

Rancang Bangun Sistem Digital Kalibrator KW Meter dan KVAR Meter Analog 3 Fasa

Indra Wahyudi¹, V. Vekky R. Repi¹

¹Program Studi Teknik Fisika, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Nasional, Jl. Sawo
Manila, Pejaten, Pasar Minggu, Jakarta Selatan – Jakarta 12520

Korespondensi: vekky_repi@yahoo.com

ABSTRAK. Perancangan sistem digital kalibrator KW meter dan KVAR meter analog 3 fasa ini dibuat dengan menggunakan mikrokontroler dan instrumen PTC-8300H serta Visual Basic 6 sebagai program antarmuka serial pada komputer. Hasil pengujian menunjukkan bahwa hasil verifikasi dari kalibrasi produk memiliki penyimpangan rata-rata sebesar 0,0017 % untuk pengkalibrasian KW meter analog 3 fasa dan 0,0018 % untuk pengkalibrasian KVAR meter analog 3 fasa yang menunjukkan bahwa hasil kalibrasi cukup akurat dibandingkan sistem kalibrator yang telah ada sebelumnya dengan memiliki penyimpangan rata-rata sebesar 0,018 % untuk pengkalibrasian KW meter analog 3 fasa dan 0,016 % untuk pengkalibrasian KVAR meter analog 3 fasa.

Kata kunci: Kalibrator, KW meter, KV AR meter, mikrokontroler, *Visual Basic*.

PENDAHULUAN

Krisis listrik mengharuskan pengguna untuk menghemat penggunaan daya dan mengoptimalkan daya listrik yang tersedia. Tindakan tersebut mutlak dilaksanakan semua konsumen listrik, tidak terkecuali konsumen rumah tangga [1].

Dalam upaya meningkatkan efisiensi daya, maka diperlukan pengukuran daya tersebut untuk mengetahui langkah apa yang akan dilakukan atau akan digunakan untuk apa selanjutnya. Oleh karena itu, diperlukan *Watt Meter* untuk pengukuran daya aktif dan VAR (*Volt-Ampere-Reactive*) Meter untuk pengukuran daya reaktif [2].

Watt Meter dan VAR Meter merupakan salah satu parameter yang sering dijumpai pada suatu sistem kontrol maupun dalam kehidupan sehari-hari, untuk itu diperlukan suatu sistem pengkalibrasian dalam membuat sebuah Watt Meter atau VAR Meter agar dapat menunjukkan nilai yang sesuai dengan sebenarnya [3].

Sebelumnya sistem ini telah dirancang dan direalisasikan, akan tetapi hasilnya tidak fleksibel dan efisien. Hal tersebut dikarenakan sistem ini harus dirubah terlebih dahulu jika ada permintaan KW Meter atau KVAR Meter dengan input tegangan dan arus yang berbeda pada umumnya. Selain itu, sistem ini juga memiliki *cycle time* yang tinggi untuk 1 kali pengkalibrasian sehingga membuat proses produksi membutuhkan waktu yang lama untuk menghasilkan 1 produk. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan perancangan sistem digital kalibrator KW meter dan KVAR meter analog 3 Fasa dengan dilakukan *improvement* atau penyempurnaan dengan sistem yang berbeda dari sebelumnya sehingga dapat beroperasi dengan berbagai masukan tegangan dan arus sesuai yang diinginkan, serta memiliki *cycle time* yang rendah untuk 1 kali pengkalibrasian dan hanya membutuhkan waktu yang sebentar untuk menghasilkan 1 produk [4].

LANDASAN TEORI

Pengukuran daya dalam suatu sistem fasa banyak memerlukan pemakaian dua atau lebih watt meter. Kemudian daya nyata total diperoleh dengan menjumlahkan pembacaan masing-masing watt meter secara aljabar[5].

