

DIAGNOSIS KEROSAKAN TALIAN PENGHANTARAN SISTEM KUASA
MENGUNAKAN KAEDAH SISTEM INFERENS NEURAL KABUR

UBAH SUAI

AZRIYENNI

UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA

DIAGNOSIS KEROSAKAN TALIAN PENGHANTARAN SISTEM KUASA
MENGUNAKAN KAEDAH SISTEM INFERENS NEURAL KABUR

UBAH SUAI

AZRIYENNI

Tesis yang dikemukakan sebagai memenuhi

syarat penganugerahan Ijazah

Doktor Falsafah (Kejuruteraan Elektrik)

Fakulti Kejuruteraan Elektrik
Universiti Teknologi Malaysia

APRIL 2018

DEDIKASI

Dedikasi ini dipersembahkan kepada:

Almarhum Papa Drs. H. Azhari Zakri, M.Pd

Mama Hj. Djusmaniar, Kas, S.Ag

Suami Narwan, ST

Untuk Anak-Anak Tersayang:

Naufal Fikri Aulia

Haura Fikriyyah Tsany

Zahra Fikriyyah Tsalits.

Serta Adik-adik

atas segala sokongan, perhatian dan pengertian yang sentiasa memberi semangat dan doa selama pengajian sehingga tesis ini selesai.

Setinggi Penghargaan Kepada:

Prof. Dr. Ir. Mohd Wazir Mustafa

Atas nasihat, bimbingan dan tunjuk ajar serta ilmu yang curahkan.

Hanya Allah SWT sahaja yang dapat membalas

PENGHARGAAN

Pertama dan terutama, saya ingin mengucapkan syukur tak terhingga kepada Allah SWT yang telah memberi saya kekuatan dan kesabaran dalam menjalani pengajian ini, dan kepada penyelia Prof. Dr. Ir. Mohd Wazir Mustafa untuk bimbingan dan semangat yang diberikan.

Saya juga berterima kasih kepada kedua ibu bapa dan adik - adik atas segala cinta yang tak terbatas, yang terus menyokong dan doa disepanjang pengajian, Juga untuk suami dan anak-anak, yang selalu memberi semangat dan sokongan serta doa sehingga tesis ini selesai.

ABSTRAK

Sistem perlindungan talian penghantaran adalah satu isu yang mencabar dalam perlindungan sistem kuasa kerana keperluan kaedah yang pantas dan tepat. Diagnosis kerosakan talian penghantaran yang konvensional dilaksanakan sama ada untuk pengesanan dan klasifikasi kerosakan atau pengesanan dan lokasi kerosakan sahaja. Ini memerlukan masa yang agak panjang sama ada untuk menentukan lokasi atau klasifikasi kerosakan. Tiada penyelidik yang melaksanakan pengesanan, klasifikasi dan lokasi kerosakan serentak disebabkan transaksi data dan masa lengah yang tinggi. Bagi menjamin keterusan bekalan, pusat kawalan memerlukan maklumat kerosakan yang lengkap dan cepat agar tindakan susulan dapat disegerakan. Antara teknik pintar yang lazim diaplikasikan adalah kaedah Lojik Kabur (LK), Rangkaian Neural Rambatan Balik (RNRB), mesin vektor sokongan. Tesis ini membangunkan diagnosis kerosakan berasaskan algoritma kaedah hibrid pintar bagi pengesanan, klasifikasi dan lokasi kerosakan. Kaedah yang dicadangkan ini adalah gabungan di antara kaedah RNRB dan LK yang dikenali sebagai Sistem Inferen Neural Kabur Ubah Suai (SINKUS). Algoritma SINKUS dicadangkan bagi meintegrasikan latihan data bagi pengesanan, klasifikasi dan lokasi kerosakan talian penghantaran sistem kuasa. Bagi setiap tugas, empat struktur SINKUS berbeza dibangunkan, menghasilkan sejumlah dua belas struktur SINKUS. Setiap satu mempunyai enam input dan dikaburkan menggunakan fungsi keahlian tiga segi. Ketika pengesanan kerosakan, sistem mengesan fasa berkenaan menerusi empat struktur SINKUS dan menyalurkan informasi kepada peringkat berikut untuk klasifikasi. Di peringkat ini, sistem berupaya untuk mengasingkan kerosakan dalam fasa pengesanan menerusi empat struktur SINKUS dan berupaya untuk menentukan lokasi kerosakan. Keberkesanan algoritma baharu ini diuji ke atas Sistem Ujian IEEE 13-bas, Sistem Ujian IEEE 118-bas dan Sistem Kuasa Riau. Jenis kerosakan yang dijalankan dalam diagnosis kerosakan adalah kerosakan simetri dan kerosakan asimetri. Keputusan simulasi ini dibandingkan dengan kaedah LK dan RNRB bagi mengesah prestasinya. Daripada pemerhatian keputusan yang diperolehi, didapati masa lengah menggunakan kaedah SINKUS adalah di antara 0.11 hingga 0.16 saat atau telah berkurang 20% kepada pelbagai skala sistem kuasa dengan ketepatan 99.95%. Oleh itu, teknik yang dicadangkan ini dapat memberi maklumat kerosakan yang terperinci, cepat serta tepat dan boleh untuk diaplikasikan pada sistem kuasa berskala besar.

