

KAEDAH *MEGAWATT MILE* MENGGUNAKAN PENDEKATAN
BERASASKAN FAKTOR KUASA UNTUK CAJ
PERKHIDMATAN PENGHANTARAN

SYARIFUDDIN NOJENG

Tesis ini dikemukakan sebagai memenuhi
syarat penganugerahan Ijazah
Doktor Falsafah Kejuruteraan Elektrik

Fakulti Kejuruteraan Elektrik
Universiti Teknologi Malaysia

DISEMBER 2014

Dedikasi kepada:

*Untuk isteri tercinta: R.A. Reny Murniati
dan anak-anakku tersayang;
Rizka Nur Utami, Farid Taqiyurrahman, Muhammad Veryastra*

&

*Dedikasi khusus kepada:
Arwah kedua orangtuaku tercinta dan arwah putraku Taufik Akbar, yang tidak
pernah sempat melihat kejayaan dan turut merasakan kebahagiaan saya ini.*

PENGHARGAAN

Dengan nama Allah SWT, yang Maha Pemurah lagi Maha Penyayang,

Syukur Alhamdulillah sentiasa kita sembahkan ke haderat Allah SWT kerana dengan rahmat dan karunia-Nya, sehingga saya boleh menyelesaikan tesis ini. Pada kesempatan ini saya mengucapkan penghargaan dan terima kasih yang tinggi kepada penyelia saya, yang terhormat; Prof. Madya Dr. Mohammad Yusri Hassan, yang dengan tulus dan ikhlas membimbing dan memberikan sokongan selama pengajian sehingga berjaya keperingkat doktor falsafah. Juga kepada para pensyarah; Dr. Hasimah, Dr. Pauzi, Dr. Dalila dan seluruh staf di *CEES* termasuk para juruteknik yang memberikan kemudahan dan informasi yang mendukung penyelidikan saya. Ucapan terima kasih ini juga disampaikan kepada semua rakan penyelidik di *CEES*.

Penghargaan ini juga saya tujukan kepada Gabenor Propinsi Sulawesi Selatan dan Rektor Universitas Muslim Indonesia bersama kakitangan, yang telah memberi kesempatan melanjutkan pengajian program Doktor Falsafah ini dan sokongan kewangannya hingga saya berjaya.

Akhir sekali kepada ahli keluarga, para sahabat, rakan-rakan lainnya yang telah memberi bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam menyiapkan tesis ini.

Syarifuddin Nojeng

ABSTRAK

Pengaturan semula pasaran tenaga elektrik telah mengubah pelbagai aspek dalam industri utiliti, termasuklah penentuan caj perkhidmatan penghantaran. Cabaran utama yang dihadapi dalam caj penghantaran adalah penentuan kos penghantaran yang sesuai dengan aliran kuasa sebenar dan perubahan faktor kuasa beban. Hakikatnya, faktor kuasa beban yang buruk boleh menyebabkan penurunan keupayaan penghantaran kuasa elektrik. Oleh itu, perlu satu kaedah yang betul dalam menentukan harga penghantaran, mengikut aliran kuasa sebenar dan ciri beban, yang boleh memuaskan hati para pengguna talian penghantaran. Kajian ini mencadangkan satu kaedah baru iaitu mengubah suai kaedah *Megawatt Mile (MW-Mile)* bagi menentukan bayaran perkhidmatan penghantaran. Dalam kaedah yang dicadangkan ini, diperkenalkan satu pekali pembetulan faktor kuasa sebagai parameter harga untuk menentukan pengurangan ataupun penambahan caj penghantaran yang disebabkan oleh perbezaan antara faktor kuasa beban purata dengan faktor kuasa rujukan yang diset oleh pengatur. Kaedah ini pula bersekutu dengan faktor agihan untuk mengesan aliran kuasa dalam rangkaian. Dua kajian kes digunakan iaitu sistem IEEE-14 bas dan IEEE-30 bas bagi menerangkan sumbangan kaedah yang dicadangkan. Keputusan pada kedua-dua kajian kes ini menunjukkan bahawa terdapat perbezaan harga penggunaan penghantaran, yang mampu menyediakan harga penghantaran berdasarkan faktor kuasa beban. Untuk faktor kuasa rujukan adalah 0.9, maka pengguna yang mempunyai faktor kuasa purata 0.85 akan dikenakan caj sebanyak 5.88% lebih tinggi sementara pengguna dengan faktor kuasa purata beban adalah 0.95, caj bayaran akan lebih rendah sebanyak 5.2% dibandingkan kaedah sedia ada. Kelebihan utama kaedah yang dicadangkan terletak dalam pemberian insentif kepada pengguna berdasarkan peningkatan faktor kuasa beban. Kaedah ini juga boleh menyelesaikan masalah caj perkhidmatan penghantaran kuasa reaktif dan pembahagian kehilangan kuasa dalam penghantaran kepada para pengguna.

ABSTRACT

Deregulation of the electricity energy market has changed many aspects of utility industry, including transmission pricing. The main problem in transmission pricing is the determination of transmission cost according to actual power flow and the load power factor. In fact, poor power factor will cause a decrease in electrical power delivery capability. Therefore, it needs an accurate method to determine the transmission cost according to the actual power flow and load characteristic that can satisfy customer of transmission line. This thesis proposes a novel method through an improved Megawatt Mile (MW-Mile) method using the power factor-based approach for pricing the transmission services. In the proposed method, the power factor correction coefficient is introduced as a price parameter to determine the additional or reduction of transmission cost due to the difference between the average load power factor and the reference power factor set by a regulator. This method is incorporated with the distribution factor method to trace the power flow in the network. The proposed method is tested on the IEEE-14 bus system and the IEEE 30-bus system to illustrate the effectiveness of the proposed method in allocating the transmission pricing to a user in a fair manner. The results have indicated that there were differences in the cost of transmission utilization which in reality, depends on the power factor of the load. For power factor reference is 0.9, the user with an average power factor of 0.85 will be charged at 5.88% higher, while the user with power factor of 0.95, the payment will be decrease by 5.2% as compared to the existing methods. The advantage of the proposed method lies in the incentive given to the users due to power factor improvement. This method is also able to solve the problem of the reactive power charges and the transmission loss share for the users.

