

# STUDI FLICKER PADA START MOTOR ASINKRON

Oleh:  
Janter Napitupulu <sup>1)</sup>,  
Lancer Siahaan <sup>2)</sup>  
Universitas Darma Agung, Medan <sup>1,2)</sup>

*E-mail:*  
[jantermh@gmail.com](mailto:jantermh@gmail.com) <sup>1)</sup>  
[lp.siahaan28@gmail.com](mailto:lp.siahaan28@gmail.com) <sup>2)</sup>

## ABSTRACT

*Flicker or repetitive voltage fluctuation is a short-term voltage in a short time that arises as a result of changes in the power system load that occurs suddenly with certain load characteristics. Flickers caused by electrical loads such as electric motors, electric smelting, and electric welding in their operations will affect other electrical equipment that is connected at the same point as the load that causes the flicker. There are 3 points, namely points A, B, and C as observation points whether the installation of 55 KW asynchronous motor at these points meets the limits of voltage fluctuations that occur at start. From the calculation results obtained, the installation of 55 KW motor on the network only meets at point A with a permissible flicker limit of 4%. Means, the closer the position of the electrical equipment at the transformer service point, the smaller the occurrence of flicker interference caused by the electrical equipment.*

**Keywords:** flicker, Voltage, Power, Resistance, Reactance

## ABSTRAK

Flicker atau fluktuasi tegangan berulang adalah merupakan tegangan sesaat dalam waktu yang singkat yang timbul sebagai akibat dari perubahan beban sistem tenaga listrik yang terjadi secara mendadak dengan karakteristik beban tertentu. Flicker yang ditimbulkan oleh beban listrik seperti motor-motor listrik pada operasionalnya akan memberikan pengaruh pada peralatan listrik lainnya yang terhubung pada titik yang sama dengan beban yang menimbulkan flicker tersebut. Terdapat 3 titik yaitu titik A, B, dan C sebagai titik observasi apakah pemasangan motor asinkron 55 KW pada titik-titik tersebut memenuhi batas-batas fluktuasi tegangan/flicker yang terjadi pada saat start. Dari hasil perhitungan diperoleh, pemasangan motor 55 KW pada jaringan hanya memenuhi pada titik A dengan batas flicker yang diijinkan 4 %. Berarti, semakin dekat posisi peralatan listrik pada titik pelayanan trafo, semakin kecil terjadinya gangguan flicker yang ditimbulkan oleh peralatan listrik tersebut.

Kata kunci : flicker, tegangan, daya, tahanan, reaktansi

## 1. PENDAHULUAN

Flicker merupakan salah satu penyebab terganggunya kerja peralatan elektronik dan komputer tersebut. Disebabkan fluktuasi tegangan sesaat yang terjadinya secara berulang, oleh penggunaan motor-motor listrik, dapur listrik dan las listrik yang dalam operasinya menggunakan

daya yang besar. Flicker dapat mengganggu kerja perangkat-perangkat elektronik dan komputer, tetapi dapat pula menyebabkan berubahnya pencahayaan pada lampu, yang akan mengganggu hasil pekerjaan pada industri[1].

Untuk mengetahui kualitas daya, salah satu dapat ditentukan oleh fenomena flicker yang terjadi pada beban yang tingkatan flickernya dapat dilakukan dengan

simulas[2].

Pada industri penggunaan tenaga listrik semakin meningkat seiring dengan makin pesatnya penggunaan perangkat elektronik dan komputer yang sangat peka terhadap perubahan yang terjadi pada sumber tenaga listrik. Selain flicker, kualitas daya juga ditentukan oleh harmonisa. Biasanya, harmonisa tertinggi sering terjadi pada jam 9.00 pagi [3], dimana perubahan beban dan kondisi beban akan menyebabkan variasi tegangan dan fenomena lainnya yang mempengaruhi dan mengganggu kerja dari perangkat elektronika dan komputer tersebut.