ABSTRACT

Transmission line protection system is one of the most challenging issues in power system protection due to requirements of fast and accurate technique. Fault diagnosis on the transmission line conventionally is implemented either for detection and classification or detection and location of fault only. This leads to time consuming either to locate or classify fault. None of the researchers perform detection, classification and location of fault simultaneously due to huge data transactions and delays. To ensure the availability of supplies, the control centre requires fast and complete information data for immediate follow-up. Among typical intelligent techniques which are normally applied include Fuzzy Logic (LK), Back Propagation Neural Network (RNRB), Support Vector Machines. This thesis develops a fault diagnosis based on the hybrid intelligent algorithms for detection, classification and location of fault simultaneously. The proposed technique is a combination of RNRB and LK techniques known as Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (SINKUS). SINKUS algorithm has been proposed to enhance the integrated data training for detection, classification and location of faults in power system transmission lines. For each of the stated assignment, four different SINKUS structures were developed producing a total of twelve SINKUS structures, each with six inputs and fuzzified using triangular membership function. During fault detection the system detects the affected phase through four different SINKUS structures and feeds the information to the next stage for classification. At this stage, the system is able to classify the type of the fault in a detected phase, using another four different SINKUS structures. On successful classification, another group of four SINKUS structures can be able to position the fault location. The effectiveness of the proposed algorithm is demonstrated on 13-bus IEEE Test System, 118-bus IEEE Test System and the Riau Power System. The types of fault performed in the diagnosis are symmetrical and asymmetrical faults. The simulation results are compared with the LK and the RNRB techniques to verify its performance. From the observed results, it is found that the relay operating time using SINKUS technique is only within 0.11 to 0.16 seconds or has been reduced to about 20% to various scales of power systems with 99.95% accuracy. Hence, the proposed technique is able to provide complete, fast and accurate fault information and can be applied to large-scale power system.

ISI KANDUNGAN

BAB	TAJUK	HALAMAN
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	ISI KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	x
	SENARAI RAJAH	xii
	SENARAI TATA NAMA	xv
	SENARAI SIMBOL	xvii
	SENARAI LAMPIRAN	xix
1	PENDAHULUAN	
	1.1 Latar Belakang Kajian	1
	1.2 Motivasi Kajian	3
	1.3 Pernyataan Masalah	4

1.4	Kepentingan Kajian	5
1.5	Objektif Kajian	6
1.6	Skop Kajian	7
1.7	Susunan Tesis	7
2	KAJIAN PUSTAKA	
2.1	Pengenalan	9
2.2	Kaedah Pintar Untuk Pengesanan Kerosakan	10
2.3	Kaedah Pintar Untuk Klasifikasi Kerosakan	12
2.4	Kaedah Pintar Untuk Lokasi Kerosakan	13
2.5	Kaedah Hibrid Pintar Untuk Pengesanan dan Klasifikasi Kerosakan	14
2.6	Kaedah Pintar Untuk Klasifikasi dan Lokasi Kerosakan	14
2.7	Kaedah Pintar Untuk Pengesanan, Klasifikasi dan Lokasi Kerosakan	15
2.8	Diagnosis Kerosakan Dalam Geganti dan Pemutus Litar	16
2.8.1	Geganti Jarak	20
2.8.2	Ciri-Ciri Geganti Jarak	24
2.9	Zon Perlindungan	27

2.10	Kaedah Neuro-Kabur	28
2.10.1	SINKUS	32
2.10.2	Sistem inferens Kabur	36
2.10.3	Peraturan <i>If-Then</i>	39
2.10.4	Fungsi Keahlian	42
2.11	Rangkaian Neural Buatan	46
2.11.1	Rangkaian Neural Rambatan Balik	50
2.12	Ringkasan	57

3

KAEDAH PENYELIDIKAN

3.1	Pengenalan	59
3.2	Kaedah Hibrid Pintar yang Dibangunkan	61
3.2.1	Kaedah SINKUS Untuk Pengesanan Kerosakan	64
3.2.2	Kaedah SINKUS Untuk Klasifikasi Kerosakan	66
3.2.3	Kaedah SINKUS Untuk Lokasi Kerosakan	68
3.3	Kaedah RNRB Untuk Diagnosis Kerosakan	71
3.4	Ringkasan	74