SENARAI KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	HALAMAN PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRACT	v
	ABSTRAK	vi
	SENARAI KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	x
	SENARAI RAJAH	xi
	SENARAI SINGKATAN	xiv
	SENARAI SIMBOL	xv
	SENARAI LAMPIRAN	xviii
1	Pengenalan	1
	1.1 Latar Belakang	1
	1.2 Pernyataan Masalah	5
	1.3 Objektif Penyelidikan	6
	1.4 Skop Penyelidikan	6
	1.5 Kepentingan Penyelidikan	7
	1.6 Struktur Tesis	7
2	KAJIAN LITERATUR	9

2.1	Pengenalan	9
2.2	Kaedah Pengesan	10
2.3	Kaedah Faktor Agihan	14
2.3.1	Kaedah <i>GSDF</i>	15
2.3.2	Kaedah <i>GGDF</i>	17
2.3.3	Kaedah <i>GLDF</i>	18
2.4	Kaedah Caj Penghantaran	20
2.5	Ringkasan	31
3	METODOLOGI PENYELIDIKAN BAGI KAEDAH YANG DICADANGKAN	33
3.1	Pengenalan	33
3.2	Pengaruh Faktor Kuasa	35
3.3	Kaedah Yang Dicapangkan	40
3.4	Pekali Pembetulan Faktor Kuasa	45
3.5	Ringkasan	54
4	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	55
4.1	Pengenalan	55
4.2	Penentuan Sumbangan Beban Pada Talian PENGHANTARAN	55
4.2.1	Kes Pada Sistem IEEE -14 Bas	56
4.2.2	Kes Pada Sistem IEEE -30 Bas	65
4.3	Caj Perkhidmatan Penghantaran	73
4.3.1	Kes Pada Sistem IEEE -14 Bus	73
4.3.2	Kes Pada Sistem IEEE -30 Bas	85
4.4	Ringkasan	94

5	KESIMPULAN DAN KERJA MASA HADAPAN	96
	5.1 Kesimpulan	96
	5.2 Kajian Masa Hadapan	97
	RUJUKAN	99
	Lampiran A-F	105-160

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Sumbangan setiap penjana pada talian penghantaran dengan sistem 3 bas	19
2.2	Sumbangan setiap beban pada talian penghantaran pada sistem 3 bas	19
3.1	Pekali C_{LF} berasaskan faktor kuasa beban	48
4.1	Sumbangan beban pada tiap talian penghantaran pada sistem IEEE-14 bas	58
4.2	Aliran kuasa dengan faktor kuasa rujukan 0.8 pada sistem IEEE-14 bas.	64
4.3	Perubahan aliran kuasa dengan faktor kuasa rujukan 0.8 pada sistem IEEE -14 bas.	65
4.4	Aliran kuasa dengan faktor kuasa rujukan 0.8 sistem IEEE – 30 bas.	69
4.5	Sumbangan penjanaan pada pengaliran kuasa setiap talian pada sistem IEEE-14 bas.	74
4.6	Sumbangan beban pada pengaliran kuasa setiap talian pada sistem IEEE -14 bas.	75
4.7	Perbandingan caj penghantaran berasaskan faktor kuasa rujukan 0.8 pada sistem IEEE-14 bas.	76
4.8	Perbandingan caj penghantaran berasaskan faktor kuasa rujukan 0.9 pada sistem IEEE-14 bas.	77
4.9	Perbandingan caj penghantaran berasaskan faktor kuasa rujukan 0.9 pada sistem IEEE-30 bas..	86

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
3.1a	Beban dengan faktor kuasa setara terhadap rujukan	36
3.1b	Beban dengan faktor kuasa mengekor terhadap rujukan	36
3.1c	Beban dengan faktor kuasa mendulu terhadap rujukan	36
3.2	Segitiga kuasa	38
3.3	Hubungan antara faktor kuasa beban mengekor dengan pengali C_{LF}	49
3.4	Flow Chart penyelidikan	53
4.1	Rajah satu garis bagi sistem IEEE -14 bas	57
4.2	Perbandingan aliran kuasa berasaskan faktor rujukan 0.85 pada sistem IEEE -14 bas	59
4.3	Pengaliran kuasa berasaskan faktor rujukan 0.95 pada sistem IEEE -14 bas	60
4.4	Perubahan aliran kuasa berasaskan faktor rujukan 0.95 pada sistem IEEE -14 bas	61
4.5	Perubahan aliran kuasa berasaskan faktor rujukan 0.95 pada sistem IEEE -14 bas	62
4.6	Perubahan aliran kuasa berasaskan faktor kuasa rujukan 0.95 pada sistem IEEE -14 bas	63
4.7	Rajah satu garis bagi sistem IEEE -30 bas	66
4.8	Perubahan aliran kuasa berasaskan faktor kuasa rujukan 0.80 pada sistem IEEE- 30 bas	68
4.9	Peratus perubahan aliran kuasa berasaskan faktor kuasa rujukan 0.80 pada sistem IEEE- 30 bas	69
4.10	Perubahan aliran kuasa berasaskan faktor kuasa rujukan	

	0.95 pada sistem IEEE -30 bas	70
4.11	Peratus perubahan aliran kuasa berasaskan faktor kuasa rujukan 0.95 pada sistem IEEE 30 bas	71
4.12	Perbandingan caj penghantaran berasaskan faktor kuasa rujukan 0.90 pada sistem IEEE -14 bas	78
4.13	Peratus perubahan caj penghantaran berasaskan faktor kuasa rujukan 1 pada sistem IEEE -14 bas	79
4.14	Perubahan caj penghantaran berasaskan faktor kuasa rujukan 0.9 pada sistem IEEE 14 bas	80
4.15	Peratus perubahan caj penghantaran berasaskan faktor kuasa rujukan 0.95 pada sistem IEEE- 14 bas	81
4.16	Perubahan caj penghantaran berasaskan faktor kuasa rujukan 0.95 pada sistem IEEE- 14 bas	82
4.17	Peratus perubahan caj penghantaran berasaskan faktor kuasa rujukan 0.8 pada sistem IEEE 14 bas	83
4.18	Perubahan caj penghantaran berasaskan faktor rujukan 0.85 pada sistem IEEE -30 bas	84
4.19	Peratus perubahan caj penghantaran berasaskan faktor kuasa rujukan 0.90 pada sistem IEEE- 30 bas	85
4.20	Caj penghantaran tiap beban dengan faktor kuasa purata 0.8 dan faktor kuasa rujukan adalah 0.90 dan 0.95 pada sistem IEEE -30 bas	86
4.21	Perubahan caj penghantaran tiap beban dengan faktor kuasa rujukan adalah 0.8 pada sistem IEEE-30 bas.	88
4.22	Peratus perubahan caj penghantaran tiap beban dengan faktor kuasa rujukan adalah 0.8 pada sistem IEEE-30 bas	89
4.23	Caj penghantaran tiap beban dengan faktor kuasa beban adalah 0.9 pada sistem IEEE-30 bas.	90
4.24	Peratus perubahan caj talian penghantaran tiap beban dengan faktor kuasa rujukan adalah 0.9 pada sistem IEEE-30 bas	91
4.25	Caj penghantaran tiap beban dengan faktor kuasa rujukan 1 pada sistem IEEE-30 bas	92

