

Analisa Pengaruh Desain Kumbaran 6-Fasa Terhadap Efisiensi Motor Induksi 3-Fasa Menggunakan Metode Ganda Tak Simetris

Ririn Devilani¹, Zuriman Anthony², Erhaneli³

2020310062.ririn@itp.ac.id¹

Teknik Elektro Sarjana, Institut Teknologi Padang

Jl. Gajah Mada Kandis, Sumatra Barat

ARTICLE INFO

Article history:

Received : 24 June 2024

Received in revised : 18 November 2024

Accepted : 2 Desember 2024

Available online : 12 Desember 2024

ABSTRACT

This research aims to analyze the impact of a new coil winding design in 3-phase induction motor on efficiency, with the objective of creating a new 3-phase induction motor with improved performance. The research was conducted in the Electric Power System Laboratory, Department of Electrical Engineering, Padang Institute of Technology, and focuses solely on efficiency and its relationship to motor output power. The study involved redesigning the coils of a conventional 3-phase induction motor into a 6-phase coil design without altering the motor's position, followed by testing both motors and comparing the efficiency of the conventional 3-phase induction motor with that of the redesigned 6-phase motor using the asymmetrical double method. The result show that the efficiency of the 6-phase coil-designed motor increased compared to the conventional 3-phase induction motor. importance of maintaining data security and implementing AI strategically to provide optimal benefits for consumers and business development.

Keywords: 3-phase Induction Motor, 6-phase Winding Design, Induction Motor Efficiency, Asymmetric Double Methode.

1. Pendahuluan

Motor induksi banyak digunakan di berbagai industri [1][2][3][4][5][6][7][8][9][10], termasuk pada aplikasi kereta api, pengerjaan kayu, blower, pompa, konveyor, elevator, kompresor, serta industri otomotif dan kimia[5]. Karena konstruksinya yang sederhana, kokoh [1], [11] harganya yang terjangkau, kebutuhan perawatan yang rendah, motor induksi tetap menjadi salah satu jenis motor listrik yang paling umum[3]. Motor induksi 3-fasa mempunyai 3 belitan identik yang berjarak 120 derajat memungkinkan motor induksi 3-fasa menghasilkan daya yang besar[4],[8],[11]. Jumlah tiap lilitan yang sama besar, jika digunakan sumber seimbang 3-fasa pada motor, maka setiap lilitan dapat mengalir dengan arus yang seimbang [1], [8]. Selain banyak kelebihan, jika dibandingkan dengan motor listrik yang lain, motor induksi 3-fasa memiliki beberapa kelemahan. Hal ini mengakibatkan motor ini menggunakan energi yang lebih boros[12][13][14][15]. Oleh karena itu, masih diperlukan beberapa upaya untuk meningkatkan efisiensi motor induksi 3-fasa. Solusi yang bisa ditemukan pada penelitian ini untuk meningkatkan efisiensi motor induksi 3-fasa adalah dengan mengembangkan desain kumbaran motor induksi 3-fasa dengan desain 6-fasa berbasis 3-fasa ganda tak simetris karena desain ini merupakan desain 6-fasa yang sederhana yang hanya menggabungkan 2 buah desain kumbaran 3-fasa.

