

PERHITUNGAN RUGI-RUGI DAYA DAN JATUH TEGANGAN PADA TRANSFORMATOR AKIBAT ADANYA KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP ARUS NETRAL

S. Zaini¹, E. Triansyah¹, W. Adipradana¹ dan Herlina^{1*}

¹ Teknik Elektro, Universitas Sriwijaya, Palembang
Corresponding author: herlinawahab@unsri.ac.id

ABSTRACT: The electrical system is a unified process that sets up from the generation system to the distribution of electric power to get to the consumers. The long process chain, exclusively on the part of electricity distribution in the set up of transmission and distribution, generally invents other issue, particularly the existence of power losses and voltage drops. In inclusion to the issue above, owing to the uneven distribution of loads, it can still lead to the different issue, specially load imbalances. As a following of the load imbalance in each phase of the transformer, current will flow to neutral. This research will focus on the relation that takes place if there is an imbalance of loading on the transformer to the neutral current, power losses and voltage drops that arise in the system. The research method employed is intended measurement of the target transformer and a computation method to calculate the percentage of unbalance, power losses, and voltage drop. In addition, as a solution to the load imbalance problem, a load transmission is carried out from excessive loading to a phase with little loading, or the remarkable-called load placement method. The result of the research is that there is a reduction in power losses of 6,241 watts or 7.41%. The calculated imbalance in the A branch is 5% while in the C branch it is 40.6%. The neutral current flowing in the transformer after the load equalization process is cut down excessively considerably, i.e. in the A branch it is 0.2 Ampere from 12.6 Ampere. In the C branch, it is 0.2 amps as well as 34.6 amps. This points out that with equal distribution of loading, the current flowing into the neutral of the transformer will diminish.

Key words: Calculation, power loss, voltage drop, neutral current, load imbalance

ABSTRAK: Sistem kelistrikan merupakan satu kesatuan proses yang dimulai dari sistem pembangkitan, penyaluran tenaga listrik untuk sampai ke konsumen. Rantai sistem yang panjang terutama di sisi penyaluran tenaga listrik berupa transmisi dan distribusi sering kali memunculkan permasalahan baru, yaitu terjadinya rugi-rugi daya dan jatuh tegangan. Selain permasalahan di atas, akibat pembagian beban yang tidak merata juga bisa menyebabkan permasalahan baru, yaitu ketidakseimbangan pembebanan. Akibat dari ketidakseimbangan pembebanan di tiap fasa pada transformator akan menyebabkan mengalirnya arus ke netral. Penelitian ini akan fokus pada hubungan yang terjadi jika terjadi ketidakseimbangan pembebanan pada transformator terhadap arus netral, rugi-rugi daya dan jatuh tegangan yang terjadi pada sistem. Metode penelitian yang digunakan adalah pengukuran langsung ke transformator objek dan metode perhitungan untuk menghitung persentase ketidakseimbangan, rugi-rugi daya dan jatuh tegangan. Selain itu sebagai solusi dari permasalahan ketidakseimbangan pembebanan, dilakukan pemindahan beban dari pembebanan yang berlebih ke fasa yang pembebanannya sedikit, atau disebut dengan metode pemerataan pembebanan. Hasil penelitian yang didapatkan adalah terjadi penurunan rugi-rugi daya sebesar 6.241 watt atau 7,41%. Ketidakseimbangan yang terhitung pada jurusan A sebesar 5% sedangkan pada jurusan C sebesar 40,6%. Arus netral yang mengalir pada transformator setelah proses pemerataan pembebanan berkurang sangat signifikan, yaitu di jurusan A adalah 0,2 Ampere dari 12,6 Ampere. Di jurusan C adalah sebesar 0,2 Ampere juga dari 34,6 Ampere. Hal ini menjelaskan bahwa dengan pemerataan pembebanan, maka arus yang mengalir ke netral transformator akan semakin mengecil.