4.26	Peratus perubahan caj talian penghantaran dengan faktor kuasa rujukan 1 sistem IEEE -30 bas	93
------	---	----

SENARAI SINGKATAN

<i>FERC</i>	-	Federal Energy Regulator Commission
<i>GGDF</i>	-	Generalized Generation Distribution factors
<i>GLDF</i>	-	Generalized Load Distribution Factors
<i>GSDF</i>	-	Generalized Shift Distribution Factor
<i>IEEE</i>	-	Institute of Electrical and Electronics Engineers
<i>ISO</i>	-	Independent System Operator
<i>LUF</i>	-	Line Utilization Factor
<i>MW</i>	-	Mega Watt
<i>MVA</i>	-	Mega Volt Ampere
<i>MVA_r</i>	-	Mega Volt Ampere reaktif
<i>OPF</i>	-	Optimal Power Flow
<i>PF</i>	-	Power Factor
<i>TPM</i>	-	Transaction Pair Matching

SENARAI SIMBOL

$A_{i-j,p}$	-	Faktor Agihan pada talian -i ke talian -j pada bas p
$A_{i-j,k}$	-	Faktor Agihan pada talian -i ke talian -j untuk beban k
B	-	Matriks lepasan
B'	-	Matriks lepasan pembalikan
C_k	-	Caj penghantaran sedia ada
C_{LF}	-	Pekali pembetulan faktor kuasa
C_q	-	Caj penghantaran baru
$\cos \phi$	-	Faktor kuasa
$\cos \phi_1$	-	Faktor kuasa awal
$\cos \phi_2$	-	Faktor kuasa setelah penambahan kuasa reaktif beban
$\cos \phi_3$	-	Faktor kuasa setelah kapasitor bank dipasang
$\cos \phi_{ref}$	-	Faktor kuasa rujukan
$\cos \phi_{act}$	-	Faktor kuasa sebenar
$\cos \phi_{av,k}$	-	Faktor kuasa purata pada pengguna beban-k
ΔP	-	Perubahan kuasa elektrik pada talian penghantaran
$D_{i-j,R}$	-	Faktor agihan pada talian-i ke talian-j pada bas rujukan R
F_{ij}	-	Aliran kuasa dari bas i ke bas j
F_{jk}	-	Aliran kuasa dari bas j ke bas k
$F_{t,k}$	-	Aliran kuasa transaksi akibat beban-k
ΔG_g	-	Perubahan kuasa penjanaan terhadap penjana-g

ΔG_R	-	Perubahan kuasa penjanaan terhadap penjana rujukan-R
I_k	-	Arus pada bus-k
ΔI	-	Pertambahan arus
$\vec{\Delta I}'$	-	Pertambahan arus akibat penambahan beban reaktif
$\vec{\Delta I}''$	-	Perubahan arus selepas kapasitor bank dipasang
L_i	-	Jarak penghantaran
P_{Ti}	-	Kuasa elektrik pada transaksi -i
P_{Gi}	-	Kuasa daripada penjana-i
P_{i-j}	-	Kuasa dari bus -i ke bus -j
P_{GG}	-	Kuasa penjana_G
PF	-	Faktor Kuasa
P_{loos}	-	Kehilangan kuasa pada penghantaran
P_{kirim}	-	Kuasa yang dihantar
P_{load}	-	Kuasa pada beban pengguna
P_t	-	Kuasa pada transaksi-t
P_{peak}	-	Kuasa puncak
P_{loss}	-	Kehilangan kuasa pada talian penghantaran
P_{trans}	-	kuasa yang dihantar
ΔP	-	Pertambahan kuasa
ΔP_i	-	Pertambahan kuasa-i
\vec{P}	-	Kuasa aktif
\vec{Q}	-	Kuasa reaktif
$\vec{\Delta P}$	-	Pertambahan kuasa nyata
$\vec{\Delta Q}$	-	Pertambahan kuasa reatif
V	-	Voltan

- $\vec{\Delta P}'$ - Pertambahan kuasa akibat penambahan beban reaktif
- $\vec{\Delta P}''$ - Pertambahan kuasa akibat selepas kapasitor bank dipasang
- Q_L - Beban reaktif
- R_L - Rintangan talian
- S - Kuasa ketara
- S_1 - Kuasa ketara beban
- S_2 - Kuasa ketara setelah penambahan kuasa reaktif
- S_3 - Kuasa ketara setelah kapasitor bank dipasang

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	MUKA SURAT
A	Senarai Publikasi	105
B1	Aliran kuasa talian penghantaran pada PF rujukan 0.8 pada sistem IEEE 14 bas	106
B2	Aliran kuasa talian penghantaran pada PF rujukan 0.85 pada sistem IEEE 14 bas	107
B3	Aliran kuasa talian penghantaran pada PF rujukan 0.9 pada sistem IEEE 14 bas	108
B4	Aliran kuasa talian penghantaran pada PF rujukan 0.95 pada sistem IEEE 14 bas	109
B5	Aliran kuasa talian penghantaran pada PF rujukan 1.0 pada sistem IEEE 14 bas	110
B6	Perubahan aliran kuasa pada talian dengan PF rujukan 0.8 sistem IEEE 14 bas	111
B7	Perubahan aliran kuasa pada talian dengan PF rujukan 0.85 sistem IEEE 14 bas	112
B8	Perubahan aliran kuasa pada talian dengan PF rujukan 0.9 sistem IEEE 14 bas	113
B9	Perubahan aliran kuasa pada talian dengan PF rujukan 0.95 sistem IEEE 14 bas	114
B10	Perubahan aliran kuasa pada talian dengan PF rujukan 1.0 sistem IEEE 14 bas	115
B11	Caj penghantaran dengan PF rujukan 0.8 sistem IEEE- 14 bas.	116
B12	Caj penghantaran dengan PF rujukan 0.85 sistem IEEE- 14 bas.	117