2. Metode penelitian

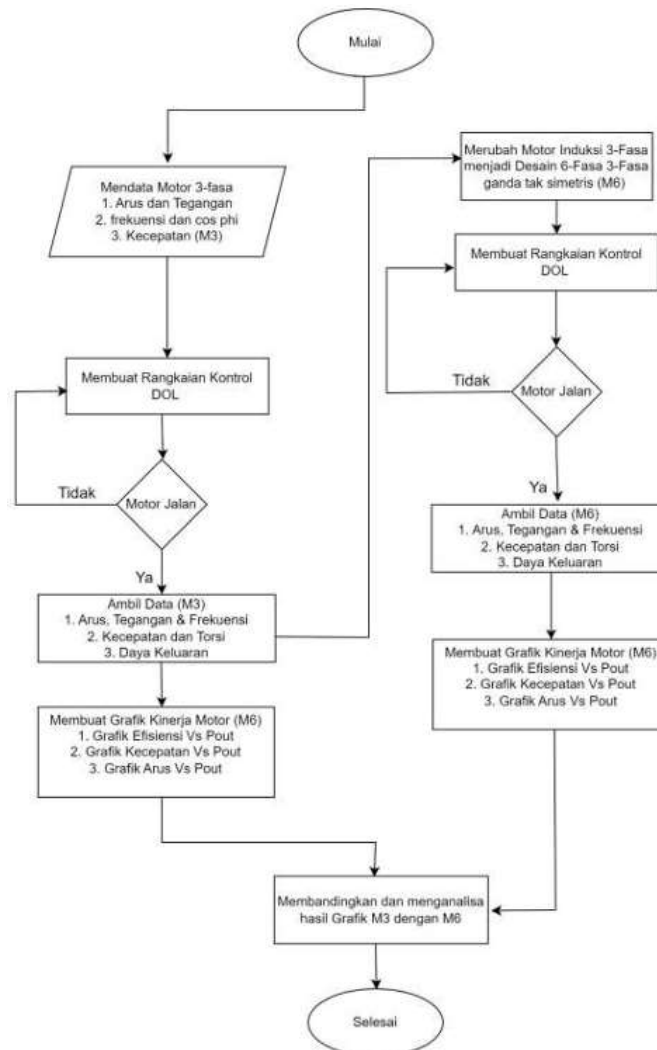
Penelitian ini merupakan penelitian skala laboratorium yang fokus untuk menganalisa pengaruh kinerja motor induksi 3-fasa konvensional yang didesain menjadi motor induksi 6-fasa tak simetris yang difokuskan pada efisiensi motor induksi 3-fasa dengan desain kumbaran 6-fasa menggunakan metode ganda tak simetris.

Received June 21, 2024; Revised November 20, 2024; Accepted Desember 2, 2024

* Ririn Devilani ; 2020310062.ririn@itp.ac.id

2.1. Metode Pengambilan Data

Data penelitian diambil melalui data percobaan dilaboratorium dengan menguji motor induksi 3-fasa konvensional dengan motor induksi desain 6-fasa tak simetris. Untuk Beban data yang dibutuhkan mencakup arus, tegangan, frekuensi, cos phi, kecepatan, dan daya keluaran (Pout) dari suatu motor induksi. Untuk perubahan desainnya yaitu dari desain kumparan 3-fasa ke desain kumparan 6-fasa tak simetris dengan merubah rangkaian dengan jumlah lilitan per-fasa dan jumlah lilitan per-slot yang tetap sama. Memiliki 110 lilitan, 24 slot dengan 4 kutub , jarak tiap slot sebesar 30°, ukuran kawat yang digunakan sebesar 0,60 mm dan berat kawat sebesar 1,3 kg. Kemudian data disusun dalam bentuk grafik untuk dilakukan analisa terhadap perbandingan antara arus dengan beban motor (Pout), kecepatan dengan beban motor (Pout) dan efisiensi dengan beban motor (Pout). Selanjutnya membandingkan kinerja motor induksi 3-fasa konvensional dengan kinerja motor induksi desain 6-fasa tak simetris.



Gambar 1. Flowchart penelitian

2.2 Desain Lilitan Motor Induksi 3-Fasa Konvensional

Tabel 1. Name Plate Motor Induksi 3-Fasa Konvensional

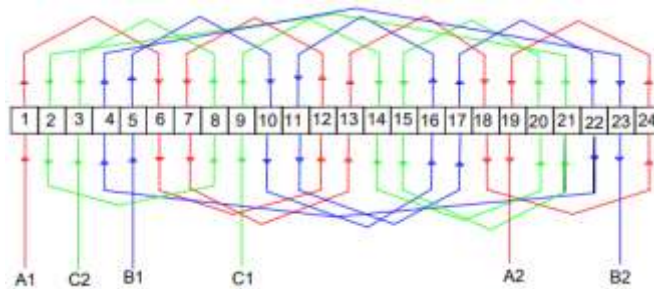
NAME PLATE MOTOR 3-FASA		
TYPE	Y802-4	ISO9001 CE

Analisa Pengaruh Desain Kumparan 6-Fasa Terhadap Efisiensi Motor Induksi 3-Fasa Menggunakan Metode Ganda Tak Simetris. (Ririn Devilani)

1 HP	220/380 V	50 Hz
INS CL B	3.5/2 A	1390 r/min
IP 44	D/Y	S1

Spesifikasi kawat pada motor induksi 3-fasa 1500 rpm berjumlah 110 lilitan yang berukuran 0,60 mm dengan berat 1,3 kg.