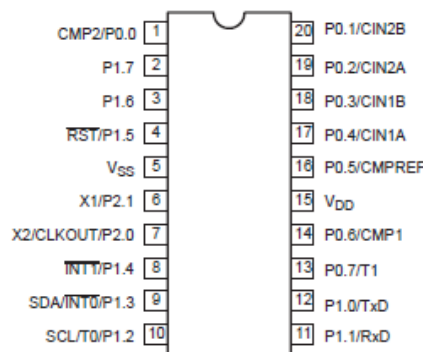
Daya reaktif yang disuplai ke sebuah rangkaian arus bolak-balik sebagai satuan yang disebut VAR (*Volt-Ampere-Reactive*), karena itu memberikan perbedaan antara daya nyata dan daya oleh komponen reaktif[6]. Merupakan dua fasor V dan I yang menyatakan tegangan dan arus pada sudut fasa θ . Daya nyata adalah perkalian komponen-komponen sefasa dari tegangan dan

arus ($VI \cos \theta$), sedang daya reaktif adalah perkalian komponen-komponen reaktif yaitu $VI \sin \theta$ atau $VI \cos (\theta - 90^\circ)$. Jika tegangan bergeser sebesar 90° dari nilai sebenarnya, komponen se-fasa yang bergeser akan menjadi $V \cos (\theta - 90^\circ)$ sehingga perkalian komponen-komponen se-fasa menjadi $VI \cos (\theta - 90^\circ)$, yang mana adalah daya reaktif.

Setiap watt meter biasa bersama-sama dengan sebuah jaringan penggeser fasa yang sesuai dapat digunakan untuk mengukur daya reaktif. Dalam sebuah rangkaian satu fasa, pergeseran fasa 90° dapat dihasilkan oleh komponen R, L dan C yang berimbang. Namun pemakaian umum dari pengukuran VAR ditemukan dalam sistem tiga fasa dimana pergeseran fasa yang diinginkan dilakukan dengan menggunakan dua autotransformator yang dihubungkan dalam konfigurasi delta terbuka. Seperti biasanya kumparan-kumparan arus dari watt meter dihubungkan seri dengan jala-jala. Kumparan-kumparan potensial dihubungkan ke kedua autotransformator[7].

Mikrokontroler PHILIPS P87LPC762 merupakan *chip* tunggal mikrokontroler 20-pin yang dirancang untuk jumlah aplikasi rendah yang menuntut integrasi tinggi dan solusi biaya rendah untuk berbagai persyaratan kinerja. Mikrokontroler ini masih merupakan keluarga dari 8051 atau yang biasa disebut MCS-51[8].

Diagram dan deskripsi pin dari mikrokontroler PHILIPS P87LPC762 ditunjukkan pada gambar berikut.



GAMBAR 1. Konfigurasi pin mikrokontroler PHILIPS P87LPC762

Pada pemrograman Visual, pengembangan aplikasi dimulai dengan pembentukan user interface, kemudian mengatur properti dari objek-objek yang digunakan dalam user interface, dan baru dilakukan penulisan kode program untuk menangani kejadian-kejadian (event). Tahap pengembangan aplikasi demikian dikenal dengan istilah pengembangan aplikasi dengan pendekatan Bottom Up.

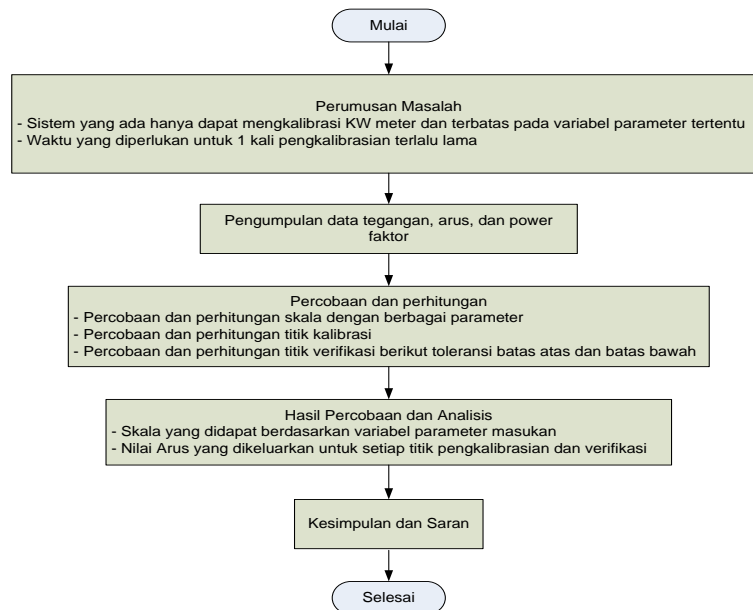
Lingkungan pengembangan terpadu atau Integrated Development Environment (IDE) merupakan sebuah lingkungan di mana semua tombol perintah yang diperlukan untuk mendesain aplikasi, menjalankan dan menguji sebuah aplikasi disajikan dengan baik untuk memudahkan pengembangan program. IDE dalam program Visual Basic terbagi menjadi enam bagian utama, yaitu Main Window, Toolbar, Toolbox, Form Designer, Code Editor, dan Object Properties seperti terlihat pada gambar berikut [9].