Beberapa fenomena dapat terjadi pada sistem tenaga listrik seperti : variasi frekwensi, variasi tegangan, *Flicker*, harmonisa, tegangan tidak seimbang, pemadam ( service interruption ), voltage dip. Tetapi pada tulisan ini, akan dipaparkan pengaruh flicker pada start motor asinkron.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### Faktor Berpengaruh Pada Industri

Tenaga listrik yang di salurkan dari sistem pembangkit hingga ke konsumen selalu terjadi gangguan bersifat dinamik yang timbul dari sistem itu sendiri maupun dari luar sistem yang mempengaruhi mutu tenaga listrik yang di salurkan. Pada beban, sering terjadi fluktuasi tegangan yaitu rentang tegangan yang terjadi antara tegangan maksimum dan minimum. Rentang tegangan yang terjadi antara 0,9 sampai 1,1 per unit. Fluktuasi tegangan ini yang menyebabkan terjadinya *flicker*. Berdasarkan IEC, 2009 akan terjadi peningkatan temperature kerja sebesar 50% dan meningkatkan kebutuhan daya sebesar  $\pm 10$  % dari daya totalnya bila terjadi perubahan tegangan sebesar  $\pm 5$ %. Tegangan harmonisa adalah gelombang distorsi yang menyebabkan bentuk gelombang dasar menjadi bentuk gelombang tidak sinusoida murni. Batas tegangan harmonisa ini adalah sebesar 3 %. Pada kondisi operasional, berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) batas penurunan tegangan adalah 10 % dan kenaikan sebesar 5 %.

Tegangan harmonisa adalah

gelombang distorsi yang menyebabkan bentuk gelombang dasar menjadi bentuk gelombang tidak sinusoida murni. Penyebab utama adalah pemakaian peralatan elektronik dan sistem pengaturan dan komputer.

Frekuensi sistem pada suatu pelayanan tenaga listrik , tidak selalu konstan. Bila beban turun maka frekuensi akan naik, dan bila beban yang besar terjadi secara tiba-tiba, seperti pada saat beban puncak, frekuensi akan turun. Hal ini di sebabkan karena berubahnya arus beban secara tiba-tiba. Penurunan frekuensi ini terjadi beberapa saat, dan akan pulih kembali setelah sistem pengatur pada sistem pembangkit bekerja. Nilai naik turunnya frekuensi dari harga nominalnya disebut dengan variasi frekuensi yang mempengaruhi kerja peralatan listrik. Pada motor induksi, variasi frekuensi akan menimbulkan perubahan kecepatan dan kopel, bila frekuensi bertambah, maka kecepatan motor induksi juga bertambah, dan bila kopel beban dianggap konstan, maka motor akan mengalami beban lebih ( over load ) yang menimbulkan panas akibat kenaikan kecepatan.

Variasi Tegangan dapat di didefinisikan sebagai perubahan nilai tegangan pelayanan pada kerja normal pada nilai tegangan nominal yang diakibatkan oleh perubahan beban dan pengaturan tegangan sistem pembangkitan. Variasi tegangan ini merupakan keadaan yang tidak di ingini dan diijinkan pada batas tertentu untuk menjaga mutu pelayanan tenaga listrik.

Gejala harmonisa adalah merupakan bentuk gelombang yang timbul pada suatu sistem tenaga listrik, di mana frekwensinya merupakan pergandaan ( bilangan bulat ) dari frekwensi gelombang sistem tenaga listrik. Orde harmonisa ini, merupakan besar bilangan penggandaan tersebut. Akibat timbulnya gelombang harmonisa ini , maka bentuk dasar gelombang dari sistem tenaga listrik akan mengalami perubahan, baik dalam bentuk, amplitude, dan juga nilai frekwensinya. Harmonisa ini dapat terjadi sebagai akibat dari penggunaan

beban yang tidak linier dan sistem yang tidak simetris, di mana frekwensi yang dibangkitkan berbeda dengan frekwensi sistem yang ada. Harmonisa ini dapat juga terjadi akibat penyerapan arus yang mempunyai bentuk tidak sinusoidal. Umumnya, harga efektif total gelombang harmonisa dibatasi tidak lebih dari 5 % dari harga efektif gelombang dasarnya.

*Voltage dip* merupakan gangguan pada sistem tenaga berupa fluktuasi tahanan sesaat dan tidak berulang dalam waktu yang singkat. *Voltage dip* ini dapat terjadi sebagai akibat dari start motor listrik dan apabila terjadi hubung singkat pada jaringan. *Voltage dip* ini akan timbul dan berakhir sampai peralatan pengaman mengisolir bagian yang mengalami gangguan tersebut.