2.3 Desain Lilitan Motor Induksi 3-Fasa Konvensional



Gambar 2. Desain Kumparan Motor Induksi 3-Fasa Konvensional

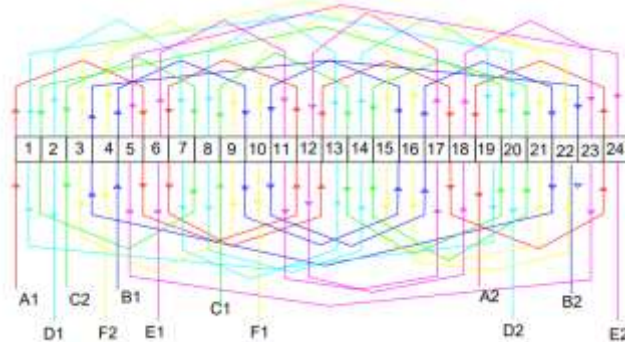
Keterangan :

Untuk fasa pertama dimulai dari A1 dan keluarannya pada A2 (1,6 – 6,12 –12,7 – 7,13 – 13,18 – 18,24 – 24,19).

Untuk fasa kedua dimulai dari B1 dan keluarannya pada B2 (5,10 – 10,16 – 16,11 – 11,17 – 17,22 – 22,4 – 4,23).

Untuk fasa ketiga dimulai dari C1 dan keluarannya pada C2 (9,14 – 14,20 – 20,15 – 15,21 – 21,2 – 2,8 – 8,3).

2.4 Desain Lilitan Motor Induksi 6-Fasa Tak Simetris



Gambar 3. Desain Motor Induksi 6-Fasa Tak Simetris

Keterangan :

Untuk fasa ke – 1 dimulai dari A1 dan keluarannya pada A2 (1,6 – 6,12 –12,7 – 7,13 – 13,18 – 18,24 – 24,19).

Untuk fasa ke – 2 dimulai dari B1 dan keluarannya pada B2 (5,10 – 10,16 – 16,11 – 11,17 – 17,22 – 22,4 – 4,23).

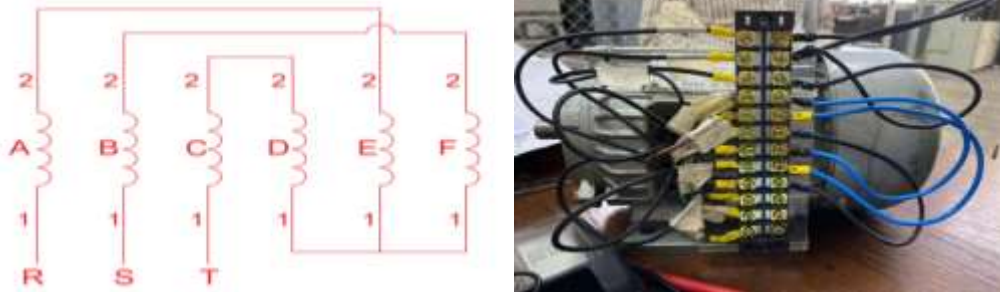
Untuk fasa ke – 3 dimulai dari C1 dan keluarannya pada C2 (9,14 – 14,20 – 20,15 – 15,21 – 21,2 – 2,8 – 8,3).

Untuk fasa ke – 4 dimulai dari D1 dan keluarannya pada D2 (2,7 – 7,13 – 13,8 – 8,14 – 14,19 – 19,1 – 1,20).

Untuk fasa ke – 5 dimulai dari E1 dan keluarannya pada E2 (6,11 – 11,17 – 17,12 – 12,18 – 18,23 – 23,5 – 5,24).

Untuk fasa ke – 6 dimulai dari F1 dan keluarannya pada F2 (10,15 – 15,21 – 21,16 – 16,22 – 22,3 – 3,9 – 9,4)

2.5 Rangkaian Percobaan



Gambar 4. Rangkaian Kumputan pada Terminal Motor Induksi 3-Fasa Desain Kumputan 6-Fasa

Keterangan :