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan bermaksud untuk merancang dan menganalisa alat dan sistem digital pengkalibrasi KW meter dan KVAR meter analog 3 fasa. Dalam melakukan penelitian tersebut terdapat langkah-langkah atau tahapan, dimulai dari latar belakang permasalahan, mencari data, mengolah data dan melakukan perhitungan sehingga dapat memperoleh hasil dan melakukan analisa terhadap hasil yang didapat.

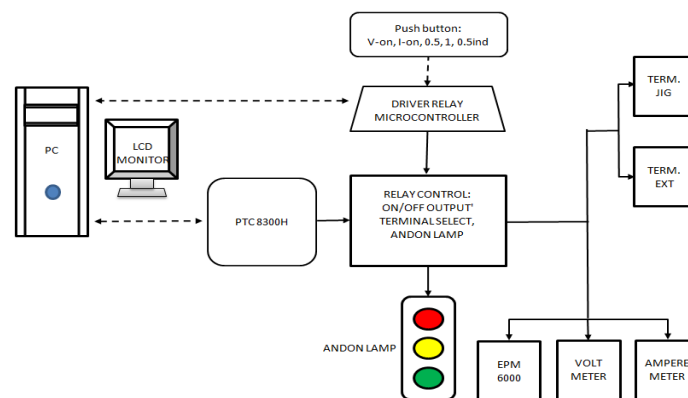
Pada perancangan alat ini digunakan instrumen PTC-8300 sebagai injektor atau pemberi tegangan, arus, dan sudut fasa. Sedangkan mikrokontroler hanya sebagai penggerak relay yang berfungsi sebagai saklar sehingga menentukan tegangan, arus dan sudut fasa dapat dikeluarkan atau tidak. Mikrokontroler mendapat masukan/pemicu dari hardware berupa tombol-tombol atau

dari komunikasi serial melalui Visual Basic sehingga kemudian dapat diakses kembali dan ditampilkan melalui program antarmuka visual basic pada komputer. Adapun diagram alir penelitian ini ditunjukkan seperti pada gambar 2 di bawah ini.



GAMBAR 2. Diagram alir penelitian.

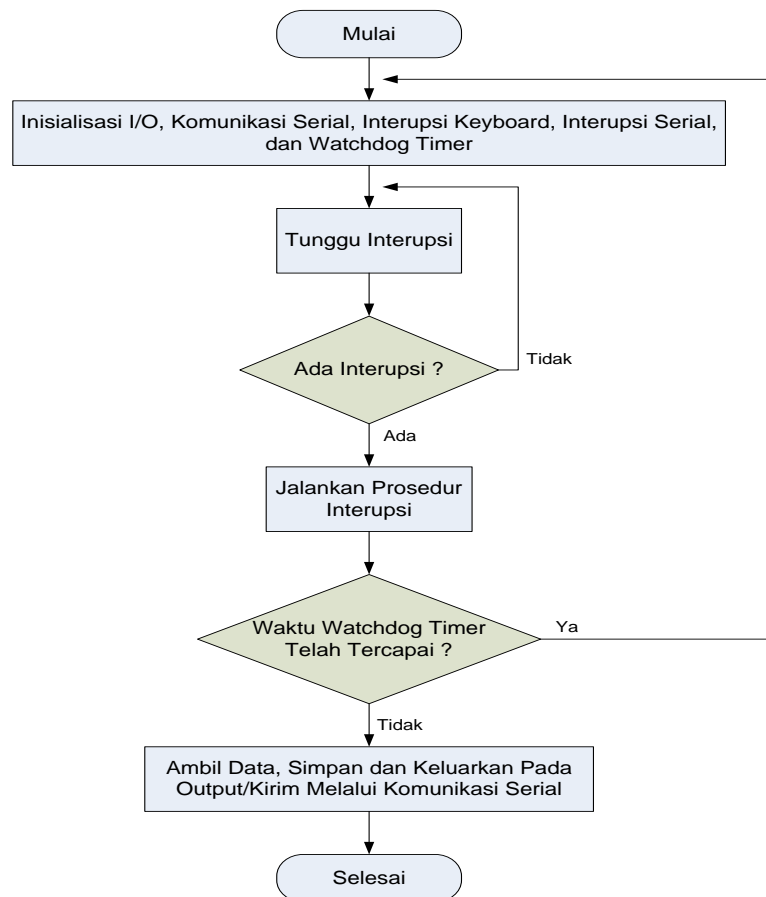
Sistem yang dibuat terdiri dari perancangan perangkat keras (hardware) beserta perangkat lunak (software) pada perancangan sistem kalibrator KW meter dan KVAR meter analog 3 fasa.



