



FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



ISBN 978-979-96964-7-2

SEMINAR NASIONAL TEKNOIN 2010

Pengembangan Teknologi Industri Berbasis
"Green Technology"

TEKNIK ELEKTRO

Yogyakarta, 11 Desember 2010

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Organisasi Penyelenggara	iii
Kata Pengantar	iv
Sambutan Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia	v
Daftar Isi	vi

Bidang Teknik Elektro

TELEMETRI SUHU SECARA REALTIME BERBASIS ASK-FM DENGAN PEMROGRAMAN VISUAL BASIC <i>REALTIME TEMPERATUR TELEMETRY BASE ON ASK-FM USING A VISUAL BASIC PROGRAM</i>	D-1
Muhammad Andang Novianta	
PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA YAGI EMPAT ELEMEN UNTUK FREKUENSI KERJA 142 MHZ	D-7
Farid Thalib, Marganda P. A. Panggabean	
MINIMALISASI ARUS INRUSH PADA TRANSFORMATOR DAYA 20 KV	D-13
Titiek Suheta	
PEMROGRAMAN MIKROKONTROLER AT89S52 MENGGUNAKAN BASCOM- 8051 UNTUK APLIKASI JAM DIGITAL 3 FUNGSI	D-19
Erma Triawati Ch, Any K Yapie	
PEMODELAN BIDANG TEMPERATUR UNTUK EFISIENSI PENYEBARAN SENSOR PADA SISTEM MONITORING KEBAKARAN HUTAN TROPIS	D-25
Prima Kristalina, Rony Susetyoko, Wirawan, Gamantyo Hendranto	
STUDI POTENSI KONVERSI ENERGI CAHAYA LAMPU HEMAT ENERGI 18 WATT MENJADI ENERGI LISTRIK DENGAN METODE SOLAR ENERGY HARVESTING	D-31
Rasional Sitepu, Lucas de Jesus Silva, Febriyanti Amol, Antonius Anggoro, Rosida C.	

MINIMALISASI ARUS INRUSH PADA TRANSFORMATOR DAYA 20 KV

Titiek Suheta

Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
e-Mail : sondysuheta@yahoo.com

Abstrak

Arus inrush disebabkan oleh magnetisasi yang timbul pada saat trafo dienergize atau dihubungkan langsung dengan sumber AC. Besarnya arus inrush dapat mencapai 6 - 12 kali arus nominal beban penuh saat energize. Arus inrush dapat menimbulkan Voltage dips pada system supply, arus phasa yang tidakimbang, Harmonisa dan osilasi torsi pada motor akibat pengaruh komponen DC yang timbul dari arus inrush. Arus inrush dapat diminimalisasi dengan cara : pemasangan resistor yang terkontrol, switch yang terkontrol, inrush termistor dan soft starter, dan mengurangi remanen dengan memasang sebuah kapasitor paralel dengan trafo.

Kata kunci : Arus inrush current, Virtual air gap, resistor, switch, inrush termistor, soft starter.

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Timbulnya arus inrush pada saat energisasi transformator adalah salah satu fenomena yang terjadi pada sistem tenaga listrik. Arus inrush adalah arus yang mempunyai nilai cukup tinggi dan bersifat tiba-tiba yang timbul pada saat transformator dioperasikan. Arus tersebut mempunyai nilai beberapa kali dari arus beban penuh normal. Jika tidak ada usaha untuk mengurangi arus tersebut, maka dalam jangka pendek akan menyebabkan seringnya sistem proteksi dari transformator mengalami kesalahan kerja dan penurunan kualitas daya dari sistem tenaga listrik. Sedangkan untuk jangka panjang akan memperpendek umur kerja transformator karena arus inrush mempengaruhi isolasi dari belitan trafo. Oleh karena itu metode untuk mengurangi nilai arus inrush sangat dibutuhkan.

Adapun beberapa metode untuk mengurangi nilai arus inrush tersebut adalah dengan resistor yang dikontrol, switch terkontrol, inrush termistor, mengurangi remanent dan soft start.