B13	Caj penghantaran dengan PF rujukan 0.90 sistem IEEE- 14 bas.	118
B14	Caj penghantaran dengan PF rujukan 0.95 sistem IEEE- 14 bas.	119
B15	Caj penghantaran dengan PF rujukan 1.0 sistem IEEE- 14 bas.	120
B16	Perubahan Caj penghantaran dengan PF rujukan 0.8 sistem IEEE- 14 bas	121
B17	Perubahan Caj penghantaran dengan PF rujukan 0.85 sistem IEEE- 14 bas	122
B18	Perubahan Caj penghantaran dengan PF rujukan 0.9 sistem IEEE- 14 bas	123
B19	Perubahan Caj penghantaran dengan PF rujukan 0.95 sistem IEEE- 14 bas.	124
B20	Perubahan Caj penghantaran dengan PF rujukan 1.0 sistem IEEE- 14 bas.	125
C1	Aliran kuasa talian penghantaran dengan PF rujukan 0.8 sistem IEEE-30 bas	126
C2	Aliran kuasa talian penghantaran dengan PF rujukan 0.85 dengan sistem IEEE-30 bas	128
C3	Aliran kuasa talian penghantaran dengan PF rujukan 0.90 dengan sistem IEEE-30 bas	129
C4	Aliran kuasa talian penghantaran dengan PF rujukan 0.95 dengan sistem IEEE-30 bas	130
C5.	Aliran kuasa talian penghantaran dengan PF rujukan 1.0 dengan sistem IEEE-30 bas	131
C6	Perubahan Aliran kuasa talian penghantaran (MW) dengan PF 0.8 sistem IEEE-30 bas	132
C7	Perubahan Aliran kuasa talian penghantaran (MW) dengan PF 0.85 dengan sistem IEEE-30 bas	133
C8	Perubahan Aliran kuasa talian penghantaran (MW) dengan PF 0.9 sistem IEEE-30 bas	134
C9	Perubahan Aliran kuasa talian penghantaran (MW) dengan	

	PF 0.95 sistem IEEE-30 bas	135
C10	Perubahan Aliran kuasa talian penghantaran (MW) dengan PF 1.0 sistem IEEE-30 bas	136
C11	Caj penghantaran dengan PF rujukan 0.8 sistem IEEE-30 bas	137
C12	Caj penghantaran dengan PF rujukan 0.85 sistem IEEE-30 bas	138
C13	Caj penghantaran dengan PF rujukan 0.9 sistem IEEE-30 bas	139
C14	Caj penghantaran dengan PF rujukan 0.95 sistem IEEE-30 bas	140
C15	Caj penghantaran dengan PF rujukan 1.0 sistem IEEE-30 bas	141
C16	Perubahan caj penghantaran pada PF rujukan 0.8 sistem IEEE-30 bas.	142
C17	Perubahan caj penghantaran pada PF rujukan 0.85 sistem IEEE-30 bas.	143
C18	Perubahan caj penghantaran pada PF rujukan 0.90 sistem IEEE-30 bas.	144
C19	Perubahan caj penghantaran pada PF rujukan 0.95 sistem IEEE-30 bas.	145
C20	Perubahan caj penghantaran pada PF rujukan 1.0 sistem IEEE-30 bas.	147
D1	Data parameter talian penghantaran pada sistem IEEE – 14 bas	148
D2	Data bas penghantaran pada sistem IEEE – 14 bas	149
D3	Data parameter talian penghantaran pada sistem IEEE – 30 bas	151
D4	Data bas penghantaran pada sistem IEEE –30 bas	152
E	Kes pada sistem 3 bas	153
F	Paten	160

BAB 1

Pengenalan

1.1 Latar Belakang

Pengaturan semula pasaran tenaga elektrik telah mengubah banyak aspek industri utiliti, termasuklah harga kuasa elektrik. Suatu suruhanjaya di Amerika iaitu; *US Federal Energy Regulatory Commission (FERC)* menyatakan bahawa, industri penghantaran elektrik selama ini adalah bersifat monopoli semulajadi, dimana pengendali penghantaran mesti menyediakan kemudahan perkhidmatan penghantaran. Dalam pengaturan semula sistem kuasa, perniagaan elektrik dibahagikan secara berasingan kepada tiga komponen, iaitu: penjanaan, penghantaran dan pengagihan (M.Y. Hassan, *et al.*, 2011).

Melalui pengaturan semula sistem kuasa, pengguna talian penghantaran perlu membayar kos perkhidmatan penghantaran, dan kos ini ditentukan berdasarkan penggunaan talian penghantaran. Kos perkhidmatan penghantaran pada asasnya harus merujuk kepada fungsi grid penghantaran, selain itu menjaga perkhidmatan sampingan, seperti kekangan operasi sistem kuasa, pengaturan, mengatur voltan mengikut beban (Jiuping Pan, *et al.* 2000). Oleh itu, perlu satu kaedah yang tepat untuk digunakan dalam sistem perkhidmatan penghantaran. Banyak kaedah telah digunakan dan dicadangkan untuk mengira kos perkhidmatan penghantaran. Kaedah-kaedah ini dikategorikan kepada tiga jenis kos; kos tertanam, kos tokokan dan kos berjidar (Shirmohammedi, 1996).

Kaedah kos tertanam banyak digunakan di seluruh industri utiliti (Loe Lei Lai 2002). Kaedah ini menawarkan beberapa manfaat antara lain, adalah praktikal dan adil kepada semua pihak, mudah untuk dikira dan menyediakan satu pulangan yang dapat mencukupi pelaburan dalam sistem penghantaran. Secara umum, terdapat empat jenis kaedah kos tertanam dalam kos perkhidmatan penghantaran iaitu kaedah; *postage stamp*, kontrak laluan, *MW-Mile* berasaskan jarak dan *MW-Mile* berasaskan aliran kuasa (Shirmohammedi 1996; M.Murali, 2011).

Kaedah *MW-Mile* dicadangkan pertama kali oleh Shirmohammedi bagi penentuan kos penghantaran yang berasaskan aliran kuasa aktif dan jarak penghantaran kuasa. Dalam kaedah ini, perubahan kuasa reaktif pada kemudahan penghantaran yang disebabkan oleh pengguna penghantaran tidak dipertimbangkan. Oleh itu dicadangkan modifikasi yang mempertimbangkan kuasa reaktif dengan menggunakan kaedah *MVA-Mile*. Walaubagaimanapun kaedah ini tidak dapat menyediakan isyarat ekonomi yang berkaitan dengan penghantaran kuasa pada keadaan beban puncak dan diluar beban puncak, serta perubahan faktor kuasa pada beban (M.Majidi, 2008).