GAMBAR 3. Diagram blok perancangan alat

Untuk program *watchdog timer* ini bertujuan untuk *me-reset routine* (program) mikrokontroler. Hal tersebut dikarenakan mikrokontroler seringkali pada suatu kondisi terus melakukan *looping* program sehingga seolah-olah program tidak berjalan atau *hang*. Nilai dari *watchdog timer* ini diberikan sesuai kebutuhan berapa lama waktu jeda yang dibutuhkan sebelum *watchdog timer* ini dieksekusi, apabila nilai tersebut telah tercapai maka program akan *me-reset* dari awal dengan sendirinya. Oleh karena itu, pada setiap *subroutine* juga harus dituliskan nilai yang diberikan tersebut dengan tujuan *me-reset watchdog timer* agar program tidak *me-reset* selama program berjalan.

Untuk dapat berkomunikasi dengan komputer secara serial maka diperlukan program aplikasi yang berfungsi untuk mengirim dan menerima data. Dalam membuat perangkat lunak ini dipergunakan bahasa pemrograman Visual Basic 6. Selain itu, juga dibuat database menggunakan software Microsoft Access yang terpisah dari program visual basic. Pembuatan database ini bertujuan untuk mengambil atau mencocokkan data dan menyimpan data berkaitan dengan program visual basic pada proses kalibrasi.



GAMBAR 4. Diagram blok pemrograman sistem pada *mikrokontroler*

Pada perancangan database, terdiri dari 13 tabel yang masing-masing memiliki kegunaan dan menyimpan data. Setiap tabel akan terhubung pada program tergantung perintah yang diminta oleh program tersebut, secara otomatis database akan menyimpan atau memberikan data sesuai pada tabel yang dituju.

Pada perancangan program kalibrator, setiap bagian tertentu pada program ini akan terhubung pada database jika diperlukan untuk mengambil atau menyimpan data sesuai tabel yang berkaitan pada database, seperti misalnya pada form login, jika pengguna telah memasukkan identitas dan password pada kolom yang telah disediakan maka program akan secara otomatis mencocokkan data dari tabel Login pada database.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini dilakukan dua pengujian, yaitu pengujian interupsi keyboard yang dilakukan melalui tombol untuk kemudian dilakukan pembacaan pada komputer dan pengujian interupsi serial yang dilakukan melalui komunikasi serial dengan komputer untuk kemudian dilakukan pembacaan kembali pada komputer. Pengujian dilakukan dengan menggunakan tombol dan LED (*Light Emitting Diode*) sebagai parameter pengganti relay pada rangkaian mikrokontroler, sedangkan untuk komunikasi antarmuka dengan komputer dilakukan melalui program komunikasi Hyper Terminal yang terdapat pada sistem operasi Microsoft Windows XP.

Secara keseluruhan, berdasarkan kedua pengujian interupsi mikrokontroler tersebut maka dapat disimpulkan bahwa mikrokontroler dapat bekerja dengan benar sesuai baris-baris perintah yang dituliskan ke dalam memori mikrokontroler. Hal ini dapat diketahui dari pembacaan kedua hasil pengujian tersebut dimana pada setiap status keseluruhan yang dibaca setelah mengerjakan perintah yang sama maka hasil pembacaan pada tampilan ASCII program Hyper Terminal juga sama yang juga dapat dibuktikan dengan meng-konversi tampilan ASCII tersebut menjadi kode biner seperti yang ditunjukkan oleh perbandingan hasil pembacaan kedua pengujian interupsi

mikrokontroler pada tabel 1. Hasil perbandingan ini juga sekaligus menjadi salah satu data masukan bagi sistem perangkat lunak pada komputer yang dibuat menggunakan *Visual Basic* 6.0.