*Flicker* adalah fluktuasi tegangan berulang yang merupakan tegangan sesaat dalam waktu yang singkat, dan merupakan salah satu factor yang mempengaruhi mutu listrik pada sisi konsumen. *Flicker* ini paling nyata menimbulkan perubahan pencahayaan pada lampu penerangan listrik. Nilainya 0,5 % dari flicker yang mempengaruhi lampu dengan frekuensi 6-8 Hz[4]. Umumnya, flicker ini timbul sebagai akibat dari perubahan beban pada sistem tenaga listrik yang terjadi secara mendadak dengan karakteristik beban tertentu seperti, motor-motor listrik, dapur listrik dan las listrik, dll.

### **Terjadinya Flicker Pada Jaringan Distribusi**

Gangguan flicker disebabkan perubahan arus beban yang ditimbulkan oleh beberapa peralatan listrik yang mempunyai titik pemakaian bersama[5]. Adanya perubahan arus beban pada suatu beban konsumen menyebabkan terjadinya fluktuasi tegangan berupa flicker, yang akan mempengaruhi konsumen lainnya yang terhubung pada titik pemakaian bersama, akan mengalami gangguan flicker pada suatu tingkat tertentu.

Jenis-jenis peralatan beban yang dapat menimbulkan flicker pada jaringan distribusi, diantaranya adalah motor-motor

listrik, dapur listrik, dan las listrik.

Penggunaan motor-motor listrik dengan kapasitas daya yang besar, sering menimbulkan gangguan pada beban lain yang mempunyai titik pemakaian bersama dengan motor-motor listrik tersebut. Gangguan ini timbul sebagai akibat dari start motor secara langsung pada jaringan, penarikan arus yang besar pada saat start akan menimbulkan gangguan berupa flicker.

Motor induksi adalah jenis motor listrik yang paling banyak digunakan sebagai motor penggerak pada suatu industri disebabkan efisiensi yang tinggi, konstruksi yang kuat dan keandalan yang tinggi, disamping motor induksi memiliki metode start yang harus diperhitungkan pengaruhnya dapat menimbulkan flicker pada sistem tenaga listrik.

### **Sistem Peredam Flicker**

Peralatan yang mempunyai karakteristik kerja yang dapat menimbulkan flicker, pada saat-saat tertentu membutuhkan arus yang besar dalam operasi kerjanya, sehingga timbul drop tegangan sesaat yang menyebabkan terjadinya fluktuasi tegangan berupa flicker. Flicker yang terjadi, disamping mengganggu peralatan listrik juga mengganggu penglihatan mata manusia. Bertitik tolak dari hal ini, didapat bahwa tingkat terjadinya flicker dapat diperkecil dengan memperkecil besar impedansi sistem dan memperkecil drop tegangan yang terjadi.

Kapasitor merupakan salah satu elemen kompensator statis yang umum dipergunakan dalam sistem distribusi dalam mengurangi pengaruh flicker. Kapasitor dalam sistem daya akan menimbulkan daya reaktif untuk memperbaiki faktor daya dan tegangan. Pengaruh perbaikan faktor daya akan mengurangi besar arus yang mengalir ke beban, dengan demikian rugi-rugi tembaga akan diperkecil serta meningkatkan kapasitas sistem. Penerapan kapasitor pada jaringan tenaga listrik dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu secara seri dan paralel. Baik secara seri maupun paralel dapat digunakan untuk tujuan yang sama, perbedaannya hanya terletak pada hubungan

antara daya reaktif terhadap arus dan tegangan. Dalam kapasitor seri daya reaktif sebanding dengan kwadrat tegangan.

Kompesator yang memakai thyristor juga dapat memperbaiki faktor daya dan profil tegangan[6]. Ada dua jenis kompesator dengan memakai thyristor, yakni *Fixed capasitor with Control Reaktor (FCCR)* dan *Switch capasitor and control Reaktor (SCCR)*. Kedua jenis kompesator ini dapat dipakai untuk memperbaiki faktrod daya dan profil tegangan. Pada kompesator jenis pertama ( FCCR ), kapasitor yang dipakai sebagai sumber daya reaktif sudah tertentu besarnya. Jadi pengaturan suplai daya reaktif diatur dengan mengatur reaktor yang di *switch* dengan *thyristor*. Sebagai beban reaktif, dapat diatur dengan mengatur kontrol thyristor.