1.2 Perumusan masalah

- Bagaimana dampak inrush current pada transformator daya 20 kV
- Bagaimana cara meminimalisasi inrush current tersebut

1.3. Tujuan

Untuk mengetahui dampak inrush current terhadap trafo distribusi

- cara mengurangi arus inrush pada transformator daya 20 KV

TINJAUAN PUSTAKA

Arus inrush dengan nilai puncak beberapa kali arus normal timbul pada saat energisasi transformator. Arus ini dapat menyebabkan berbagai gangguan pada sistem tenaga listrik. Oleh karena itu, untuk menjaga kualitas sistem tenaga listrik, metode untuk meminimalisasi arus ini sangat diperlukan. Salah satu cara untuk mengurangi arus inrush adalah dengan menggunakan metode Sequential Phase Energization. Dalam metode ini, faktor-faktor seperti delay waktu switching antara tiap fasa transformator dan nilai tahanan netral diperhitungkan agar didapatkan hasil yang optimal. Metode yang digunakan adalah melakukan simulasi dengan perangkat lunak Alternative Transient Program-Electromagnetic Transient Program (ATP-EMTP) untuk mendapatkan performa dari metode ini. Sebagai model simulasi, digunakan transformator daya Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) Krian 500 kV. Dari hasil simulasi didapatkan bahwa arus inrush pada transformator daya mengalami pengurangan yang signifikan, yaitu berturut-turut pada fasa 1, 2 dan 3, 81,48%, 72,22%, dan 81,93%. (Wilfanur, Gilang, 2010)

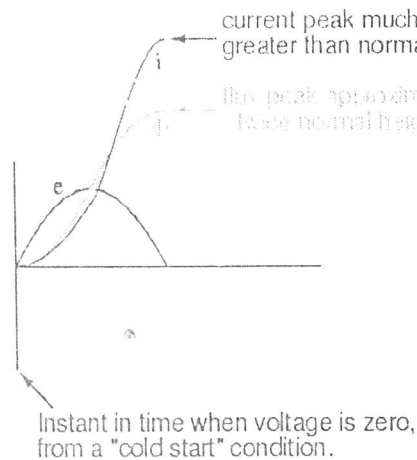
Arus Inrush Pada Trafo

Ketika suatu transformator di hubungkan dengan suatu sumber tegangan AC untuk yang pertama kalinya, akan ada suatu surge arus tambahan melewati kumparan

Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2010
Bidang Teknik Elektro

primer yang disebut arus inrush (inrush current). Ini analog dengan arus inrush yang di timbulkan oleh suatu motor listrik yang dinyalakan oleh hubungan secara tiba-tiba (tanpa melalui tingkatan tegangan) ke suatu sumber, meskipun arus inrush disebabkan oleh suatu fenomena yang berbeda.

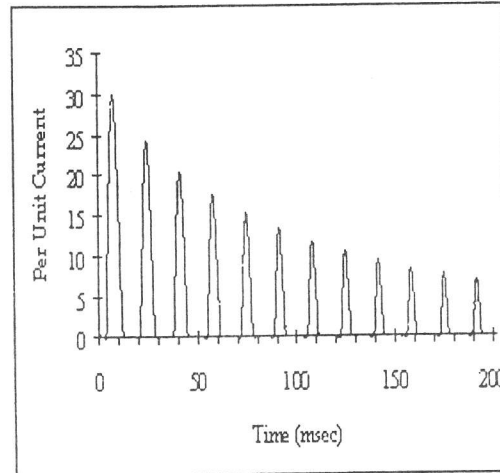
Oleh karena itu, kebanyakan trafo dirancang dengan suatu batas yang cukup antara puncak normal fluks dan batas saturasi untuk mencegah saturasi pada suatu kondisi seperti ini, dan juga inti akan hampir saturasi secara tertentu selama setengah cycle pertama tegangan ini. Selama saturasi, sejumlah ketidakseimbangan mmf diperlukan untuk membangkitkan fluks. Ini berarti bahwa arus kumparan, yang menghasilkan mmf menyebabkan fluks pada inti, akan naik secara tak sebanding menuju suatu nilai yang melampaui dua kali puncak normalnya.



Gambar 1 Arus inrush

Pengaruh arus inrush terhadap fuse

Ketika suatu trafo daya diberi energi (energized), disini terjadi suatu inrush atau arus magnetisasi jangka pendek yang mana pengaman sisi primer trafo harus mampu menahan tanpa bekerja (trip). Suatu perkiraan kolot tentang efek panas terintegrasi pada fuse primer sebagai suatu hasil arus inrush ini secara kasar sama dengan suatu arus yang mempunyai magnitudo 12 kali arus primer beban penuh trafo untuk suatu durasi 0,1 detik dan 25 kali untuk 0,01 detik. Suatu contoh arus inrush magnetisasi untuk trafo distribusi overhead kecil ditunjukkan pada gambar 1 , dan ini adalah inrush tertinggi yang didapat dari test yang dilakukan pada trafo tersebut. Inrush yang terjadi pada beberapa energisasi akan bergantung pada magnetisasi sisa inti trafo sebesar tegangan sesaat ketika trafo di energized. Apabila dua parameter ini tidak dapat diketahui dan tidak terkendali, fuse harus diatur, diukur terhadap kemampuan inrush maksimum yang dapat terjadi dibawah kondisi energisasi terburuk.