TABEL 1. Perbandingan hasil pembacaan kedua pengujian interupsi mikrokontroler

Tombol yang ditekan (Interupsi Keyboard)	Tombol yang ditekan (Interupsi Serial)	LED aktif	Status LED pada PC (ASCII)	Status LED (BINER)
-	-	-	●	0000010 0000000
VA	XH3	1	⊙↓	00010010 00000001
VA & IA	XH3 & XH7	1 & 4	○↓	00010010 00001001
VB	XH4	2	●↓	00010010 00000010
VB & IB	XH4 & XH8	2 & 5	↕	00010010 00010010
VC	XH5	3	◆↓	00010010 00000100
VC & IC	XH5 & XH9	3 & 6	⌘↓	00010010 00100100
Vall	XH2	1, 2 & 3	•↓	00010010 00000111
Vall & Iall	XH2 & XH6	1, 2, 3, 4, 5 & 6	?↓	00010010 00111111

Pengujian proses kalibrasi dilakukan untuk mengetahui seberapa besar penyimpangan (error) nilai KW/KVAR yang dikeluarkan dan terbaca pada sistem terhadap nilai kalibrasi sesungguhnya, dan juga penyimpangan (error) nilai KW/KVAR yang terbaca pada instrumen EPM6000 sebagai instrumen pembanding terhadap nilai kalibrasi sesungguhnya pada proses kalibrasi dimana pada setiap titik kalibrasi akan ditetapkan nilai sesungguhnya terlebih dahulu untuk bisa dilakukan proses verifikasi pada tahapan selanjutnya.

TABEL 2. Perbandingan nilai KVAR pada sistem kalibrator baru dengan titik nilai kalibrasi sesungguhnya.

A	B	C	Error AB (%)	Error AC (%)
200	199,9	201	0,0005	0,005
200	199,8	200,8	0,001	0,004
200	199,9	201,2	0,0005	0,006
600	599,7	601	0,0005	0,001666667

TABEL 3. Perbandingan nilai KVAR pada sistem kalibrator lama dengan titik nilai kalibrasi sesungguhnya.

A	B	C	Error AB (%)	Error AC (%)
200	204	205	0,02	0,025
200	204	204,8	0,02	0,024
200	204,3	205,2	0,0215	0,026
600	604	605	0,006666667	0,008333333

Keterangan :

A = Titik nilai kalibrasi sesungguhnya

B = Nilai kalibrasi sistem

C = Nilai kalibrasi EPM6000

Berdasarkan data nilai perbandingan tersebut maka dapat diketahui besarnya nilai simpangan masing-masing titik kalibrasi dengan menggunakan rumus berikut.

$$\text{Error} = ((\text{True Value} - \text{Measured Value}) / \text{True Value}) * 100\%$$

Selain itu, data-data tersebut juga menunjukkan bahwa nilai simpangan pada sistem kalibrator baru lebih kecil dibandingkan dengan sistem kalibrator lama yang juga berarti menunjukkan bahwa sistem kalibrator ini lebih akurat dibandingkan dengan sistem kalibrator lama.

TABEL 4. Perbandingan nilai KW pada sistem kalibrator lama dengan titik nilai verifikasi sesungguhnya.

A	B	C	Error AB (%)	Error AC (%)
0	0	0	0	0
100	104	105	0,04	0,05
200	205	206	0,025	0,03
300	307	308	0,02333333	0,02666666
400	407	408	0,0175	0,02
500	506	507,2	0,012	0,0144
600	608	609	0,013333333	0,015

TABEL 5. Perbandingan nilai KVAR pada sistem kalibrator baru dengan titik nilai verifikasi sesungguhnya.

A	B	C	Error AB (%)	Error AC (%)
0	0	0	0	0
100	100	101,2	0	0,012
200	201	202	0,005	0,01
300	301	302	0,003333333	0,006666667
400	401	402	0,0025	0,005
500	501	502	0,002	0,004
600	600	601	0	0,001666667

Keterangan : A = Titik nilai verifikasi sesungguhnya, B = Nilai verifikasi sistem, C = Nilai verifikasi EPM6000