4	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	
4.1	Pengenalan	75
4.2	Pengesanan dan Klasifikasi Kerosakan	79
4.2.1	Sistem Ujian I	79
4.2.2	Sistem Ujian II	88
4.2.3	Sistem Riau	94
4.3	Lokasi Kerosakan Menggunakan Kaedah SINKUS	100
4.3.1	Ujian Lokasi Kerosakan Untuk SU I	100
4.3.2	Ujian Lokasi Kerosakan Untuk SU II	104
4.3.3	Ujian Lokasi Kerosakan Untuk Sistem Riau	106
4.4	Kaedah RNRB Menentukan Diagnosis Kerosakan	109
4.5	Perbincangan dan Perbandingan Kaedah SINKUS Dengan Kaedah RNRB	114
4.6	Diagnosis Kerosakan dan Pengesahan Diagnosis Kerosakan	119
4.7	Perbandingan Analisis Kerosakan Simetri dan Tidak Simetri Hasil Simulasi Terhadap Pengiraan Teori	
4.8	Ringkasan	122
		127

5	KESIMPULAN DAN CADANGAN	
5.1	Kesimpulan	128
5.2	Pencapaian Objektif Penyelidikan	129
5.3	Sumbangan Penyelidikan	130
5.3	Cadangan	131
	RUJUKAN	132
	Lampiran A-H	143

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	HALAMAN
4.1	Diagnosis dan verifikasi kerosakan yang akan dijalankan	76
4.2	Parameter sistem dan talian penghantaran SU-I	78
4.3	Keputusan SIMULINK pelbagai kerosakan di Talian 1 [*] -6 SU-I	83
4.4	Parameter sistem dan talian penghantaran SU-II	88
4.5	Keputusan SIMULINK pelbagai kerosakan di Talian 2 [*] -12 SU-II	93
4.6	Parameter sistem dan talian penghantaran sistem Riau	94
4.7	Keputusan SIMULINK pelbagai kerosakan di talian GS-BG (B1-B2)	99
4.8	Data masukan keadaan kerosakan untuk Talian 1 [*] -6 di SU-I	101
4.9	Data masukan SINKUS bagi kerosakan untuk Talian 2 [*] 12 di SU-II	105
4.10	Data masukan SINKUS bagi kerosakan untuk talian	

	GS*-BG (B1-B2)	107
4.11	Data masukan latihan untuk kaedah RNRB	110
4.12	Proses latihan dan ujian kaedah RNRB	110
4.13	Keputusan latihan dan ujian RNRB	111
4.14	Perbandingan latihan data antara kaedah SINKUS dan RNRB	119
4.15	Ralat diagnosis kerosakan untuk SU-I	120
4.16	Ralat diagnosis kerosakan untuk SU-II	121
4.17	Ralat diagnosis kerosakan untuk Sistem Riau	122
4.18	Perbandingan ralat nilai voltan bagi analisis kerosakan SU-I	124
4.19	Perbandingan ralat nilai arus bagi analisis kerosakan SU-I	124
4.20	Perbandingan ralat nilai voltan bagi analisis kerosakan SU-II	125
4.21	Perbandingan ralat nilai arus bagi analisis kerosakan SU-II	125
4.22	Perbandingan ralat nilai voltan bagi analisis kerosakan Sistem Riau	126
4.23	Perbandingan ralat nilai arus bagi analisis kerosakan Sistem Riau	126

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	HALAMAN
2.1	Skim perlindungan untuk geganti jarak	16
2.2	Pelaksanaan pengesanan kerosakan	18
2.3	Klasifikasi kerosakan dan regresi bagi skim perlindungan	18
2.4	Kawasan perlindungan geganti jarak	23
2.5	Geganti perlindungan menggunakan jarak mho	25
2.6	Contoh arus geganti 1 untuk perlindungan talian 1-2	27
2.7	Model RNK	31
2.8	Model SNK dengan sistem inferens kabur	32
2.9	Sistem inferen kabur bagi masukan voltan dan arus	35
	Struktur model SINKUS	35
2.10	Fungsi keahlian keanggotaan segitiga	35
2.11	Peraturan LK bentuk segitiga	38
2.12	Bentuk umum daripada fungsi keahlian	40
2.13	Contoh fungsi keahlian (a) set remaja (b) set	44

2.14	dewasa	
	Model RNRB	45
2.15	Senibina RNRB	43
2.16	Model talian penghantaran di sistem perlindungan	46
3.1	Algoritma kaedah SINKUS untuk diagnosis kerosakan	57
3.2	Algoritma untuk pengesanan kerosakan	60
	Algoritma untuk pengesanan kerosakan	63
3.3	Algoritma klasifikasi kerosakan	65
3.4	Algoritma untuk lokasi kerosakan	67
3.5	Algoritma kerosakan dijalankan dengan kaedah SINKUS	69
3.6	Algoritma kaedah RNRB bagi diagnosis kerosakan	
	Carta Alir keseluruhan analisis	70
3.7	Litar SU-I MATLAB SIMULINK	73
4.1	Litar SU-II MATLAB SIMULINK	78
4.2	Litar Sistem Riau MATLAB SIMULINK	80
4.3	Keadaan kerosakan FB SU-I (a) Voltan 3 fasa (b)	81
4.4	Arus 3 fasa	82
4.5	Keadaan kerosakan FFB SU-I (a) Voltan 3 fasa (b)	83
	Arus 3 fasa	
4.6	Keadaan kerosakan FF SU-I (a) Voltan 3 fasa (b)	84
	Arus 3 fasa	
4.7	Keadaan kerosakan FFF SU-I (a) Voltan 3 fasa (b)	
	Arus 3 fasa	85