Gambar 2 Contoh grafik arus inrush

METODOLOGI PENELITIAN

Adapun urutan metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

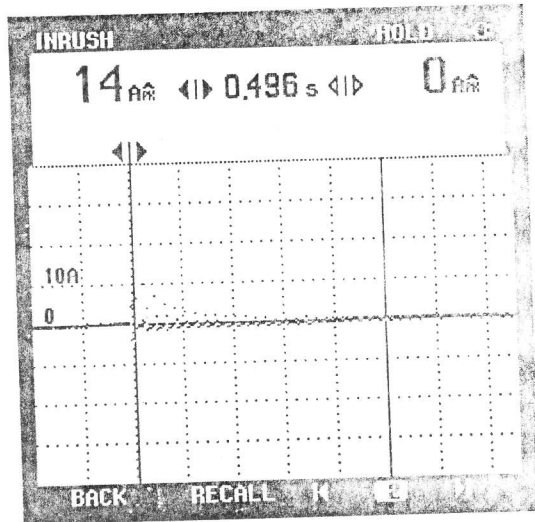
- Studi Literatur
- Studi literatur yang dilakukan meliputi pembelajaran dan pemahaman teori arus inrush, transformator, dan metode cara pengurangan arus inrush melalui buku-buku, jurnal, proceeding dan artikel-artikel di internet.
- Pengumpulan Data
- Data diambil dari survey lapangan di laboratorium Teknik Tegangan Tinggi – Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Analisis Data
- Data yang terkumpul akan dilakukan analisa dengan menggunakan Alat fluke 43b Power Quality Analyzer dengan cara menghubungkan suatu current probe dengan fluke 43b. Probe ini berbentuk Clamp yang di clamped pada kabel fasa yang akan diukur arus inrushnya. Current probe ini didesain untuk pengukuran sampai 600 Volt dengan range arus 1-500 A bahkan sampai 700 A.
- Kesimpulan
- Dari hasil analisis data dapat ditarik suatu kesimpulan tentang metode mana yang paling baik untuk meminimalisasi arus inrush pada transformator.

PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran

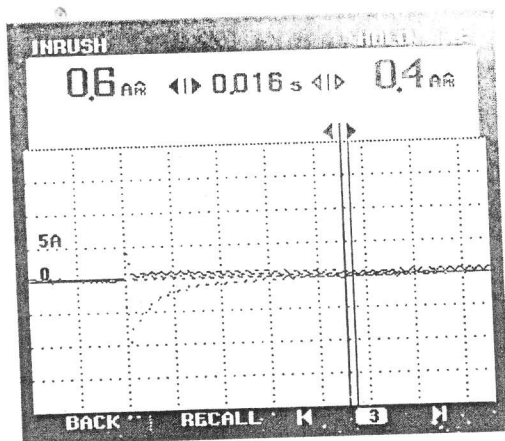
Dari pengukuran dengan menggunakan alat fluke 43b Power Quality Analyzer, maka ketiga grafik dapat diketahui nilai maksimum arusnya :

Phase R



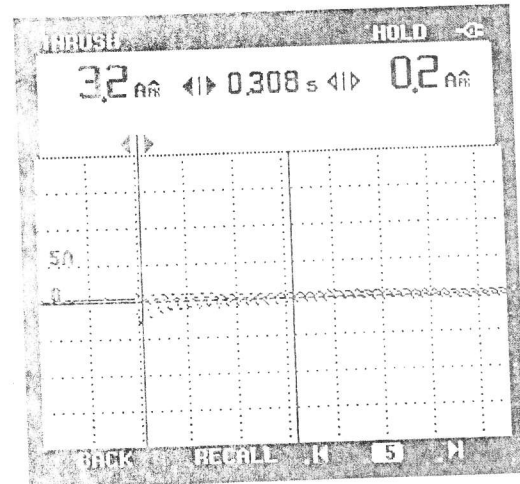
Osilasi maksimum arus inrush fase R terjadi pada saat $t = 4$ ms, dengan nilai puncak atas 14 A dan puncak bawahnya 0,4 A. Osilasi mulai stabil pada $t = 268$ ms dengan puncak atas 0,8 A dan puncak bawah 0,4 A. Jadi inrush berlangsung selama 264 ms dari mulai munculnya nilai puncak maksimum sampai nilai puncak steady statenya.