Disamping kedua pengujian pada proses kalibrasi dan verifikasi tersebut, terdapat perbedaan antara sistem kalibrator baru dengan sistem kalibrator lama yang sangat menentukan pada hasil kedua pengujian tersebut di atas, yaitu objek jarum sebagai pergerakan nilai KW/KVAR pada tampilan skala perangkat lunak sistem kalibrator dan proses pengoperasiannya itu sendiri. Hal ini sangat penting karena pada sistem kalibrator yang lama masih menggunakan metode pergerakan berupa potongan-potongan gambar jarum penunjuk sehingga gambar yang diperlukan sangat banyak sekali dan tidak efisien. Selain itu, metode pengoperasian untuk pergerakan jarum tersebut juga sangat rumit karena masih menggunakan perangkat keras potensiometer sehingga untuk mencapai nilai dan gambar yang diinginkan sangat sulit sekali dan terlalu lama sehingga penyimpangan nilainya terlalu besar seperti yang ditunjukkan pada hasil pengujian kalibrasi dan verifikasi.

TABEL 6. Perbandingan *cycle time* sistem kalibrator baru dengan sistem kalibrator lama beserta selisihnya

A	B	C
0:02:03	0:05:15	0:03:12
0:02:01	0:05:10	0:03:09
0:02:09	0:05:03	0:02:54
0:02:10	0:05:11	0:03:01
0:01:46	0:05:03	0:03:17
0:01:55	0:04:53	0:02:58
0:02:03	0:04:20	0:02:17
0:01:57	0:04:40	0:02:43
0:01:50	0:04:57	0:03:07
0:01:51	0:05:39	0:03:48

Keterangan : A = *Cycle Time* Sistem Kalibrator Baru, B = *Cycle Time* Sistem Kalibrator Lama, C = Selisih *Cycle Time*

Dengan adanya metode scroll ini, waktu yang dibutuhkan untuk melakukan kalibrasi satu produk lebih sedikit dibandingkan dengan sistem kalibrator yang lama sehingga berpengaruh besar pada sistem produksi dimana cycle time untuk satu produk menjadi lebih kecil yang berdampak pada bertambahnya kapasitas produksi. Perbandingan waktu pengetesan cycle time antara sistem kalibrator yang baru dengan yang lama dapat dilihat pada Tabel 6.

KESIMPULAN

Sistem digital kalibrator KW meter dan KVar meter analog 3 fasa telah berhasil direalisasikan dengan penyimpangan keakuratan rata-rata sebesar 0,0017 % untuk pengkalibrasian KW meter analog 3 fasa dan 0,0018 % untuk pengkalibrasian KVar meter analog 3 fasa. Jika dibandingkan dengan sistem kalibrator yang lama dimana memiliki keakuratan rata-rata sebesar 0,018 % untuk pengkalibrasian KW meter analog 3 fasa dan 0,016 % untuk pengkalibrasian KVar meter analog 3 fasa, maka sistem kalibrator yang baru ini lebih baik. Sistem digital kalibrator KW meter dan KVar meter analog 3 fasa ini juga memiliki cycle time rata-rata selama 119 detik dalam menghasilkan satu produk, hal ini lebih baik jika dibandingkan dengan sistem yang lama dimana memiliki cycle time rata-rata yang lebih tinggi, yaitu selama 301 detik dalam menghasilkan satu produk. Hal tersebut menunjukkan bahwa kapasitas produksi meningkat sebanyak dua kali lipat dengan menggunakan sistem kalibrator yang baru ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bejo A., C & AVR., Yogyakarta: Graha Ilmu, 2008.
- [2] Tzung-Lin Lee and Po-Tai Cheng, *IEEE Transactions on Power Electronics* **22**, 1919-1927 (2007).
- [3] C. S. Prasanna Kumar, S. P. Sabberwal and A. K. Mukharji, *Electric Power Systems Research* **32**, 141-143 (1995).
- [4] S. S. Kalsi, D. Madura and M. Ingram, *IEEE Transactions on Applied Superconductivity* **15**, 2146-2149 (2005).
- [5] A. K. Chakravorti and A. E. Emanuel, *IEEE Transactions on Industry Applications* **30**, 986-997 (2002).
- [6] M.S. Alam, E. Kabir, M.M. Rahman and M.A.K. Chowdhury, *Energy* **29**, 1773-1783 (2004).
- [7] J. F. Tremayne, *IEE Proceedings B - Electric Power Applications* **130**, 161-170 (2008).
- [8] C. Y. Teo, *IEEE Transactions on Power Systems* **13**, 1199-1204 (2002).
- [9] George L.W. Perry, *Environmental Modelling & Software* **19**, 559-569 (2004).