4.8	Keadaan kerosakan FB SU-II (a) voltan (b) arus 3 fasa	86
4.9	Keadaan kerosakan FFB SU-II (a) voltan (b) arus 3 fasa	89
4.10	Keadaan kerosakan FF SU-II (a) voltan (b) arus 3 fasa	90
4.11	Keadaan kerosakan FB SR (a) voltan (b) arus 3 fasa	91
4.12	Keadaan kerosakan FFB SR (a) voltan (b) arus 3 fasa	92
4.13	Keadaan kerosakan FF SR (a) voltan (b) arus 3 fasa	95
4.14	Keadaan kerosakan FFF SR (a) voltan (b) arus 3 fasa	97
4.14	Struktur SINKUS setelah dijalankan via MATLAB GUI	96
4.15	Latihan data dengan fungsi keahlian	97
4.16	Defuzifikasi untuk menentukan zona perlindungan	98
4.17	Graf permukaan SU-I bagi lokasi kerosakan	102
4.17	Latihan data dengan fungsi keahlian $f(k)$	102
4.17	Graf permukaan SU-I bagi lokasi kerosakan	102
4.18	Pengujian data terhadap keluaran Sistem Riau	103
4.19	Graf permukaan Sistem Riau lokasi kerosakan	105
4.20	Graf latihan lelaran terhadap ralat	106

4.21	Graf pengujian jarak terhadap ralat	105
4.22	Graf latihan target terhadap jarak keluaran	108
4.23	Perbandingan latihan data kaedah SINKUS dan RNRB	108
4.24		112
4.25	Perbandingan latihan data kaedah SINKUS dan RNRB bagi pemutus litar	113
4.26		113
4.27	Perbandingan keberkesanan kaedah SINKUS dan RNRB bagi pemutus litar	
4.28	Perbandingan SINKUS dengan LK bagi diagnosis kerosakan	115
4.29	Perbandingan nilai keahlian kaedah SINKUS dengan LK	115
4.30	Perbandingan ralat kaedah SINKUS dengan kaedah RNRB	116
4.31		117
4.32		117
4.33		118

SENARAI TATANAMA

ETAP	- <i>Electrical Transient Analyzer Program</i>
EMS	- <i>Energy Management System</i>
EEG	- Elektroensefalogram
FB	- Fasa ke Bumi - Fasa ke Fasa
FF	- Fasa ke Fasa ke Bumi
FFB	- Fasa ke Fasa ke Fasa - Graf Logik Kabur
FFF	- Jelmaan Wavelet
GLK	- Komponen Kuasa Jujukan Reaktif
JW	
KKJR	
LK	- Logik Kabur
LM	- Levenberg Marquardt
MVS	- Mesin Vektor Sokongan
NK	- Neuro Kabur - Pengoptimuman Kecerunan Zarah
PKZ	- Rangkaian Neural Buatan
RNB	- Rangkaian Neural Rambatan Balik
RNRB	- Rangkaian Neural Pengecaman Corak
RNRC	- Rangkaian Neural Kabur

RNK	- Rangkaian Bayesian
RB	- Sistem Pakar
SP	- Sistem Neuro Kabur
SNK	- Sistem inferens Kabur
SIK	- Sistem inferen Neural Kabur Ubah Suai
SINKUS	
TA	- Transformer Arus
TV	- Transformer Voltan
TS	- Takagi Sugeno
TPB	- Teknik Pintar Buatan
VT	- Voltan Tinggi
VAT	- Voltan Amat Tinggi
WM	- Wavelet Morfologi

SENARAI SIMBOL

$a(t)$	- Amplitud dalam tempoh T
a_i, b_i, c_i	- Set parameter fungsi keahlian
A_i, B_i	- Label linguistik
α	- Nilai parameter untuk operasi Dubois dan Prade
$b(n)$	- Binari rawak
∂_k	- Pembetulan ralat lapisan keluaran ke lapisan tersembunyi
∂_j	- Pembetulan ralat lapisan tersembunyi ke lapisan masukan
\emptyset_x	- sudut jangkauan dibulatan
\emptyset_R	- sudut jangkauan geganti
G_k	- Galangan kerosakan
I_0	- Arus jujukan sifar
I_1	- Arus jujukan positif
I_2	- Arus jujukan negatif
I_k	- Arus kerosakan
$I_{a,b,c}$	- Arus a, b, c
I_{beban}	- Arus beban
λ	- Nilai parameter untuk operasi Dombi
γ	- Nilai parameter untuk operasi Hamacer
μ_n	- Fungsi keahlian ke- n