### 3. METODE PELAKSANAAN

#### Batas Pengaruh Flicker Yang Diijinkan

*Flicker* memiliki batas pengaruh yang diijinkan, dan sebagai dasar dari penentuan batas-batas pengaruh *flicker* adalah pengaruh penerangan lampu pijar akibat dari *flicker* pada penglihatan mata manusia. *Flicker* pada lampu pijar yang telah mengganggu penglihatan adalah merupakan *flicker* yang tidak diizinkan ( di tolak ), sedangkan *flicker* pada lampu pijar yang tidak mengganggu penglihatan adalah flicker yang diizinkan. Di Indonesia, batas-batas yang berhubungan dengan fluktuasi tegangan berulang (*flicker*) ini, diatur menurut ketentuan pada peraturan instalasi listrik ( PLN ) No 23/PRT/1979:

- Fluktuasi tegangan yang terjadi kurang dari satu kali dalam tiap jam, diizinkan maksimum 8 %.
- Fluktuasi tegangan yang terjadi setinggi-tingginya empat kali tiap jam, diizinkan maksimum 4%.
- Fluktuasi yang terjadi terus menerus, yang melebihi empat kali tiap jam diizinkan maksimu 1,5%.

Daya listrik yang dikonsumsi oleh beban adalah daya nyata yang nilainya adalah

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot V_{L-L} \cdot I_L \cdot \cos \phi \text{ untuk}$$

3 fasa  
dan

$$P_{1\phi} = V_{L-N} \cdot I_L \cdot \cos \phi \text{ untuk 1}$$

fasa

Dimana :

$P_{3\phi}$  adalah daya 3 fasa,  $P_{1\phi}$  adalah daya 1 fasa,  $V_{L-L}$  adalah tegangan fasa-fasa,  $V_{L-N}$  adalah tegangan fasa-netral serta  $I_L$  adalah arus yang mengalir pada beban

Pada saat pembebanan, perubahan tegangan pada beban terjadi sebesar

$$\Delta V = I ( R \cdot \cos \phi + X \cdot \sin \phi )$$

$$\Delta V = V_f \cdot V_s$$

Dimana :

$\Delta V$  adalah perubahan tegangan, R adalah tahanan, X adalah reaktansi,  $\cos \phi$  adalah faktor daya, I adalah arus yang mengalir.  $V_f$  adalah batas flicker yang diijinkan,  $V_s$  adalah tegangan 1 fasa.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Data-data

Motor induksi 3 fasa

Daya motor : 55 KW

$\cos \phi$  : 0.95 lagging.

Efisiensi : 0.95

Pada saat start

$\cos \phi$  : 0.3 lagging

$$I_{start} = 5 \times I_{nominal}$$

#### Hasil Penelitian

Pada,

Resistansi dari titik trafo ke titik A (titik koneksi Motor A) : 0,00338  $\Omega$

Reaktansi dari titik trafo ke titik A (titik koneksi Motor A) : 0,01256  $\Omega$

Fluktuasi Tegangan/ Flicker yang terjadi akibat start Motor Induksi Secara Langsung dapat diperoleh sbb :

Untuk Pemasangan Motor Pada Titik A:

$$I_n = \frac{P}{1,732 \cdot V_{1-1} \cdot \cos \phi}$$

$$I_n = \frac{55.000}{1,732 \cdot 380 \cdot 0,95 \cdot 0,95} = 92,59$$

Jika ditentukan :  $I_{start} = I_{nominal} \times 5$

$$I_{st} = 5 \times 92,59 =$$

462,97 A

Maka besarnya fluktuasi tegangan adalah

$$V_f = \frac{\Delta V}{V_s} = \frac{I(R \cdot \cos \phi + X \cdot \sin \phi)}{V_s} \times 100 \%$$

$$= \frac{462,97 (0,00338 \times 0,3 + 0,01256 \times 0,954)}{\frac{380}{1,732}} = 2,73 \%$$

Pada, Resistansi dari titik trafo ke titik B (titik koneksi Motor B) : 0,00338 Ω  
Reaktansi dari titik trafo ke titik B (titik koneksi Motor B) : 0,03106 Ω  
Fluktuasi Tegangan/ Flicker yang terjadi akibat start Motor Induksi Secara Langsung dapat diperoleh sbb :