Kata Kunci: Perhitungan, rugi-rugi daya, jatuh tegangan, arus netral, ketidakseimbangan beban

PENDAHULUAN

Pada sistem kelistrikan, sistem distribusi tenaga listrik memegang peranan yang sangat penting. Hal ini karena sistem distribusi baik tegangan menengah maupun tegangan rendah berhubungan langsung dengan konsumen tenaga listrik. Di setiap perencanaan sistem kelistrikan selalu diupayakan keseimbangan penyaluran tenaga listrik di setiap fasanya. Begitu juga dengan pembebanan tiap fasa pada transformator distribusi, diupayakan untuk seimbang. Akibat yang terjadi jika terjadi ketidakseimbangan pembebanan pada fasa adalah munculnya aliran arus ke netral. Selain itu juga akan memicu terjadinya rugi-rugi daya dan jatuh tegangan di sistem.

Sistem kelistrikan yang baik selalu mengutamakan keandalan dalam penyaluran tenaga listrik dan memperkecil rugi-rugi daya serta jatuh tegangan yang terjadi. Rugi-rugi daya (*losses*) dan jatuh tegangan merupakan dua hal yang tidak terpisahkan pada sistem kelistrikan. Kedua hal ini akan selalu ada di sepanjang saluran transmisi, transformator dan distribusi tenaga listrik ke konsumen. Pengertian dari rugi-rugi daya adalah hilangnya sejumlah arus yang diakibatkan oleh adanya tahanan. Sedangkan jatuh tegangan didefinisikan sebagai berkurangnya nilai tegangan di ujung penerima. (Sukmadi & Winardi, 2010).

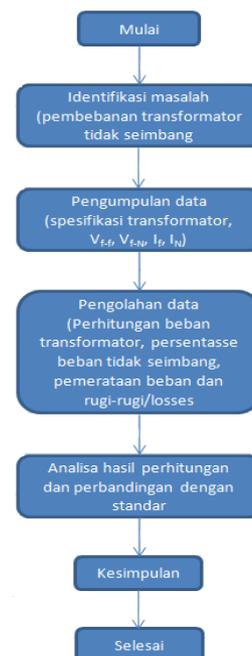
Permasalahan rugi-rugi daya dan jatuh tegangan ini juga menjadi bahasan di dunia internasional, seperti penelitian yang dilakukan oleh peneliti Wang yang meneliti hubungan keduanya dengan DCAT system dengan karakteristik yang dinamis (Wang, Yang, Zheng, Ni, & Li, 2020), Ymeri yang melakukan penelitian pengaruh pembangkit terdistribusi dalam kaitannya dengan rugi-rugi energy dan jatuh tegangan pada jaringan distribusi 10 kV (Ymeri, Dervishi, & Qorolli, 2014), H. Beyhan yang meneliti jatuh tegangan dan rugi-rugi daya di GIS pada sistem distribusi jaringan tegangan menengah di Diyarbakir (Beyhan, YalÇin, & Kocamaz, 2019), Desmukh meneliti tentang jatuh tegangan di feeder pada sistem distribusi radial aktif akibat adanya penambahan pembangkit terdistribusi (Deshmukh, Rahman, & Aravinthan, 2019), Awwad meneliti tentang studi aplikatif teknik penghematan energi, jatuh tegangan dengan menggunakan kompensasi daya reaktif dan peninjauan ukuran kabel di Gaza (Awwad, 2019). Sedangkan untuk penelitian ketidakseimbangan beban juga telah banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya (Rusinaru, Manescu, Ciontu, & Alba, 2016), (Garces, 2016), (Çimen & Çetinkaya, 2018), (Hongbo, Yanqi, & Ran, 2019).