Phase S



Osilasi maksimum arus inrush fase S terjadi pada saat $t = 8$ ms, dengan nilai puncak bawah $-9,6$ A dan puncak atas 0,2 A. osilasi mulai stabil pada $t = 288$ ms dengan puncak atas 0,4 A dan puncak bawah $-0,6$ A. Jadi inrush berlangsung selama 280 ms.

Phase T



Osilasi maksimum arus inrush fase T terjadi pada saat $t = 0$, dengan nilai puncak atas 4,4 A dan puncak bawahnya $-0,2$ A. Pada $t = 116$ ms osilasi mulai stabil dengan puncak atas 0,6 A dan puncak bawah 0,2 A. Kemudian mulai dari $t = 448$ ms osilasi berubah lebih kecil dengan puncak $-0,2$ A dan 0,4 A.

Nilai arus nominal Trafo

yang diuji :

sisi tegangan rendah :

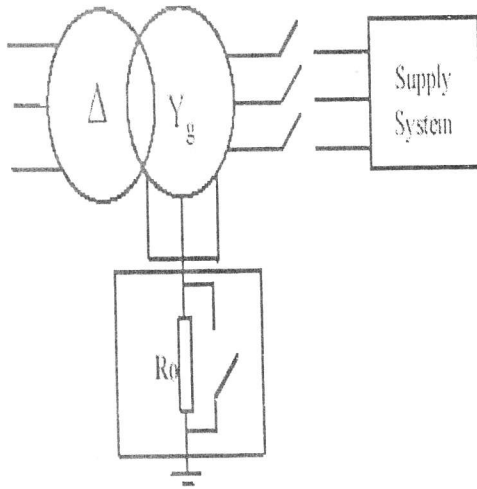
$$I_n = \frac{25.000}{\sqrt{3} \times 400} = 36 \text{ A}$$

sisi tegangan tinggi :

$$I_n = \frac{25.000}{\sqrt{3} \times 20.000} = 0,72 \text{ A}$$

Teknik meminimalisasi Arus Inrush

- Resistor yang dikontrol
Suatu resistor diseri dengan rangkaian primer, kemudian resistor tersebut dipindahkan dari rangkain setelah arus mencapai keadaan steady seperti ditunjukkan gambar 3. Resistor tersebut dapat dikontrol dengan suhu (thermistor), waktu, switching dua tingkat, dan yang lainnya. Dengan menambah impedansi pada sisi primer selama energisasi transformator akan membuat komponen pasif mendisipasi energi sehingga mengurangi arus pada sisi primer. Kelemahan dari komponen seri ini adalah mengurangi reliabilitas secara keseluruhan.

