *Aircraft propulsion*. John Wiley & Sons.
54. **http-3** <http://www.swarmintelligence.org> [Erişim tarihi 16.05.2016]
55. Kennedy, J. and Eberhart, R. (1995, November). Particle swarm optimization. In Proceedings of ICNN'95-international conference on neural networks (Vol. 4, pp. 1942-1948). IEEE
56. Beltrán-Prieto, J. C., Komínková Oplatková, Z., Torres Friás, R., Escoto Hernández, J. L. (2016). A time performance comparison of particle swarm optimization in mobile devices. In MATEC Web of Conferences 20th International Conference on Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC 2016). EDP Sciences.

İTKİ SİSTEMLERİ TASARIM PROJELERİ

57. Mattingly, J. D., Boyer, K. M. and von Ohain, H. (2006). *Elements of propulsion: gas turbines and rockets* (pp. 276-277). Reston, VA: American Institute of Aeronautics and Astronautics.
58. Anderson, J. D. and Bowden, M. L. (2005). *Introduction to flight* (Vol. 582). New York, NY, USA: McGraw-Hill Higher Education.
59. Cornell, W. G. (1956). The flow in a Vee-gutter cascade. *Transactions of the American Society of Mechanical Engineers*, 78(3), 573-580.
60. Cooper, J. and Dingle, L. (2005). Engineering an afterburner for a miniature gas turbine engine. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 77(2), 104-108.
61. Colket III, M. B. and Spadaccini, L. J. (2001). Scramjet fuels autoignition study. *Journal of propulsion and power*, 17(2), 315-323.
62. Abrosimov, K. A., Baccioli, A. and Bischi, A. (2020). Techno-economic analysis of combined inverted Brayton–Organic Rankine cycle for high-temperature waste heat recovery. *Energy Conversion and Management*, 207, 112336.
63. **http-4:** <https://www2.virginia.edu/ms/research/wadley/high-temp.html>. (Erişim tarihi 26.5.2021)
64. An CH, Kang DW, Baek ST, Myong RS, Kim WC., Choi SM. (2016) Analysis of plume infrared signatures of s-shaped nozzle configurations of aerial vehicle. *Journal of Aircraft*. 53: 1768-78.
65. Yaravintelimath, A., Raghunandan, B. N., Morfiño, J. A. (2016). Numerical prediction of nozzle flow separation: Issue of turbulence modeling. *Aerospace Science and Technology*, 50, 31-43.
66. Zukoski E., (1967) “Turbulent Boundary-Layer Separation in front of a Forward-Facing Step”, *AIAA Journal*, Vol. 5, No. 10, Page 1746-1753
67. Schmucker R., (1973) “Strömungsvorgänge beim Betrieb überexpandierter Düsen chemischer Raketentriebwerke, Teil 1: Strömungsablösung”, Bericht TB-7, Tech. Univ. Munich.
68. Titterton, D. H. (2006). Development of infrared countermeasure technology and systems. In *Mid-infrared semiconductor optoelectronics* (pp. 635-671). Springer, London.
69. Irfan, S. and Shah, S. I. A. (2016, October). Modeling and analysis of velocity profile of a rectangular aircraft exhaust nozzle. In *2016 International Conference on Emerging Technologies (ICET)* (pp. 1-6). IEEE.
70. Xiao-lin, S., Zhan-xue, W., Li, Z., Jing-wei, S. and Wen, C. (2019). Internal flow and external jet characteristics of double serpentine nozzle with different aspect ratio. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering*, 233(2), 545-560.
71. Mahulikar SP, Rao GA and Sonawane HR. (2008) Infrared signature studies of airborne target, *International Conference on Aerospace Science and Technology*, Bangalore.
72. Li JW, Liu Y and Qin LZ. (2007) Numerical simulation of flow and heat transfer in round-to-rectangular nozzles. *Numerical Heat Transfer, Part A: Applications*. 51: 267-91.
73. Ab-Rahman MS and Hassan MR . (2009) Lock-on range of infrared heat seeker missile, *International Conference on Electrical Engineering and Informatics IEEE*