Dari latar belakang di atas, maka penelitian ini difokuskan kepada perhitungan rugi-rugi daya, jatuh tegangan, arus netral dan persentase ketidakseimbangan sebagai akibat dari ketidakseimbangan pembebanan di tiap fasa. Pada penelitian ini pengamatan dan pengukuran pembebanan pada transformator dilakukan pada transformator distribusi milik PT. PLN (Persero) ULP Ampera Palembang di Jalan Sentosa Megamendung dengan nomor PD 0048 yang merupakan bagian dari penyulang Belido. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh akibat ketidakseimbangan pembebanan terhadap arus netral dan nilai rugi-rugi daya pada penghantar dan jatuh tegangan yang terjadi, sekaligus menghitung persentase ketidakseimbangan pembebanan yang terjadi dan pemerataan pembebanan untuk meminimalisir rugi-rugi, jatuh tegangan dan arus yang mengalir di netral.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada transformator distribusi dengan nomor PD. 0048 yang terletak pada penyulang Belido yang termasuk dalam area PT. PLN (Persero) ULP Ampera Palembang. Data yang diperlukan untuk perhitungan adalah : data spesifikasi transformator, tegangan fasa ke fasa, tegangan fasa ke netral, arus fasa, arus netral, jenis kabel yang digunakan dan nilai $\cos \phi$ jaringan.

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan mengikuti diagram alir berikut ini:



Gambar 1 Diagram alir penelitian

Spesifikasi teknis dari transformator distribusi yang dijadikan sebagai bahan penelitian adalah transformator distribusi dengan nomor PD 0048, adalah sebagai berikut : Pabrikasi UNINDO, tipe luar ruangan (*outdoor*) dengan daya mampu 200 kVA 3 fasa, memiliki 2 jurusan (A dan C) yang merupakan bagian dari penyulang Belido pada GI Sungai Kedukan yang berlokasi di Jalan sentosa Mega Mendung. Nilai $\cos \phi$ dan $\sin \phi$ nya adalah berturut-turut sebesar 0,85 dan 0,53.

Transformator distribusi dengan nomor PD. 0048 merupakan objek penelitian di jaringan distribusi tegangan rendah yang memiliki 2 jurusan, yaitu jurusan A dan jurusan C. Masing-masing jurusan memiliki panjang penghantar yang sama, yaitu 300 meter. Jenis penghantar adalah jenis *Low Voltage Twisted Cable* (LVTC) berukuran $3 \times 35 \text{ mm}^2 + 50 \text{ mm}^2$ dengan nilai KHA sebesar 125 A, nilai resistansinya di 20° C untuk fasa sebesar $0,867 \Omega/\text{km}$ dan netral sebesar $0,581 \Omega/\text{km}$. Sedangkan untuk LVTC berukuran $3 \times 70 \text{ mm}^2 + 50 \text{ mm}^2$ memiliki nilai KHA sebesar 196 A, nilai resistansinya di 20° C untuk fasa sebesar $0,443 \Omega/\text{km}$ dan netral sebesar $0,581 \Omega/\text{km}$.

Hasil Pengukuran Beban pada Transformator Jurusan A dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini:

Tabel 1. Pengukuran Beban pada Jurusan A

Pukul	Arus Fasa (A)			Tegangan fasa – N (V)		
	R	S	T	R-N	S-N	T-N
08	103,7	50,2	98,6	227	222,5	227,8
09	103,6	92,8	101	235,5	233,2	232,3
10	97,8	89,7	84,7	233	231,1	229,6
11	100,6	90,4	84,8	234,3	229,3	230,3
12	102	91,2	100,8	231,2	226,7	231,1
13	114	92,3	113,8	232,1	229,5	229,8
14	100,2	102,9	115,9	231	229,9	231,6
15	96,6	95,5	118	231,7	229,9	231,6
16	102,2	92,7	124,3	231,4	230,1	231,2
17	118,2	97	125,9	229,1	227,6	230,5
18	137,4	120,1	129,3	228,3	227,7	232,2
19	140,4	155,7	153,1	229,4	227,6	231,8
20	141,3	146,6	145,7	230,6	229,4	230,2
Total	1.458	1.317,1	1.495,9	2.817,5	3.024,1	3.049,4
Rerata	112,2	101,3	115,1	216,7	232,6	234,6