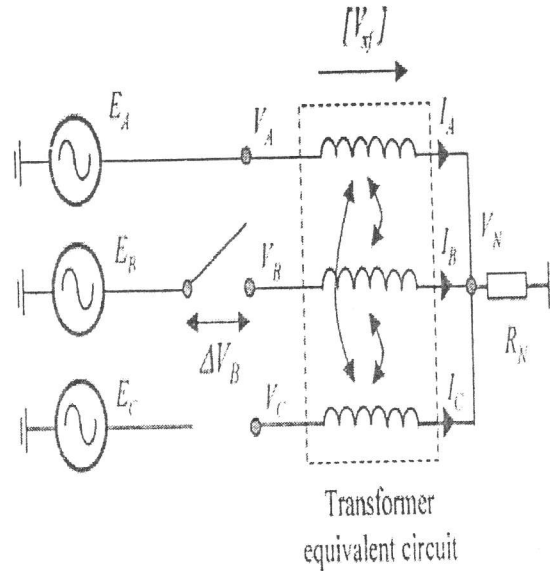


Gambar 3 Rangkaian pre-insertion resistor

- Switch Terkontrol
Sudut penyalan transformator dikontrol dengan menambahkan alat elektronik untuk switching. Urutan switching fasa dimulai dari fasa A, fasa B kemudian fasa C, seperti pada gambar 4. Urutan switching ini dapat mengurangi tegangan kontak breaker 20% sampai 30% dan mengurangi arus inrush sampai 80%, sedangkan perbedaan waktu switching antara 5 - 60 cycle.
- Inrush Termistor
Inrush Termistor yang dapat dideskripsikan sebagai current-sensitive resistor dipasang secara seri dengan rangkaian primer. Standar kondisi tenangnya yang dingin memberikan tahanan yang tinggi sebagai alat untuk mereduksi inrush. Saat arus mulai mengalir, nilai tahanannya jatuh menuju suatu nilai yang rendah yang mempunyai suatu pengaruh minimal pada rangkaian yang stabil. Apabila sudah mulai panas, maka pada suatu waktu tertentu akan kembali normal. Jika konsep ini bekerja dengan baik, pasti ada suatu asumsi yang satu bahwa semua rangkaian dienergize hanya pada suatu kondisi dingin. Tentu saja, rangkaian juga dapat dienergize pada suatu kondisi panas, pada kasus dimana thermistor tidak dapat kembali pada kesetimbangan keadaan impedansi rendahnya, dan mungkin tidak bekerja dalam suatu metode fungsional untuk mengendalikan inrush. Suatu pengulangan power line drop yang cepat dapat dihasilkan pada pembukaan breaker.
- Mengurangi Remanent
Teknik ini adalah dengan menyambungkan secara paralel sebuah kapasitor dengan transformator. Teknik ini memiliki keuntungan dari

disconnecting transient untuk mengurangi remanence.

- Soft Start
Teknik ini adalah memberikan setengah dari tegangan nominal pada input primer pada saat start. Biasanya yang menggunakan teknik ini adalah sistem yang bukan digunakan untuk beban kritis, seperti alat medis dan data backup.



Gambar 4 Rangkaian switch kontrol

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan di atas dapat ditarik beberapa kesimpulan, antara lain :

- Bahwa arus inrush terjadi paling lama pada phase T sebesar 448 ms, phase S = 280 ms dan phase R = 264 ms.
- Osilasi maksimum arus inrush paling tinggi terjadi pada phase S dengan $t = 8$ ms, phase R dengan $t = 4$ ms. Sedangkan pada phase T osilasi maksimum arus inrush pada $t = 0$ ms.
- Selain untuk perbaikan $\cos \varphi$ kapasitor juga dapat digunakan untuk meminimalisasi arus inrush, yaitu dengan cara memasang paralel kapasitor dengan transformator.
- Dari beberapa teknik untuk meminimalisasi arus inrush, pemakaian kapasitor merupakan teknik yang paling sering digunakan. Karena kalau arus inrush sampai memotong fuse, maka trafo akan rusak.
- Besarnya arus inrush yang terjadi tergantung dari merk dan bahan trafo, apabila merk dan bahan trafo bagus, maka arus inrush yang terjadi akan bernilai kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gladstone, Brian., **Magnetic Solution : Solving Inrush at the Source**, April 2004, <http://www.powerelectronic.com>
- [2] Harianto, 2005, "**Studi Dan Analisa Serta Cara Penanggulangan Gereja Harmonisa Pada Sistem distribusi Tenaga listrik PT. Hanil Jaya Metal Works Sidoarjo**", Universitas Kristen Petra Surabaya
- [3] <http://www.sandc.com>
- [4] <http://www.AllAboutCircuits.com>
- [5] <http://www.google.com/jurnal> elektro sistem tenaga
- [6] Jonoadji Irawan, 1999, "**Analisa Arus Inrush Pada Instalasi kapasitor Bank 480 kVAR, 400 V, 3 Phase**", Universitas Kristen Petra Surabaya
- [7] Konstanzer, Buro M., **Can Inrush Current be Avoided**, <http://www.emeko.de>
- [8] Narindra Yulfian, 1999, "**Analisis Arus Inrush Pada Trafo Daya 50 MVA 150/20 kV di Gas Insulated switchgear (GIS) Tandem**", Universitas Kristen Petra Surabaya.
- [9] **Studi Pengurangan Arus Irush Akibat Energizing Pada Transformator Daya GI Krian 500 KV Menggunakan Metode Sequential Phase Energization (SPE)**, Wilfanur, Gilang-2010
- [10] Yahya Chusna Arif, Hendik Eko HS, Indhana Sudiarto, "**Teknik Pengurangan Arus Inrush Pada Switching Power Kapasitor Menggunakan Static Var Compensator Untuk beban dinamik**", Teknik Elektro Industri, Politeknik Elektronika Surabaya-ITS
- [11] Uzair, 2003, "**Fenomena Setting Arus Inrush Menggunakan Komponen SCR Atau TRIAC Transformator Pada Relay Differensial**" Universitas Kristen Petra Surabaya.
- [12] Zuhail, 1995, "**Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya**", PT. Gramedia : Jakarta