Terdapat tiga pendekatan kaedah *MW-Mile* yang dapat digunakan dalam mengira kos perkhidmatan penghantaran. Ketiga pendekatan yang dimaksud iaitu; pendekatan bersih, mutlak dan pendekatan positif. Diantara pendekatan-pendekatan tersebut, pendekatan mutlak lebih banyak digunakan karena pendekatan ini boleh menyediakan pendapatan kembali yang cukup kepada pemilik penghantaran. Kaedah *MW-Mile* ini disukai oleh para ekonomi kerana dapat menyokong kecekapan penggunaan kemudahan penghantaran dan perluasan kemudahan penghantaran dimasa hadapan. (Lo KL and Hassan M.Y, 2002)

Selanjutnya, kaedah *MW-Mile* yang berasaskan aliran kuasa adalah banyak digunakan kerana ianya telah terbukti lebih mencerminkan penggunaan sebenar sistem penghantaran dalam memperuntukkan caj penghantaran (M.Y. Hassan *et al.* 2011; M.Murali, 2011). Walaubagaimanapun, kaedah ini tidak mengambil kira faktor kuasa beban, padahal ianya adalah salah satu faktor yang dikaitkan dengan keupayaan pemindahan kuasa pada talian penghantaran.

Faktor kuasa adalah merupakan parameter kualiti penggunaan kuasa pada pengguna sistem yang disebabkan oleh adanya beban yang bersifat reaktif, misalnya motor aruhan. Faktor kuasa yang kurang akan menyebabkan pertambahan kuasa ketara pada sistem penghantaran kerana adanya pertambahan kehilangan kuasa pada talian penghantaran. Secara umum, faktor kuasa tidak menyebabkan perubahan kuasa aktif beban, tetapi dapat memberi kesan kepada perubahan aliran kuasa aktif dalam sistem penghantaran (S. Hasanpour 2009 ; B.Mozafari, 2005).

Oleh itu, masalah utama didalam pengurusan pengaturan semula sistem kuasa adalah penentuan kos penghantaran yang berpandukan aliran kuasa sebenar dan mengambil kira kualiti faktor kuasa. Faktor kuasa yang disebabkan oleh beban reaktif pada beban boleh mempengaruhi kapasiti pengaliran kuasa pada talian penghantaran (B.Mozafari, 2005 ; W.G.Morsi and M.E.El.Hawary, 2011). Perubahan faktor kuasa adalah disebabkan oleh penggunaan beban reaktif dalam industri (W. Hofmann 2012). Pada kebiasaannya, beban yang mempunyai faktor kuasa yang rendah (dibawah piawai) akan dikenakan bayaran denda (Chi-Jui Wu *et al.* 2002; Shangyon Hao 2003).

Semua syarikat elektrik seperti yang dilaporkan (Shangyon Hao, 2003), telah mengenakan caj tambahan kepada pengguna (beban) yang mempunyai faktor kuasa yang rendah. Contohnya, pengguna di Amerika Syarikat (*USA*) dikenakan bayaran denda apabila mempunyai faktor kuasa dibawah piawai, iaitu kurang dari 0.95 (*Program of the US.Department of Energy 2000*).

Pada rujukan lain, menunjukkan bahawa *Taiwan Power Company* telah menetapkan faktor kuasa rujukan sebanyak 0.8 (Chi Jui Wu *et al.*, 2002). Sementara itu, syarikat *Perusahaan Listrik Negara (PLN)* di Indonesia, mengenakan bayaran tambahan mengikut jumlah kuasa reaktif bagi mana-mana pengguna yang mempunyai faktor kuasa kurang daripada piawai yang telah ditetapkan oleh kerajaan (M. P. Marbun dan N.I. Sinisuka, 2011).

Beberapa kaedah telah diperkenalkan untuk menentukan penggunaan kemudahan penghantaran berasaskan pengaliran kuasa aktif (*MW*) dan kuasa reaktif (*MVar*) agar dapat menampung kos operasi dan penyelenggaraan penghantaran. Walaubagaimanapun kaedah-kaedah tersebut belum dapat menyediakan caj

perkhidmatan penghantaran yang lebih adil kepada semua pengguna rangkaian penghantaran.

Kaedah *MW-Mile* adalah skim caj perkhidmatan penghantaran pertama yang mengambilkira keadaan sistem sebenar dengan menggunakan analisa pengaliran kuasa. Kaedah *MW-Mile* ini digunakan secara meluas kerana ia lebih mencerminkan penggunaan sebenar sistem penghantaran dalam memperuntukkan kos penghantaran (Muhamad Zulkifli Meah, 2003; K.L. Lo, 2007). Kaedah ini memperuntukkan kos bagi setiap kemudahan penghantaran untuk transaksi penghantaran berdasarkan kepada setakat mana kemudahan tersebut digunakan oleh transaksi ini. Sebagai salah satu kaedah alternatif bagi menentukan caj penghantaran, kaedah ini mempunyai kelebihan kerana mampu meliputi penggunaan sebenar rangkaian oleh pengguna.

Kaedah *MVA-Mile* kemudian dikembangkan dari kaedah *MW-Mile* dengan mengambilkira penggunaan rangkaian oleh pengguna yang berasaskan suntikan kuasa aktif dan reaktif. Walaupun kaedah *MVA-Mile* ini dapat membezakan bilangan pengaliran kuasa aktif dan reaktif, namun ianya tidak mengambil kira semua perubahan kuasa reaktif yang dihantar oleh penjanaan bagi memenuhi permintaan pelanggan (R. Ghazi *et al.*, 2011). Dalam kes penjana yang menyuntik kuasa aktif dan menyerap kuasa reaktif, kaedah *MVA-Mile* gagal dalam membezakan penggunaan rangkaian yang sama, sehingga caj rangkaian tidak memuaskan semua pengguna.

Kaedah *MW-MVAr-Mile* (F.Li, *et al.*, 2006; N. Kumar, 2011), telah diperkenalkan dengan memisahkan komponen kuasa aktif dan kuasa reaktif. Dengan menggunakan sistem dua bas, kaedah tersebut diuji melalui perbandingan kaedah *MW-Mile* dengan *MVA-Mile*. Kaedah-kaedah ini hanya boleh memberikan bayaran denda ketika beban pengguna mempunyai faktor kuasa rendah. Sementara pengguna yang mempunyai faktor kuasa beban yang lebih baik dari rujukan yang ditetapkan oleh pengatur tidak memperolehi sebarang insentif.

Memandangkan tidak ada sebarang penyelidikan yang dilaporkan didalam kajian literatur yang mengambil kira kesan faktor kuasa beban didalam penentuan caj

perkhidmatan penghantaran dengan menggunakan kaedah *MW-Mile*, maka adalah menjadi motivasi utama untuk meneroka penyelidikan ini.

1.2 Pernyataan Masalah

Permasalahan utama dalam penstrukturan semula sistem kuasa adalah penentuan kos perkhidmatan penghantaran berasaskan pengaliran kuasa yang sebenar dan perubahan faktor kuasa beban. Ianya penting kerana faktor kuasa yang rendah akan menyebabkan penurunan kapasiti penghantaran kuasa elektrik.