Untuk Pemasangan Motor pada Titik B :

Dengan Cara yang sama, akan diperoleh,

$$V_f = \frac{462,97 (0,00338 \times 0,3 + 0,03106 \times 0,954)}{\frac{380}{1,732}} \times 100 \%$$

$$= 9,69 \%$$

Pada, Resistansi dari titik trafo ke titik C (titik koneksi Motor C) : 0,00338 Ω  
Reaktansi dari titik trafo ke titik C (titik koneksi Motor C) : 0,04956 Ω  
Fluktuasi Tegangan/ Flicker yang terjadi akibat start Motor Induksi Secara Langsung dapat diperoleh sbb :

Untuk Pemasangan Motor pada Titik C:

Dengan cara yang sama, akan diperoleh,

$$V_f = \frac{462,97 (0,00338 \times 0,3 + 0,04956 \times 0,954)}{\frac{380}{1,732}} \times 100 \%$$

$$= 16,66 \%$$

### Batas Pemasangan Motor Induksi Start Langsung

Batas Pemasangan Motor Induksi Start Langsung Berdasarkan Batas Flicker Yang Diijinkan adalah

Pada batas flicker yang diijinkan 4 % dan

1,5 % perhitungan dapat dilakukan sbb:

Pemasangan motor listrik pada titik A:

Untuk batas flicker yang diijinkan,  $V_f = 4 \%$ ,

$$V_f = \frac{\Delta V}{V_s}$$

$$\Delta V = V_f \cdot V_s$$

$$= 0,04 \times \frac{380}{1,732} = 8,776 \text{ volt}$$

dan

$$\Delta V = I_{st} (R \cdot \cos \phi + X \cdot \sin \phi)$$

$$8,776 = I_{st} (0,012996), \text{ Jika } I_{st} = 5 \times$$

$I_n$ , diperoleh

$$I_n = 135,06 \text{ A}$$

maka, batas daya motor yang diijinkan adalah

$$P = 1,732 \cdot 380 \cdot 135,06 \cdot 0,95 \cdot 0,95 = 80,22 \text{ KW}$$

Untuk batas flicker yang diijinkan,  $V_f = 1,5 \%$ .

$$\Delta V = 0,015 \times \frac{380}{1,732} = 3,291 \text{ volt}$$

dan

$$3,291 = I_{st} (0,012996)$$

$$I_{st} = 253,23 \text{ ampere}$$

Jika  $I_{st} = 5 \times I_n$ , diperoleh,

$$I_n = 50,66 \text{ ampere}$$

maka, batas daya motor yang diijinkan adalah

$$P = 1,732 \cdot 380 \cdot 50,66 \cdot 0,95 \cdot 0,95 = 30,09 \text{ KW.}$$

Pemasangan motor listrik pada titik B:

Untuk batas Flicker yang diijinkan,  $V_f = 4 \%$

$$8,776 = I_{st} (0,04609)$$

$$I_{st} = 190,39 \text{ ampere}$$

Jika  $I_{st} = 5 \times I_n$ , diperoleh :

$$I_n = 38,08 \text{ ampere}$$

Maka, batas daya motor listrik yang diijinkan adalah

$$P = 1,732 \cdot 38,08 \cdot 50,66 \cdot 0,95 \cdot 0,95 \\ = 22,62 \text{ KW.}$$

Untuk batas flicker yang diijinkan,  $V_f = 1,5$  %.

$$3,291 = I_{st} (0,046095)$$

$$I_{st} = 71,40 \text{ ampere}$$

Jika  $I_{st} = 5 \times I_n$ , diperoleh :

$$I_n = 14,28 \text{ ampere}$$

Maka, batas daya motor listrik yang diijinkan adalah

$$P = 1,732 \cdot 380 \cdot 14,28 \cdot 0,95 \cdot 0,95 \\ = 8,48 \text{ KW.}$$

Pemasangan motor listrik pada titik C  
Untuk batas Flicker yang diijinkan,  $V_f = 4$  %

$$8,776 = I_{st} (0,0792)$$

$$I_{st} = 110,81 \text{ ampere}$$

Jika  $I_{st} = 5 \times I_n$ , diperoleh

$$I_n = 22,2 \text{ ampere}$$

Maka, batas daya motor listrik adalah

$$P = 1,732 \cdot 38,08 \cdot 22,2 \cdot 0,95 \cdot 0,95 = \\ 13,19 \text{ KW.}$$