μ_{Ai}, μ_{Bi}	- Set fungsi keahlian ke- i
$\mu_A(x)$	- Darjah keahlian set A untuk elemen x
$\mu_B(x)$	- Darjah keahlian set B untuk elemen x
O_{1i}	- Keluaran ke- i
O_{2k}	- Keluaran ke- k
$p(t)$	- Unit amplitud dalam tempoh T
ρ	- Nilai parameter untuk Yager
R	- Rintangan
R_c	- rintangan dari nisbah transformer arus
R_v	- rintangan dari nisbah transformer voltan
t_k	- Sasaran ke- k
T	- Tempoh isyarat
V_{oj}	- Nilai pincang pada neuron keluaran ke- k
$V_{a,b,c}$	- Voltan a, b, c
V_0	- Voltan jujukan sifar
V_1	- Voltan jujukan positif
V_2	- Voltan jujukan negatif
V_k	- Voltan kerosakan
w_{0k}	- Pemberat pincang pada neuron
ω_n	- Pemberat ke- n
ϖ_n	- Pemberat lapisan ke- n
ϖ_1	- Pemberat lapisan ke- 1

ω_k	- Pemberat ke- k
x, y	- Masukan nod
X	- Regangan
Y_k	- Neuron keluaran ke- k
Z_L	- Galangan talian
Z_{L1}	- Galangan talian pertama
Z_{L2}	- Galangan talian kedua
Z_{L3}	- Galangan talian ketiga
Z_x	- Galangan jangkauan dibulatkan
Z_R	- Galangan jangkauan geganti
$Z_{R(Sec)}$	- Galangan jangkauan talian sokongan
$Z_{R(Pri)}$	- Galangan jangkauan talian utama
Z_1	- Zon perlindungan utama
Z_2	- Zon perlindungan sokongan 1
Z_3	- Zon perlindungan sokongan 2
$Zon 1$	- Zon perlindungan utama
$Zon 2$	- Zon perlindungan sokongan pertama
$Zon 3$	- Zon perlindungan sokongan kedua

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	HALAMAN
A	Senarai Penerbitan	143
B	Rekod Kerosakan Sistem Riau	145
C	Sistem Ujian	148
D	Data Sistem Riau	158
E	Proses MATLAB SIMULINK	166
F	Pengiraan Geganti Jarak	172
G	Data Latihan Kaedah RNRB	174
H	Kerosakan di Talian Penghantaran	177

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Latar Belakang

Sistem perlindungan boleh mengesan kerosakan berasaskan maklumat yang diperolehi daripada operasi geganti dan pemutus litar. Geganti dan pemutus litar merupakan dua peranti perlindungan yang bekerja dalam sistem perlindungan semasa berlaku kerosakan [1], [2]. Oleh kerana itu, perlu adanya pengesanan, klasifikasi dan lokasi kerosakan di sistem kuasa. Pelbagai aplikasi daripada

kaedah pintar digunakan dalam analisis kerosakan [3], seperti: di sistem talian penghantaran [4], sistem pengagihan dan transformer kuasa yang telah dilaksanakan oleh para penyelidik [5].

Ramai penyelidikan telah mengkaji mengenai pengesanan dan lokasi kerosakan di talian sistem kuasa elektrik. Beberapa penyelidik telah membincangkan mengenai lokasi kerosakan di sistem pengagihan [6, 7], pengesanan kerosakan di sistem pengagihan berasaskan kaedah Jelmaan Hilbert-Huang [8, 9], dan pengesanan kerosakan dalam transformer kuasa [10], juga kaedah Mesin Vektor Sokongan (MVS) untuk menganalisis kerosakan di sistem talian kuasa [11] dan mengenal pasti kerosakan simetri talian penghantaran menggunakan rekod kerosakan daripada maklumat geganti [12]. Walau bagaimanapun semua kaedah bagi diagnosis kerosakan tersebut dijalankan secara berasingan. Justeru ianya menyebabkan kelewatan penerimaan maklumat di pusat kawalan.

Kemudian, kaedah Rangkaian Neural (RN) telah dicadangkan oleh Arturo *et al.* [13] bagi pengesanan kerosakan dalam sistem kuasa. Kaedah RN ini menggunakan kebolehan pengiktirafan corak RN yang telah diperolehi dalam kes kehilangan data [14]. Kamel *et al.* membuat satu penyesuaian skim dilatih berasaskan Rangkaian Neural Rambatan Balik (RNRB) dengan teori Levernberg-

Marquardt (LM) di talian penghantaran [15], bagi mengenalpasti kerosakan simetri yang berlaku semasa perubahan kuasa [16]. Kaedah ini didapati semakin rumit bagi menilai bahagian yang rosak dan justeru satu penambahbaikan untuk menyelesaikan masalah kerumitan diagnosis kerosakan amat diperlukan.