R1 : sebagai sumber masukan untuk fasa R dari sumber tegangan

S1 : sebagai sumber masukan untuk fasa S dari sumber tegangan

T1 : sebagai sumber masukan untuk fasa T dari sumber tegangan

A2 dan E2 : dihubungkan atau di couple

B2 dan F2 : dihubungkan atau di couple

C2 dan D2 : dihubungkan atau di couple

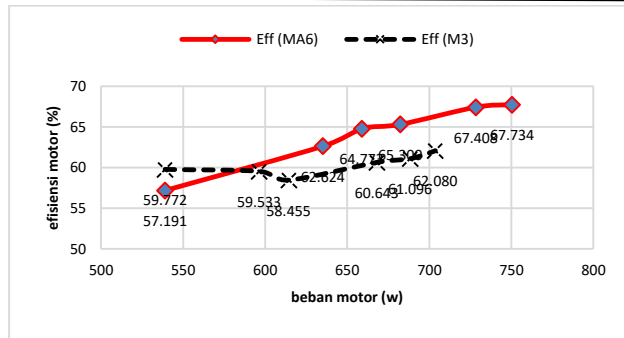
D1, E1, dan F1 : hubung bintang

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Grafik Efisiensi terhadap Beban Motor (Pout)

Tabel 1. Data Pout dan efisiensi pada motor induksi 3-fasa konvensional dan motor induksi 3-fasa desain 6-fasa dengan ganda tak simetris

No	Motor 3-Fasa Konvensional		Motor Induksi Desain 6-Fasa dengan 3-Fasa Ganda Tak Simetris	
	Pout M3 (W)	Eff M3 (%)	Pout M6 (W)	Eff M6 (%)
1	539,01	59,77	539,01	57,19
2	596,31	59,53	635,13	62,62
3	614,33	58,46	658,82	64,77
4	668	60,64	682,38	65,30
5	688,29	61,10	728,29	67,41
6	703,64	62,08	750,44	67,73



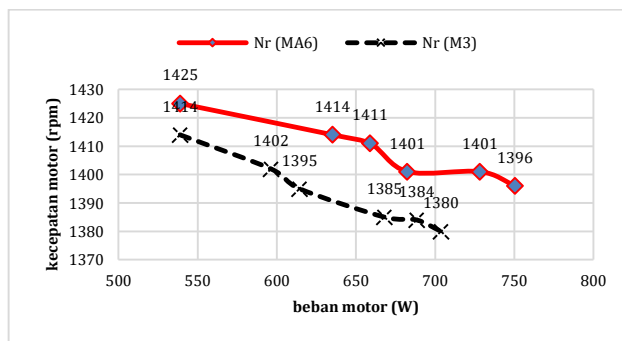
Gambar 1. Grafik perbandingan efisiensi terhadap beban motor

Motor induksi 3-fasa konvensional pada beban 550 W efisiensi dimulai dari 59,77% dan mengalami sedikit penurunan namun naik kembali hingga efisiensinya mencapai 62,08% pada beban 700 W. Sedangkan motor induksi 3-fasa desain kumparan 6-fasa dengan ganda tak simetris pada beban 550 W efisiensi mulai sekitar 57,19 %, dengan bertambahnya beban efisiensi terus meningkat hingga mencapai 67,73% pada beban 750 W. Efisiensi motor MA6 meningkat seiring dengan meningkatnya beban motor, sedangkan efisiensi M3 lebih rendah dibandingkan MA6 disetiap peningkatan beban. Maka grafik menunjukkan bahwa motor motor induksi 3-fasa desain kumparan 6-fasa dengan ganda tak simetris memiliki efisiensi lebih tinggi dibandingkan motor M3.

3.2 Grafik Kecepatan Motor terhadap Beban Motor (Pout)

Tabel 2. Data Pout dan kecepatan pada motor induksi 3-fasa konvensional dan motor induksi 3-fasa desain 6-fasa dengan ganda tak simetris

No	Motor 3-Fasa Konvensional		Motor Induksi Desain 6-Fasa dengan 3-Fasa Ganda Tak Simetris	
	Pout M3 (W)	Kecepatan M3 (rpm)	Pout M6 (W)	Kecepatan M6 (rpm)
1	539,01	1414	539,01	1425
2	596,31	1402	635,13	1414
3	614,33	1395	658,82	1411
4	668	1385	682,38	1401
5	688,29	1384	728,29	1401
6	703,64	1380	750,44	1396



Gambar 2. Grafik perbandingan kecepatan terhadap beban motor

Motor induksi 3-fasa desain 6-fasa dengan ganda tak simetris pada beban 550 W kecepatan motor dimulai dari 1425 rpm, seiring bertambahnya beban kecepatan motor menurun hingga 1396 rpm pada beban 750 W. Sedangkan motor induksi 3-fasa konvensional pada beban 550 W berada di kecepatan 1414 rpm, seiring bertambahnya beban kecepatan M3 turun lebih cepat dibandingkan MA6 mencapai 1380 pada beban 700 W. Maka grafik menunjukkan motor MA6 memiliki