Untuk batas flicker yang diijinkan,  $V_f = 1,5$  %.

$$3,291 = I_{st} (0,0792)$$

$$I_{st} = 41,55 \text{ ampere}$$

$$I_n = 8,31 \text{ ampere}$$

Maka besar daya motor adalah

$$P = 1,732 \cdot 380 \cdot 8,31 \cdot 0,95 \cdot 0,95 \\ = 4,94 \text{ KW.}$$

### Pembahasan

Dari hasil perhitungan pada pemasangan motor listrik start langsung dapat ditunjukkan bahwa :

Pemasangan motor listrik pada titik A, batas flicker yang diijinkan,  $V_f = 4$  %,  $P = 80,22$  KW

batas flicker yang diijinkan,  $V_f = 1,5$  %,  $P = 30,09$  KW

Pemasangan motor listrik pada titik B, batas Flicker yang diijinkan,  $V_f = 4$  %,  $P = 22,62$  KW

batas

flicker yang diijinkan,  $V_f = 1,5$  %,  $P = 8,48$  KW

Pemasangan motor listrik pada titik C, batas Flicker yang diijinkan,  $V_f = 4$  %,  $P = 4,94$  KW

Pada kasus pemasangan motor listrik  $P = 55$  KW, fluktuasi tegangan/flicker yang terjadi adalah pada titik A sebesar 2,75 % , pada titik B sebesar 9,69 % , pada titik C sebesar 16,66 % hanya memenuhi apabila dipasang pada titik A dengan batas flicker yang diijinkan 4 %.

### 5. SIMPULAN

Dari bahasan yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Terdapat batas flicker yang diijinkan yang berbeda pada setiap titik disebabkan oleh jarak trafo ke titik pemasangan motor listrik berbeda. Semakin besar impedansi yang terjadi antara trafo dan titik pemasangan motor listrik maka akan semakin kecil kapasitas motor listrik yang dapat dikoneksikan ke jaringan listrik agar tidak menimbulkan flicker.
2. Pemasangan motor listrik pada kapasitas  $P = 55$  KW hanya memenuhi bila di koneksi pada titik A dengan batas flicker yang diijinkan sebesar 4 %.
3. Jarak antara titik pelayanan trafo dan titik pemasangan peralatan listrik yang menimbulkan flicker adalah berhubungan dengan impedansi. Maka, untuk meminimasi terjadinya flicker adalah dengan membatasi penyambungan pada jaringan pelayanan.

### 6. DAFTAR PUSTAKA

- M. H. Albadi, A. S. Al Hinai, A. H. Al-Badi, M. S. Al Riyami, S. M. Al Hinai, and R. S. Al Abri Measurements and Evaluation of Flicker in High Voltage Networks, International Conference on Renewable Energies and Power

Quality (ICREPQ'14) Cordoba (Spain), 8th to 10th April, 2014

Xavier X. Yang, and Maurice Kratz, Power System Flicker Analysis by RMS Voltage Values and Numeric Flicker Meter Emulation, IEEE Transactions On Power Delivery, Vol. 24, No. 3, July 2009.

N. Janter, Studi Harmonisa pada Gardu Induk, Jurnal Teknologi Energi Uda, p-ISSN 2549-1814, 8(01), 1-8, 2019

Roger C.D., Mark F.M., Electrical Power System Quality, Mc.Graw Hill, 2004

Pabla,A.S., Elektircal Power Distribution System", Tata McGraw-Hill

Publishing Company Limited, New Delhi 1983.

Sugandhi, R.K. " Thyristor Theory and Applications ", John WILEY & Sons, 1984.

IEEE Recommended Practice for Elektrical power Distribution for Industrial Plants, December 12, 1975

Jones,K.M. " The Supression of Voltage Fluctuations Arising from Arc Furnaces and Other Distrurbing Loads ", CEPSI 1980.

Turan Gonem, " Ellectrical Power Distribution System Engineering ", McGraw-Hill, 1986.