Seterusnya Upendar *et al.* [17] membuat kaedah yang membangunkan pada pangkalan data yang akan digunakan untuk melatih RN. Kaedah RN akan mempunyai corak sebagai masukan dan keluaran bagi setiap neuron. Kaedah RN ini akan berfungsi untuk menilai darjah keahlian dalam sistem komponen untuk klasifikasi kerosakan. Oleh kerana proses penghantaran data kepada pusat kawalan data berlaku pada masa yang sama, maka proses diagnosis kerosakannya tidak boleh hanya menggunakan kaedah Kabur sahaja. Ini disebabkan sangat sukar untuk menilai bahagian yang rosak. Maka suatu kaedah hibrid pintar bagi menjamin kepastian dalam diagnosis kerosakan diperlukan.

Beberapa penyelidik telah menggunakan struktur skim yang telah dicadangkan boleh dibahagikan kepada tiga kategori utama: pengesanan kerosakan [18, 19], klasifikasi kerosakan [20, 21], dan lokasi kerosakan [22]. Dalam algoritma corak pengiktirafan, pendedahan fungsi mewujudkan sifat-sifat isyarat kerosakan menggunakan kaedah Neuro-Kabur (NK) [16].

1.2 Motivasi Kajian

Kerosakan sistem kuasa boleh berlaku dimana-mana bahagian sistem kuasa, samada di kawasan penjanaan, penghantaran atau pengagihan. Kerosakan itu merupakan sesuatu yang merugikan bila ditinjau daripada beberapa sudut, oleh itu sistem perlindungan diperlukan yang berfungsi seperti berikut:

- i. Mencegah atau membatasi berlaku kerosakan di talian penghantaran.
- ii. Meningkatkan kesinambungan bekalan tenaga elektrik.

Maklumat kerosakan sediada yang dihantar daripada pemutus litar ke pusat kawalan dalam masa nyata hanya untuk pengesanan kerosakan dan lokasi kerosakan. Namun, maklumat klasifikasi kerosakan tidak diperolehi daripada pusat kawalan. Contoh maklumat kerosakan yang berlaku di Sistem Riau ini ditunjukkan dalam Lampiran B. Lampiran B ini menyatakan rekod kerosakan sistem sebenar iaitu pengesanan dan lokasi kerosakan sahaja. Oleh itu, penyelidikan ini berhasrat untuk melangkaui kajian ke atas pengesanan, klasifikasi kerosakan sehingga ke lokasi kerosakan di talian penghantaran dengan menggunakan kaedah hibrid pintar.

1.3 Pernyataan Masalah

Diagnosis kerosakan dewasa ini amat memerlukan algoritma kaedah hibrid pintar bagi pengesanan, klasifikasi dan juga lokasi kerosakan. Namun algoritma yang sediaada ini masih memerlukan kepada penambahbaikan, seperti berikut:

- i. Maklumat data pada keadaan sebenarnya memiliki masa lengah yang panjang iaitu 0.4 saat hingga 0.8 saat untuk geganti sokongan [54]. Maka geganti sokongan sukar untuk diselaraskan yang menyebabkan masa kerosakan yang panjang. Justeru kelewatan terjadi dalam sistem perlindungan bagi menghantarkan isyarat kepada geganti dan menyebabkan pemutus litar lewat atau gagal belantik.
- ii. Pusat kawalan tidak memberi maklumat mengenai klasifikasi kerosakan untuk keadaan yang sebenar. Ianya memberi isyarat pengesanan dan lokasi kerosakan sahaja. Oleh itu, amat penting bahagian klasifikasi kerosakan di talian penghantaran sistem kuasa.
- iii. Kajian sebelum ini dilakukan berhubungkait dengan pengesanan, klasifikasi dan lokasi kerosakan di sistem kuasa menggunakan kaedah Lojik Kabur (LK). Pencapaian keberkesanan diagnosis kerosakan bagi kaedah LK ini iaitu 20%. Pencapaian untuk nilai darjah keahlian iaitu 19% [22].

- iv. Kajian yang dilakukan berhubungkait dengan pengesanan, klasifikasi dan lokasi kerosakan di sistem kuasa yang dilaksanakan diagnosis kerosakan secara terasing menggunakan kaedah RNRB dalam peratusan 10% hingga 85%.

Bagi mengatasi masalah di atas ini, kajian ini mencadangkan satu algoritma baharu berasaskan kepada kaedah hibrid pintar. Kaedah hibrid pintar ini adalah gabungan kaedah pintar daripada sistem Rangkaian Neural Buatan (RNB) dan Logik Kabur (LK) yang dikenali dengan Sistem inferens Neural Kabur Ubah Suai (SINKUS). Dengan mengaplikasikan algoritma yang dicadangkan ini akan dapat merungkaikan masalah yang dinyatakan. Ini akan dijelaskan dengan lebih lanjut dalam di Bab 2.