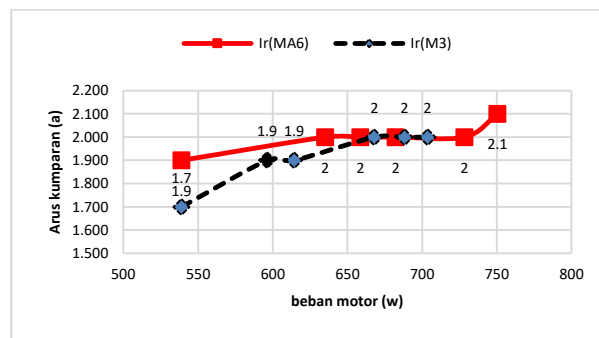
kecepatan awal lebih tinggi daripada motor M3 disetiap peningkatan beban. Kecepatan motor MA6 turun lebih stabil daripada motor M3 yg turun lebih drastis.

Kedua motor mengalami penurunan seiring peningkatan beban, tetapi motor induksi 3-fasa desain 6-fasa dengan ganda tak simetris lebih baik dalam mempertahankan kecepatan dan lebih unggul dalam pengoperasian yang membutuhkan kestabilan kecepatan dibawah berbagai kondisi beban dibandingkan motor induksi 3-fasa konvensional.

3.3 Grafik Arus terhadap Beban Motor (Pout)

Tabel 3. Data Pout dan arus pada motor induksi 3-fasa konvensional dan motor induksi 3-fasa desain 6-fasa dengan ganda tak simetris

No	Motor 3-Fasa Konvensional		Motor Induksi Desain 6-Fasa dengan 3-Fasa Ganda Tak Simetris	
	Pout M3 (W)	Arus M3 (ampere)	Pout M6 (W)	arus M6 (ampere)
1	539,01	1,7	539,01	1,9
2	596,31	1,9	635,13	2
3	614,33	1,9	658,82	2
4	668	2	682,38	2
5	688,29	2	728,29	2
6	703,64	2	750,44	2,1



Gambar 3. Grafik perbandingan arus terhadap beban motor

Pada beban 550 W arus motor MA6 lebih besar dari motor M3 yaitu 1,9 A sedangkan motor M3 sebesar 1,7 A. Dengan meningkatnya beban motor arus motor M3 meningkat lebih cepat hingga 2 A pada beban sekitar 700 W sedangkan arus motor MA6 meningkat secara bertahap dan lebih stabil hingga mencapai arus 2,1 A pada beban sekitar 750 W. Arus motor MA6 lebih stabil dari motor M3 yang mengalami lonjakan arus sangat cepat hingga mencapai 2A. Maka grafik menunjukkan motor M3 lebih efisien pada beban rendah sekitar 550 W karena menggunakan arus lebih sedikit, tetapi motor MA6 arusnya lebih stabil dan meningkat secara perlahan dengan beban.

4. Kesimpulan

Pada penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh desain kumparan 6-fasa terhadap efisiensi pada motor induksi 3-fasa menggunakan metode ganda tak simetris dapat disimpulkan bahwa efisiensi yang didapatkan dari motor induksi 3-fasa desain 6-fasa dengan ganda tak simetris memiliki hasil yang lebih bagus dibandingkan dengan motor induksi 3-fasa konvensional yang menyebabkan motor bekerja lebih efisien. Motor induksi 3-fasa desain 6-fasa dengan ganda tak simetris mengalami penurunan kecepatan yang sedikit lambat daripada motor induksi 3-fasa konvensional pada saat peningkatan beban motor. Dapat menunjukkan bahwa motor induksi 3-fasa desain 6-fasa dengan ganda tak simetris lebih mampu menjaga kecepatan yang stabil meskipun dengan beban motor yang tinggi. Motor induksi 3-fasa desain 6-fasa dengan ganda tak simetris

lebih efisien bekerja untuk beban yang lebih tinggi karena arusnya yang lebih stabil, lebih konsisten dan meningkat secara perlahan dibandingkan dengan motor induksi 3-fasa konvensional.