Berasaskan penyelidikan literatur yang berkaitan dengan kaedah kos talian penghantaran, penyelidikan yang menghubungkan kualiti faktor kuasa beban didalam penentuan caj penghantaran belum pernah dicadangkan. Beberapa kertas kerja terdahulu telah cuba mengambil kira faktor kuasa dengan menggunakan parameter kuasa reaktif, tetapi kaedah ini hanya mengambil kira kesan faktor kuasa mengekor terhadap faktor kuasa rujukan.

Kaedah *MW-Mile* adalah skim caj penghantaran yang pertama yang mengambil kira keadaan sebenar sistem dengan menggunakan analisa pengaliran kuasa. Kaedah ini menentukan kos setiap kemudahan penghantaran kepada transaksi penghantaran setakat mana penggunaan kemudahan oleh transaksi ini. Kos penghantaran yang dikenakan pada setiap pengguna berasaskan penggunaan kuasa (*MW*) dan jarak talian penghantaran yang digunakan. Kaedah ini agak rumit kerana setiap perubahan dalam talian penghantaran memerlukan pengiraan semula pengaliran dalam semua talian. Walaubagaimanapun kaedah ini telah mengambil kira pengaliran kuasa dan jarak, akan tetapi masih menunjukkan ketidakadilan kepada pengguna kerana ia mengabaikan pengaruh faktor kuasa beban dalam memperuntukkan kos penghantaran.

Oleh itu, diperlukan satu penambahbaikan dalam menentukan kaedah kos penghantaran kuasa yang boleh memberikan insentif atau sebaliknya bagi semua pengguna berasaskan faktor kuasa beban.

1.3 Objektif Penyelidikan

Objektif utama penyelidikan ini ada sebagai berikut:

1. Untuk menentukan kesan faktor kuasa beban yang berbeza terhadap pengaliran kuasa pada talian penghantaran dengan berasaskan pada faktor kuasa rujukan
2. Membangunkan kaedah baru untuk pengiraan caj penghantaran berdasarkan *MW-Mile*.
3. Mengesahkan kaedah yang diperkenalkan berbanding teknik sedia ada.

1.4 Skop Penyelidikan

Skop penyelidikan ini adalah:

1. Penyelidikan ini memberi tumpuan kepada memperbaiki kaedah *MW-Mile* sedia ada dalam penentuan caj talian penghantaran berasaskan faktor kuasa beban dan faktor kuasa rujukan dari pengatur.
2. Dalam kaedah yang dicadangkan ini, digunakan kaedah faktor agihan bagi mengira pengaliran kuasa pada rangkaian.
3. Pengesahan kaedah yang dibina dibandingkan dengan Kaedah *MW-Mile* sedia ada yang berasaskan aliran kuasa mutlak.
4. Penyelidikan menggunakan dua kes yang berdasarkan sistem IEEE 14-bas dan IEEE 30-bas digunakan untuk menjelaskan sumbangan kaedah yang dicadangkan bagi memperuntukkan caj talian

penghantaran kepada semua pengguna yang mempunyai faktor kuasa mengekor.

1.5 Sumbangan Penyelidikan

Kaedah baru yang dicadangkan ini yang berasaskan pembaikan kaedah *MW-Mile* sedia ada menyediakan skim perkhidmatan penghantaran yang lebih telus dan adil pada pengguna yang mana ia menyumbang kepada perkara berikut:

1. Kaedah ini boleh menyediakan kaedah insentif kepada pengguna kerana pembaikan faktor kuasa yang mana ini menyediakan isyarat ekonomi kepada semua peserta.
2. Pekali pembetulan faktor kuasa yang diperkenalkan dalam penyelidikan ini akan menjadi faktor penggalak bagi pengguna untuk memperbaiki faktor kuasa beban bagi mengelakkan denda daripada pemilik penghantaran.
3. Memberikan sumbangan bagi penyelidikan kaedah bayaran perkhidmatan penghantaran dalam penstrukturan semula industri bekalan elektrik di masa hadapan.

1.6 Struktur Tesis

Tesis ini terdiri daripada lima bab dan disusun sebagai berikut:

Bab satu menjelaskan pengenalan mengenai penentuan kos bayaran talian penghantaran bagi pengguna yang berkaitan dengan faktor kuasa dan kesan faktor kuasa pada pengguna talian penghantaran. Bab ini juga membincangkan skop penyelidikan dan kepentingan penyelidikan serta sumbangan penyelidikan.

Bab dua menerangkan beberapa kaedah pengesanan pengaliran kuasa sedia ada yang digunakan untuk menentukan sumbangan penjana dan beban terhadap pengaliran kuasa didalam talian penghantaran. Bab ini kemudiannya menerangkan secara terperinci dua kaedah faktor agihan iaitu kaedah *GGDF* (Generalized Generation Distribution Factors) dan *GLDF* (Generalized Load Distribution Factors) bersama dengan contoh penggunaannya yang berasaskan sistem 3 bas. Bab dua juga menjelaskan beberapa kaedah caj perkhidmatan penghantaran yang telah dibangunkan berasaskan prinsip kuasa aktif dan reaktif. Ini termasuklah perbincangan beberapa skim caj penggunaan talian penghantaran yang diperkenalkan ataupun sudah digunakan oleh beberapa negara.

Sementara itu, Bab tiga menjelaskan tentang metodologi penyelidikan yang mengandungi cadangan pengubah suaian rumusan matematik bagi menerbitkan persamaan baru bagi kaedah *MW-Mile* yang mengambil kira pengaruh faktor kuasa beban terhadap talian penghantaran. Selanjutnya, ditunjukkan hubungan di antara faktor kuasa rujukan dengan faktor kuasa beban sebenar dengan memperkenalkan satu faktor yang disebut sebagai pekali pembetulan faktor kuasa.

Bab empat membincangkan tentang keputusan dan perbincangan kaedah yang dicadangkan yang berkaitan dengan pengaruh perubahan faktor kuasa pada beban terhadap pengaliran kuasa pada setiap talian penghantaran. Keberkesanan kaedah yang dicadangkan ini di buktikan melalui ujian yang dijalankan pada sistem IEEE- 14 bas dan IEEE- 30-bas. Selanjutnya dalam bab ini pula, memaparkan caj bayaran talian penghantaran berasaskan cadangan yang dinyatakan dalam bab sebelumnya. Dua kajian kes yang berasaskan kepada sistem IEEE 14-bas dan IEEE 30-bas digunakan dalam mengenalpasti keberkesanan kaedah yang dicadangkan berbanding kaedah yang sedia ada.