1.4 Kepentingan Kajian

Diantara kepentingan kajian ini adalah:

- i. Penyesuaian algoritma baharu untuk memastikan algoritma diagnosis kerosakan sesuai dan berkesan bagi sistem kuasa kecil dan besar.
- ii. Diagnosis kerosakan dapat dilakukan dengan tepat dan cepat di talian penghantaran untuk meningkatkan kebolehpercayaan pada sistem kuasa.

- iii. Ianya boleh dengan cepat memulihkan perkhidmatan dan mengecilkkan kerugian ekonomi.
- iv. Penggunaan aplikasi kaedah hibrid pintar boleh meningkatkan kebolehpercayaan dan ketersediaan bekalan kuasa elektrik.

1.5 Objektif Kajian

Tujuan utama penyelidikan ini adalah untuk membangunkan satu kaedah baharu hibrid pintar (SINKUS) bagi pengesanan, klasifikasi dan lokasi kerosakan. Justeru itu objektif penyelidikan ini dapat dinyatakan seperti berikut:

- i. Membangunkan dan melaksanakan simulasi kaedah SINKUS untuk pengesanan kerosakan di talian penghantaran.
- ii. Membangunkan dan melaksanakan simulasi kaedah SINKUS untuk klasifikasi kerosakan di talian penghantaran.
- iii. Membangunkan dan melaksanakan simulasi bagi kaedah SINKUS untuk lokasi kerosakan di talian penghantaran.
- iv. Membangunkan kaedah RNRB bagi tujuan perbandingan dengan kaedah novel yang dicadangkan.

1.6 Skop Kajian

Skop kajian bagi penyelidikan ini adalah seperti berikut:

- i. Hanya simulasi untuk kerosakan litar pintas di talian penghantaran sahaja dilaksanakan menggunakan ETAP versi 11.
- ii. Simulasi untuk kerosakan simetri dan tak simetri bagi menentukan jenis kerosakan menggunakan perisian MATLAB SIMULINK versi 2010a.
- iii. Kaedah RNRB akan dibangunkan dan hasilnya digunakan untuk verifikasi kepada kaedah SINKUS yang dicadangkan
- iv. Dalam penyelidikan ini hanya langkah perambatan balik yang digunakan bagi menentukan hasil keluaran kaedah RNRB.
- v. Kaedah LK juga digunakan untuk perbandingan, namun dari hasil ujiannya menggunakan daripada Yadav *et al.* [22].

1.7 Susunan Tesis

Tesis ini dilaporkan dalam lima (5) bab. Bab 1 akan membincangkan mengenai pengenalan umum keseluruhan tesis termasuk motivasi, pernyataan masalah, kepentingan kajian, objektif kajian, skop kajian, dan juga susunan tesis.

Bab 2 akan melaporkan tinjauan pustaka dan juga teori-teori yang telah digunakan berhubungkait dengan kajian ini. Selain itu, pada bab ini juga akan menjelaskan mengenai masalah skim perlindungan untuk diagnosis kerosakan, geganti jarak, ciri-ciri geganti jarak, zon perlindungan, penggunaan kaedah pintar untuk pengesanan, klasifikasi dan lokasi kerosakan.

Bab 3 akan memaparkan kaedah penyelidikan yang dicadangkan iaitu kaedah RNRB dan kaedah NK. Pada bahagian ini akan mendedahkan kaedah pintar dan kaedah hibrid pintar iaitu: kaedah RNRB dan pengenalan kaedah NK.

Bab 4 pula akan membentangkan keputusan serta perbincangannya. Pada bahagian ini mendedahkan ujian pengesanan dan klasifikasi kerosakan untuk sistem ujian I, sistem ujian II dan Sistem Riau. Ujian lokasi kerosakan menggunakan kaedah SINKUS untuk SU-I, SU-II, dan Sistem Riau. Menentukan diagnosis kerosakan menggunakan kaedah RNRB. Perbincangan dan perbandingan kaedah SINKUS dengan kaedah RNRB. Perbandingan ralat analisis kerosakan di setiap sistem ujian iaitu SU-I, SU-II dan Sistem Riau.

Bab 5 merupakan bahagian kesimpulan, sumbangan penyelidikan dan cadangan penyelidikan. Tesis ini diakhiri dengan rujukan dan juga beberapa lampiran.