References

- [1]. Z. Anthony, E. Erhaneli, and Z. Zulkarnaini, "Windings design for single-phase induction motors base on 4-phase induction motor (Case study: Identical windings design)," *MATEC Web Conf.*, vol. 215, pp. 1–4, 2018, doi: 10.1051/mateconf/201821501023.
- [2]. A. M. S. Mendes and A. J. Marques Cardoso, "Fault-tolerant operating strategies applied to three-phase induction-motor drives," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 53, no. 6, pp. 1807–1817, 2006, doi: 10.1109/TIE.2006.885137.
- [3]. A. Nanoty and A. R. Chudasama, "International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering Design, Development of Six Phase Squirrel Cage Induction Motor and its Comparative Analysis with Equivalent Three Phase Squirrel Cage Induction Motor Using Circle Diagram," *Certif. J.*, vol. 9001, no. 8, pp. 731–737, 2008, [Online]. Available: www.ijetae.com
- [4]. M. F. Oktariato, Z. Anthony, S. Bandri, A. Y. Dewi, and A. Anugrah, "ANALISA PENGARUH EFISIENSI MOTOR INDUKSI 3 FASA DENGAN DESAIN 6 FASA 3 MEDAN FLUKS," vol. 5, no. 3, pp. 127–131, 2023.
- [5]. A. Glowacz and Z. Glowacz, "Diagnosis of the three-phase induction motor using thermal imaging," *Infrared Phys. Technol.*, vol. 81, pp. 7–16, 2017, doi: 10.1016/j.infrared.2016.12.003.
- [6]. C. Ai, C. H. T. Lee, J. L. Kirtley, Y. Huang, H. Wang, and Z. Zhang, "A Hybrid Methodology for Analyzing the Performance of Induction Motors with Efficiency Improvement by Specific Commercial Measures," 2019.
- [7]. Z. Anthony, "Pengembangan Rangkaian Kendali untuk Mengoperasikan Motor Induksi 3-Fasa," vol. 6, no. 1, pp. 81–86, 2017.
- [8]. Z. Anthony and E. Erhaneli, "Disain Baru Bentuk Lilitan Kumparan Motor Induksi 1-fasa Berbasis Bentuk Lilitan Motor Induksi 3-fasa," pp. 245–249, 2017, doi: 10.21063/pimimd4.2017.245-249.
- [9]. Z. Anthony and E. Erhaneli, "Desain Lilitan Motor Induksi 1-Fasa dengan 4 Kumparan yang Tidak Identik Sama," *Eccis*, vol. 12, no. 2, pp. 89–92, 2018.
- [10]. Z. Anthony, S. Bandri, Erhaneli, Y. Warmi, Zulkarnaini, and Firdaus, "Analisa Pengaruh Desain 6 Kumparan Simetris pada Motor Induksi 3-fasa terhadap Efisiensi dan Faktor Daya Motor," pp. 233–242, 2022.
- [11]. D. Y. P. Rambe, Z. Anthony, Erhaneli, A. Y. Dewi, and Zulkarnaen, "Analisa Pengaruh Desain 6 Fasa dengan Sistem 1 Lapis dan 3 Medan Fluks pada Motor Induksi 3 Fasa Terhadap Torsi dan Kecepatan Motor," vol. 5, no. 2, pp. 140–149, 2023.
- [12]. R. Ni et al., "Efficiency Enhancement of General AC Drive System by Remanufacturing Induction Motor with Interior Permanent-Magnet Rotor," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 63, no. 2, pp. 808–820, 2016, doi: 10.1109/TIE.2015.2477478.
- [13]. W. Fei, P. C. K. Luk, J. Ma, J. X. Shen, and G. Yang, "A high-performance line-start permanent magnet synchronous motor amended from a small industrial three-phase induction motor," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 45, no. 10, pp. 4724–4727, 2009, doi: 10.1109/TMAG.2009.2022179.
- [14]. K. Sakai and N. Yuzawa, "Realizing high efficiency using pole-changing hybrid permanent magnet motors," *Proc. 2013 IEEE Int. Electr. Mach. Drives Conf. IEMDC 2013*, pp. 462–467, 2013, doi: 10.1109/IEMDC.2013.6556137.
- [15]. D. Liang and V. Zhou, "Recent market and technical trends in Copper Rotors for High-Efficiency Induction Motors," 2018 *Int. Power Electron. Conf. IPEC-Niigata - ECCE Asia 2018*, pp. 1943–1948, 2018, doi: 10.23919/IPEC.2018.8507879.