Sedangkan hasil pengukuran beban pada Jurusan C dapat dilihat dengan detail di tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Pengukuran Beban pada Jurusan C

Pukul	Arus Fasa (A)			Tegangan fasa – N (V)		
	R	S	T	R-N	S-N	T-N
08	16,1	50,2	24,0	227	222,5	227,8
09	8,8	49,9	26,1	235,5	233,2	232,3
10	9	41,5	18,9	233	231,1	229,6
11	10,7	43,1	20,6	234,3	229,3	230,3
12	10,2	48,9	27,2	231,2	229,5	230,5
13	14,6	50,9	31,1	232,1	229,5	230,5
14	12,5	49,2	28,1	231	229,5	229,8
15	12,2	50,5	28,2	231,7	229,9	231,6
16	17,9	67,7	31,5	231,4	230,1	231,2
17	21,1	61,4	31,5	231,4	227,6	230,5
18	25,7	67,8	35,1	228,3	227,7	232,2
19	29,5	73,8	42,1	229,4	227,6	231,8
20	29,6	78,1	64,6	230,6	229,4	230,2
Total	217,9	733	414,1	2.817,5	3.024,1	3.049,4
Rerata	16,8	56,4	31,8	216,7	232,6	234,6

Ringkasan dari nilai beban (arus) tiap fasa dari jurusan A dan C dapat dilihat pada tabel 3 berikut ini:

Tabel 3. Ringkasan nilai arus (A) atau pembebanan pada masing-masing Fasa

Fasa	Arus (A)	
	Jurusan A	Jurusan C
R	1458,0	217,9
S	1317,1	733
T	1495,9	414,1

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode perhitungan dan membandingkan hasil yang didapat dengan standar IEEE yang berlaku. Dari data-data di atas, maka dapat ditentukan parameter yang akan dihitung dan dianalisis, yaitu :

- Tegangan tiap fasa (V_R , V_S , dan V_T)
- Arus tiap fasa (I_R , I_S , I_T)
- Arus pada saat beban penuh
- Ketidakseimbangan beban transformator
- Rugi-rugi yang disebabkan oleh arus pada netral
- Solusi ketidakseimbangan dengan melakukan perataan beban di tiap fasa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jika dilihat dari data tabel 1 dan 2, terlihat bahwa pembebanan tiap fasa terdapat perbedaan, terutama pada jurusan C. Untuk mengetahui apakah pada transformator terjadi ketidakseimbangan beban atau tidak secara perhitungan perlu dianalisa secara mendetil, yaitu:

- Perhitungan beban transformator
- Persentase ketidakseimbangan beban
- Pemerataan pembebanan
- Rugi-rugi daya (*losses*) penghantar (fasa dan netral)

Perhitungan Beban Transformator

Sebelum menghitung besar pembebanan pada transformator, perlu dihitung arus yang mengalir pada netral dan fasa. Persamaan yang digunakan untuk menghitung arus netral pada transformator di masing-masing jurusan adalah sebagai berikut (Ganesh & Vasu, 2014) :

$$I_N = I_R < \varphi_1 + I_S < \varphi_2 + I_T < \varphi_3 \quad (1)$$

Setelah dilakukan perhitungan didapatkan arus netral pada tiap jurusan dapat dilihat pada tabel 4 berikut ini:

Tabel 4. Ringkasan perhitungan arus netral di tiap

Jurusan	
Jurusan	Arus netral di transformator (Ampere)
A	163,2
C	450,3

Arus beban saat kondisi terbebani penuh (*I Full Load/I_{FL}*) perlu dihitung sebelum menghitung pembebanan pada transformator. Persamaan (2) digunakan untuk menghitung *I_{FL}* tersebut.

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_{L-L}} \quad (2)$$

Dimana: *I_{FL}* adalah arus pada saat pembebanan penuh dengan satuan Ampere, *S* adalah daya semu dengan satuan Volt Ampere (VA) dan *V_{L-L}* adalah tegangan jala-jala dengan satuan Volt. Untuk kondisi transformator 200 kVA dengan tegangan jala-jala sebesar 400 V, maka didapatkan nilai *I_{FL}* sebesar 288,7 Ampere.