Bab lima membincangkan kesimpulan penyelidikan yang dijalankan dan cadangan penyelidikan masa hadapan. Rujukan dan lampiran dilampirkan di akhir tesis ini.

RUJUKAN

- Abdorreza Rabiee, Heidar Ali Shayanfar, Nima Amjady. (2009). Reactive power pricing. *IEEE power & magazine*, januari/February.
- Abdelkader, S. (2008). Determining generators' contributions to loads and line flows & losses considering loop flows. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 30(6-7).pp. 368-375.
- A.R. Abhyankar, S.A. Khaparde. (2009). Electricity transmission pricing: Tracing based point-of-connection tariff. *Electrical Power and Energy Systems*, 31.2009.pp. 59–66.
- Alturki, Y.A. (2008). Towards reactive power markets. *Generation, Transmission & Distribution, IET*, Volume: 2. issue: 4.pp. 516 – 529.
- Antonio J. Conejo.(2007). Z bas Transmission Network Cost Allocation. *IEEE Transaction on Power Systems*, Vol. 22. no. 1.pp.342-349.
- B.Mozafari, A.M. Ranjbar, A.R. Shirani and A.Mozafari. (2005) Reactive Power Management In A Deregulated Power Systems with Considering Voltage Stability: Particle Swarm Optimization Approach. *C I R E D ,18th International Conference on Electricity Distribution*, Turin. 6-9. June.
- Babasaheb Kharbas.(2011).Transmission Tariff Allocation Using Combined MW-Mile & Postage Stamp Methods. *IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies – India*.
- Bialek, J.(1996).Tracing the flow of electricity. *IEE Proceedings-Generation Transmission and Distribution*,1996. 143(4).pp. 313-320.
- Ching-Tzong Su, Ji-Horng Liaw. (2007). Complex power flow tracing considering convection line using nominal-T model. *International Journal of Electrical Power & Energy*, Volume 29. issue 1. pp. 28–35.

- Chi-Jui Wu, Tsu-Hsun Fu, Tzu-Chih Zhao, Hung-Shian Kuo. (2002). Power Factor Definitions and Effect on Revenue of Electric Arc Furnace Load. *Power System Technology. Proceedings. PowerCon*, pp.93-97.
- C.W.Yu, S.H. Zhangb, X. Wangb, T.S. Chunga. (2010). Modeling and analysis of strategic forward contracting in transmission constrained power markets. *Electric Power Systems Research* 80.pp. 354–361.
- Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal,(2000) Nonsinusoidal, or Unbalanced Conditions. IEEE std 1459-2000*, March,
- D. Kirschen, R. Allan, and G. Strbac. (1997). Contributions of individual generators to loads and flows. *IEEE Trans. Power System*, vol. 12. pp. 52-60.
- Duan Gang, Zhao Yang Dong, Wei Bai, Xin Feng Wang. (2005). Power flow based monetary flow method for electricity transmission and wheeling pricing. *Electric Power Systems Research*, 74.pp. 293–305.
- F. Li, N.P. Padhy, J. Wang, B. Kuri. (2005). Development of a Novel MW+MVar-Miles Charging Methodology. *IEEE/PES Transmission and Distribution Conference & Exhibition*.
- Francisco D. Galiana, A.J. Conejo, Hugo A.(2003) Gil. Transmission Network Cost Allocation Based on Equivalent Bilateral Exchanges. *IEEE Transactions on Power Systems*, 18(3). pp. 1425-1431.
- Felix F. Wu, Y. Ni., and P. Wei. (2000). Power transfer allocation for open access using graph theory – Fundamentals and applications in systems without loop flows. *IEEE Trans.Power Systems*, 2000. vol. 15. no. 3. pp.923-929.
- Ferdinand Gubina, David Grgi and Ivo Bani. (200). A Method for Determining the generators' Share in a Consumer Load. *IEEE Transaction on Power System*, vol. 15. no. 4. pp.1376-1381.
- Federal Energy Regulatory Commission (FERC), from <http://www.ferc.gov>.*
- G. A. Orfanos, G. T. Tziasiou, P. S. Georgilakis. (2011). Evaluation of Transmission Pricing Methodologies for Pool Based Electricity Markets. *IEEE Trondheim PowerTech*.
- Hugh Rudnick, Manuel Soto, Rodrigo Palma. (1999). Use of system approaches for transmission open access pricing. *Electrical Power and Energy Systems*, (21).pp.125–135.

- IEEE std 1459-2000. (2000). Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, or Unbalanced Conditions. IEEE.
- International transmission pricing review.(2009). A Report Prepared for the New Zealand Electricity Commission. July.
- Jiuping Pan, Yonael Teklu, Saifur Rahman, Fellow, Koda Jun. (2000). Review of Usage-Based Transmission Cost Allocation. *IEEE Transaction on Power Systems*, vol.15. no.4. pp.1218-1224.
- Kaigui Xie, Jiaqi Zhou, Wenyuan Li. (2009). Analytical model and algorithm for tracing active power flow based on extended incidence matrix. *Electric Power Systems Research*, 79, pp. 399–405.
- K.L. Lo, M.Y. Hassan and S. Jovanovic. (2007). Assessment of MW-mile method for pricing transmission services: a negative flow-sharing approach. *IET Gener. Transm. Distrib.*, 1. (6).pp. 904–911.
- Loe Lei Lai. (2002). Power system restructuring and deregulation, Jhon Wiley & Sons, April.
- Lim, V. S. C, McDonald, J. D. F., Saha, T. K. (2009). Development of a new loss allocation method for a hybrid electricity market using graph theory. *Electric Power Systems Research*.
- Luis Olmos.(2009). A Comprehensive approach for computation and implementation of efficient electricity transmission network charges. *Energy Policy*. vol 37, No.12, pp.5285-2295.
- M. Ghayeni, R. Ghazi.(2011). Transmission network cost allocation with nodal pricing approach based on Ramsey pricing concept. *IET Gener. Transm Distrib.*, Vol. 5, Iss. 3, pp. 384–392.
- M.Majidi Q. (2008) A Novel approach to allocate transmission embedded cost based on MW-Mile method under deregulated environment. *IEEE Electrical Power & Energy Conference*. 2008.
- M.Murali, M.S. Kumari, M. Sydulu.(2011). A Comparison of Fixed Cost Based Transmission Pricing Methods, *Electrical and Electronic Engineering*,(1). pp.33-41.
- M. P. Marbun, N.I. Sinisuka. (2011). Interconnection service fee for generator of industrial and arc furnace customers. *International Conference on Electrical Engineering and Informatics*, July 2011.