Untuk mendapatkan nilai persentase pembebanan pada tiap fasa, dapat digunakan persamaan (3) berikut ini:

$$\% X_{load} = \frac{I_{PH}}{I_{FL}} \times 100\% \quad (3)$$

Dimana: *X_{load}* adalah persentase pembebanan pada fasa, *I_{PH}* adalah arus pembebanan pada fasa dengan satuannya adalah Ampere dan *I_{FL}* adalah arus pembebanan pada kondisi beban penuh dengan satuan Ampere. Hasil perhitungan persentase pembebanan tiap fasa pada adalah sebagai berikut, pada fasa R pembebanannya sebesar 22,3%, fasa S dibebani sebesar 18,22% dan fasa T mendapatkan pembebanan sebesar 16,93% dengan rata-rata pembebanan dari ketiga fasa adalah sebesar 19,16%.

Persentase Ketidakseimbangan Pembebanan pada Transformator

Perhitungan persentase ketidakseimbangan pembebanan berdasarkan data yang didapat pada tabel 1 untuk jurusan A dan tabel 2 untuk jurusan C. Untuk Jurusan A, arus beban rata-rata (*I_{rata-rata}*) didapat dengan menjumlahkan arus pada masing-masing fasa dibagi dengan 3 yaitu sebesar 109,5 Ampere. Untuk mencari nilai koefisien dari arus pada masing-masing fasa digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} IR &= a \cdot I \\ IS &= b \cdot I \\ IT &= c \cdot I \end{aligned} \quad (4)$$

Maka didapatkan nilai koefisien *a* adalah 1,02, koefisien *b* adalah 0,92 dan koefisien *c* sebesar 1,05. Nilai arus ketidakseimbangan didapatkan dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$I_{Ketidakseimbangan} = \frac{|a-1| + |b-1| + |c-1|}{3} \times 100\% \quad (5)$$

Hasil perhitungan arus ketidakseimbangan pada jurusan A adalah sebesar 5% dan jurusan C adalah sebesar 40,6%.

Perencanaan Pemerataan Pembebanan Transformator

Setelah didapatkan besar arus yang mengalir pada netral transformator, dilakukan perhitungan besarnya pembebanan rata-rata pada trafo sebelum dilakukan proses pemerataan beban. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel 5 berikut ini :

Tabel 5. Pembebanan rata-rata pada transformator sebelum dilakukan pemerataan beban

Fasa	Arus (Ampere)		Tegangan (Volt)
	Jurusan A	Jurusan C	
R	112,2	16,8	216,7
S	232,6	56,4	232,6
T	115,1	31,8	234,6
N	12,6	34,6	

Dari data di atas didapatkan pembebanan rata-rata pada transformator di Jurusan A adalah sebesar 109,5 A dan Jurusan C sebesar 35 A dengan tegangan 227,9 Volt. Untuk mencapai keseimbangan pada masing-masing fasa, maka tiap fasa perlu melepaskan atau menambahkan beban sehingga mencapai nilai pembebanan rata-rata.

Untuk Jurusan A, fasa R dibebani dengan beban sebesar 112,2 A maka fasa ini harus melepaskan beban sebesar 3 A untuk mencapai pembebanan rata-rata sebesar 109 A. Fasa S mesti mendapatkan penambahan beban sebesar 8 A dan fasa T harus melepaskan beban

sebesar 6 A untuk mencapai keseimbangan. Sedangkan untuk Jurusan C, masing-masing fasa harus dikurangi atau ditambahkan beban sebesar 35 A untuk mencapai keseimbangan fasa. Untuk fasa R karena beban terpasang lebih kecil dari 35 A, maka harus ditambahkan beban sebesar 18 A, beban pada fasa S harus dilepas sebesar 21 A dan beban pada fasa T harus mendapatkan penambahan sebesar 3 A untuk mencapai keseimbangan fasa. Pada tabel 6 berikut ini disajikan lebih detil hasil perhitungan pembebanan pada masing-masing fasa setelah melalui tahapan pemerataan beban.

Tabel 6. Pembebanan rata-rata pada transformator setelah dilakukan pemerataan beban

Fasa	Arus (Ampere)		Tegangan (Volt)
	Jurusan A	Jurusan C	
R	109,2	34,8	216,7
S	109,3	35,4	232,6
T	109,1	34,8	234,6
N	0,2	0,6	

Untuk menghitung daya yang disalurkan pada masing-masing fasa dapat menggunakan persamaan berikut ini:

$$P = V.I.Cos\phi \tag{6}$$

Dimana, P adalah daya yang dihitung berdasarkan masing-masing fasa, satuannya Watt, V merupakan tegangan fasa dengan satuan Volt, I merupakan arus/beban dengan satuannya Ampere dan $\cos\phi$ adalah faktor daya.

Dengan menggunakan persamaan di atas dapat didapatkan total daya yang disalurkan pada jurusan A dan C oleh transformator. Jurusan A memiliki total daya tersalurkan sebesar 63.646,8 Watt, Jurusan C memiliki total daya tersalur sebesar 20.586,6 Watt dengan total daya kedua jurusan adalah sebesar 84.233,4 Watt.

Perhitungan Nilai Rugi-Rugi Daya pada Penghantar tiap Fasa Jurusan A dan C

Untuk menghitung nilai rugi-rugi pada penghantar fasa digunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_{F_{losses}} = (I_F^2 \times R) \times L \tag{7}$$

Dimana, $P_{F_{losses}}$ adalah nilai rugi-rugi pada penghantar fasa dengan satuan Watt, I_F adalah arus fasa dengan satuan Ampere, R adalah tahanan jenis penghantar dengan satuan Ω/km dan L adalah panjang penghantar dengan satuan kilometer (km). Adapun hasil perhitungan nilai rugi-rugi daya pada penghantar di jurusan A dan di jurusan C dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 7. Hasil perhitungan nilai rugi-rugi daya pada penghantar di Jurusan A dan C

Jurusan	Nilai rugi-rugi pada penghantar fasa (watt)	
	Saat tak seimbang	Saat di seimbangkan
A	10.623,9	4.754,4
C	594,7	488,5
Total	11.218,6	5.242,8

Dari table di atas dapat dilihat terjadi penurunan nilai rugi-rugi daya total pada penghantar fasa setelah melalui proses perataan beban yaitu sebesar 5.975,8 watt. Persentase rugi-rugi daya total yang terjadi sebelum dilakukan perataan beban sebesar 13,3% dan setelahnya adalah sebesar 6,2 % dari beban total. Penurunan yang terjadi sangat signifikan yaitu sebesar 7,1% dari beban total.

Perhitungan Nilai Rugi-Rugi Daya pada Netral Penghantar Jurusan A dan C

Untuk menghitung nilai rugi-rugi pada penghantar fasa digunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_{N_{losses}} = (I_N^2 \times R) \times L \tag{8}$$

Dimana, $P_{N_{losses}}$ adalah nilai rugi-rugi pada penghantar netral dengan satuan Watt, I_N adalah arus pada netral dengan satuan Ampere. Hasil perhitungan nilai rugi-rugi daya pada penghantar netral di masing-masing jurusan dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 8. Hasil perhitungan nilai rugi-rugi daya pada penghantar netral di Jurusan A dan C

Jurusan	Nilai rugi-rugi pada penghantar netral (watt)	
	Saat tak seimbang	Saat di seimbangkan
A	27,7	0,007
C	233,5	0,063
Total	261,2	0,070

Dari tabel di atas dapat dapat dilihat terjadi penurunan rugi-rugi daya total pada penghantar netral setelah melalui proses perataan beban sebesar 261,087 watt. Persentase rugi-rugi daya total yang terjadi sebelum dilakukan pemerataan beban sebesar 0,31% dan setelahnya adalah sebesar 0,00008% dari beban total.