- Manescu, D. Ruinaru, Member, P. Dadulescu, and V. Anghelina. (2009). Usage Based Allocation for Transmission Costs under Open Access. *IEEE Bucharest Power Tech Conference*, June 28th - July 2nd. Bucharest. Romania.
- Mohd. Herwan Sulaeman, Mohd. Wazir Mustafa. (2008). Power flow tracing via modified proportional tree method. Proceedings of the Malaysian Technical Universities Conference on Engineering and Technology.
- Motor Challenge. Reducing power factor cost - a Program of the US.Department of Energy,available:http:motor.doe.gov.
- M.Y. Hassan,N.H Radzi, M.P Abdullah, F. Hussin, M.S. Majid.(2011). Wheeling Charge Methodologies for Deregulated Electricity Market Using Tracing-Based Postage Stamp Methods. *International Journal of Integrated Engineering*,(3):39-46.
- Muhamad Zulkifli Meah, Azah Mohamed, and Salleh Serwan. (2003). Comparative Analysis of Using MW-Mile Methods in Transmission Cost Allocation for the Malaysia Power System. *National Power and Energy Conference (PECon)*.
- N.H. Radzi,R.C. Bansal, Z.Y. Dong, M.Y. Hassan, K.P. Wong. (2013). An efficient distribution factors enhanced transmission pricing method for Australian NEM transmission charging scheme. *Renewable Energy*, 53.pp.319-328.
- N. Kumar, Y.R.V. Reddy, D. Das and N.P. Padhy.(2011). Allocation of Transmission Charge by using MVA-Mile Approaches for Restructured Indian Power Utility. Power and Energy Society General Meeting.
- Nikoukar. J, M.R. Haghifam, A. Parastar.(2012). Transmission cost allocation based on the modified Z-bus. *Electrical Power and Energy Systems*, 42. pp. 31–37.
- Oscar Moya. (2002). Marginal cost of transmission system adequacy for spot pricing. *Electric Power Systems Research*, vol. 61.no. 2. pp. 89-92.
- Pantos, M., Verbic, G., Gubina.F. (2005). Modified topological generation and load distribution faktors. *IEEE Transactions on Power Systems*, 20(4),pp. 1998-2005.
- Ping Wei, Bin Yuan Yixin Ni, Felix F. Wu. (2000). Power Flow Tracing for Transmission Open Access. Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies. International Conference on, pp. 476-481.
- Qixin Chen, Qing Xia, Chongqing Kang. (2010). Novel transmission pricing scheme based on point-to-point tariff and transaction pair matching for pool market. *Electric Power Systems Research* 80.pp. 481–488

- R.E. Rotoras , T. Lefevre, R.B. Pacudan. (2002). Marginal transmission pricing and supplemental cost allocation method: A case of Philippines. *Electric Power Systems Research*, 63.pp. 213:227.
- R. Ghazi, M. B. Asadi. (2010). Reactive Power Pricing Using Marginal Cost Theory In Competitive Electricity Markets. *IEEE International Energy Conference*.
- R. Suresh and N.Kumarappan. (2007). Genetic algorithm based power reactive optimization under deregulation. *IET-UK International conference on information and technology in Electrical Sciences (ICTES 2007)*, Dec. 20-22.. pp.150-155.
- S. Hasanpour.R Ghazi, M.H. Javidi. (2009). A New Approach for Cost Allocation and Reactive Power Pricing in Deregulated Environment. *Elect. Engineering Journal* ,no . 91. pp.27-34.
- Shangyon Hao. (2003). A Reactive Power Management Propose for Transmission Operators. *IEEE on Transaction Power Systems*, Vol. 18. No.4. pp.1374-1388.
- Shirmohammedi, D. Filho, X.V. Gorenstin, B. Pereira, M.V.P. (1996). Some fundamental, technical concepts about cost based transmission pricing. *IEEE Transaction on Power System*, Vol.11.No.2..pp.1002-1008.
- Shirmohammedi, D., Gribik, P.R., Law, E.T.K., Malinowaski, J.H., and O'Donnell, R.E. (1989). Evaluation of transmission network capacity use for wheeling transactions. *IEEE Trans. Power Syst.*, (4). pp. 1405–1413.
- S.K. Parida, S.N. Singh, S.C. Srivastava. (2009). Reactive power cost allocation by using a value-based approach. *IET Gener.Transm.Distrib*. Vol. 3. No. 9.pp. 827-884.
- T. Limpasuwan, J.W. Bialek, W. Ongsakul, B. Limmeechokchai. (2004). A proposal for transmission pricing methodology in Thailand based on electricity tracing and long-run average incremental cost. *Energy Policy*, 32.pp. 301–308
- T. Kristiansen, (2011). Comparison of transmission pricing models. *Electrical Power and Energy Systems*, No. 33.,pp.947–953.
- T. Zhang, A. Elkasrawy, B. Venkatesh. (2009). A new computational method for reactive power market clearing. *Electrical Power and Energy Systems*, 31,pp. 285–293.
- Vijay Parmeshwaran, Kumar Muthuraman. (2009). FTR-option formulation and pricing. *Electric Power Systems Research*, 79. 1164–1170,

- W.G. Morsi, M.E.El.Hawary. (2011). Power quality evaluation in smart grid considering modern distortion in electric power system. *Electric Power Systems Research*, no.81.pp.1117–1123.May.
- W. Hofmann, J. Schlabbach, W.Just.(2012). *Reactive Power Compensation, A Practical Guide*, first edition, Jhon Wiley & Sons. ltd. United Kingdom,.pp. 37-42.
- Warit Anthong and Kulyos Audomvongsereem. (2010). Transmission Cost Allocation for Mixed Pool and Bilateral Markets. *Electrical Engineering/Electronics Computer Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), 2010 International Conference on*. 19-21 May.
- Y. Dai, X.D.Liu. (2003). A cost method for reactive power service based on power flow tracing. *Electric Power System Research*, 64.pp.59-65.
- Yu Xiao, PengWang. Tracing nodal market power using proportional tree method. Power Systems Conference and Exposition, 2004. *IEEE PES*
- Z.A.Hamid, I.Musirin Member IEEE, M.M.Othman, M.N.A.Rahim.(2011). A Novel Technique for Generation Tracing via Evolutionary Programming. The 5th International Power Engineering and Optimization Conference (PEOCO2011), Shah Alam, Selangor, Malaysia : 6-7 June.
- Zhang Junfang, M.A.Qinguo, Dong Xingzhou. (2008). Real time pricing of reactive power considering vau of reactive power resources. *CICED technical session, Distribution power market. International Conference*.