KESIMPULAN

Dari analisa dan diskusi hasil penelitian di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai rugi-rugi daya, arus netral yang mengalir di transformator semakin kecil

setelah melalui proses pemerataan pembebanan pada transformator. Begitu juga dengan persentase ketidakseimbangan yang terjadi pada pembebanan transformator. Hal ini meyakinkan bahwa jika terjadi ketidakseimbangan pada saat pembebanan di tiap fasa, maka akan mengakibatkan arus juga akan mengalir di titik netral sehingga jika makin besar persentase ketidakseimbangan, maka arus netral di transformator akan semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Awwad, H. (2019, 11-13 June 2019). *Applied Study of Energy Saving, Voltage Drop Reducing Technically Using Reactive Power Compensation and Cable Resizing in Gaza Electrical Grid and its Program Simulation Quality Improvement*. Paper presented at the 2019 10th International Conference on Information and Communication Systems (ICICS).
- Beyhan, H., YalÇin, M., & Kocamaz, A. F. (2019, 21-22 Sept. 2019). *Matching Voltage Drop And Power Losses With GIS In Middle Voltage Electric Distribution Network In Diyarbakır*. Paper presented at the 2019 International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium (IDAP).
- Çimen, H., & Çetinkaya, N. (2018, 19-21 Oct. 2018). *Mitigation of Voltage Unbalance in Microgrids using Thermostatically Controlled Loads*. Paper presented at the 2018 2nd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT).
- Deshmukh, A., Rahman, M. R. Ur, & Aravinthan, V. (2019, 13-15 Oct. 2019). *Feeder Level Linear Voltage Drop Model for Active Radial Distribution System Operation in the Presence of Distributed Generation*. Paper presented at the 2019 North American Power Symposium (NAPS).
- Ganesh, V., & Vasu, K. (2014, 1-2 Feb. 2014). *Analysis of unbalanced distribution system voltage depedant load models with load growth*. Paper presented at the 2014 First International Conference on Automation, Control, Energy and Systems (ACES).
- Garces, A. (2016). A Linear Three-Phase Load Flow for Power Distribution Systems. *IEEE Transactions on Power Systems*, 31(1), 827-828. doi: 10.1109/TPWRS.2015.2394296
- Hongbo, Q., Yanqi, W., & Ran, Y. (2019). The Influence of Unbalance Load on the Electromagnetic and Temperature Field of High-Speed Permanent Magnet Generator. *IEEE Transactions on Magnetics*, 55(6), 1-4. doi: 10.1109/TMAG.2018.2886434
- Rusinaru, D., Manescu, L. G., Ciontu, M., & Alba, M. (2016, 6-8 Oct. 2016). *Three-phase load flow analysis of the unbalanced distribution networks*. Paper presented at the 2016 International Conference on Applied and Theoretical Electricity (ICATE).
- Sukmadi, Tejo, & Winardi, Bambang. (2010). PERHITUNGAN DAN ANALISIS KESEIMBANGAN BEBAN PADA SISTEM DISTRIBUSI 20 KV TERHADAP RUGI-RUGI DAYA (STUDI KASUS PADA PT. PLN UPJ SLAWI). *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 11(1), 6. doi: 10.12777/transmisi.11.1.47-52
- Wang, M., Yang, X., Zheng, T. Q., Ni, M., & Li, S. (2020, 23-26 June 2020). *Voltage Drop and Power Loss Suppression of DCAT System with Dynamic Characteristics*. Paper presented at the 2020 IEEE Transportation Electrification Conference & Expo (ITEC).
- Ymeri, A., Dervishi, L., & Qorolli, A. (2014, 13-16 May 2014). *Impacts of Distributed Generation in Energy Losses and voltage drop in 10 kV line in the Distribution System*. Paper presented at the 2014 IEEE International Energy Conference (ENERGYCON).