RUJUKAN

1. Yuan. Liao and Kang. Ning. (2009). Fault Location Algorithms Without Utilizing Line Parameters Based on The Distributed Parameter Line Model. *IEEE Transactions on Power Delivery*. **24**(2): p. 579-584.
2. Class, L.A.O. (2010). A Robust Communication-Based Special Protection System. *IEEE Transactions on Power Delivery*. **25**(3): p. 1314-1324.
3. Chengzong. Pang. and Mladen. Kezunovic. (2010). Fast Distance Relay Scheme for Detecting Symmetrical Fault During Power Swing. *IEEE Transactions on Power Delivery*. **25**(4): p. 2205-2212.
4. Ozdemir, A. (2011). Impacts of protection system misoperation on the reliability of Turkish National Power Transmission System. *Advanced Power System Automation and Protection (APAP) International Conference*.
5. Upendar, J., C.P. Gupta, and G.K. Singh. (2011). Comprehensive Adaptive Distance Relaying Scheme for Parallel Transmission Lines. *IEEE Transactions on Power Delivery*. **26**(2): p. 1039-1052.
6. Kang, Z., A. Tian, and Z. Bai. (2013). A Fault Area Location Method in Distribution Network With DG. *Telkomnika Indonesian Journal of Electrical Engineering*. **11**(11): p. 6870-6878.
7. Mustafa, M., W. El-Khattam, and Y. Galal. (2013). A novel fuzzy cause-and-effect-networks based methodology for a distribution system's fault diagnosis. *Electric Power and Energy Conversion Systems (EPECS), 3rd International Conference*.

8. Hashemi, S.M., M.T. Hagh, and H. Seyedi. (2014). A Novel Backup Distance Protection Scheme for Series Compensated Transmission Lines. *IEEE Transactions on Power Delivery*. **29**(2): p. 699-707.
9. Kang, Z., A. Tian, and Y. Feng. (2013). Fault Detection in Complex Distribution Network Based on Hilbert-Huang Transform. *Telkomnika Indonesian Journal of Electrical Engineering*. **11**(3): p. 1403-1413.
10. Ozgonenel, O., Erdal Kilic, M. Abdesh Khan and M. Azizur Rahman. (2008). A new method for fault detection and identification of incipient faults in power transformers. *Electric Power Components and Systems*. **36**(11): p. 1226-1244.
11. Ravikumar, B., D. Thukaram, and H.P. Khincha. (2008). Application of Support Vector Machines for Fault Diagnosis in Power Transmission System. *Generation, Transmission & Distribution, IET*. **2**(1): p. 119-130.
12. Schulze, R., P. Schegner, and R. Zivanovic. (2011). Parameter Identification of Unsymmetrical Transmission Lines Using Fault Records Obtained From Protective Relays. *IEEE Transactions on Power Delivery*. **26**(2): p. 1265-1272.
13. Arturo S. Bretas, a.A.G.P. (2003). Artificial Neural Networks in Power System Restoration. *IEEE Transaction On Power Delivery*. **18**(4).
14. Negnevitsky, M. and V. Pavlovsky. (2005). Neural Networks Approach to Online Identification of Multiple Failures of Protection Systems. *IEEE Transactions on Power Delivery*. **20**(2): p. 588-594.
15. Kamel, T.S., M.A. Moustafa Hassan, and A. El-Morshedy. (2009). Using a combined Artificial Intelligent Approach in Distance Relay for Transmission line Protection in EPS. *ICSCCW, Fifth International Conference*. p. 1-6.

16. Xiangning, L., G. Yan, and L. Pei. (2008). A Novel Scheme to Identify Symmetrical Faults Occurring During Power Swings. *IEEE Transactions on Power Delivery*. **23**(1): p. 73-78.
17. J. Upendar. (2010). Fault Classification Scheme Based on the Adaptive Resonance Theory Neural Network for Protection of Transmission Lines. *Electric Power Components and Systems Publication*.
18. Zhanjun. Gao., Qing. Chen, Lu. Shi. (2012). Power system fault diagnosis based on power grid. *Developments in Power Systems Protection, 11th International Conference*.
19. Qiteng, H., A. Dysko, and C. Booth. (2012). Intelligent System for Detecting Hidden Errors in Protection Settings. *Universities Power Engineering Conference (UPEC), 47th International*.
20. Upendar, J., C. Gupta, and G. Singh. (2010). Fault Classification Scheme Based on the Adaptive Resonance Theory Neural Network for Protection of Transmission Lines. *Electric Power Components and Systems*. **38**(4): p. 424-444.
21. Mahamedi, B. and Z. Jian Guo. (2013). Fault Classification and Faulted Phase Selection Based on the Symmetrical Components of Reactive Power for Single-Circuit Transmission Lines. *IEEE Transactions on Power Delivery*. **28**(4): p. 2326-2332.
22. Yadav, A. and A. Swetapadma. (2013). Enhancing the Performance of Transmission Line Directional Relaying, Fault Classification and Fault Location Schemes using Fuzzy inference System. *Generation, Transmission & Distribution, IET*. **9**(6): p. 580-591.
23. Hong-Chan, C. (2003). Fault Section Diagnosis of Power System Using Fuzzy Logic. *IEEE Transactions on Power Systems*. **18**(1): p. 245-250.

24. Jang, J.S.R. (1993). SINKUS: Adaptive Network Based Fuzzy Inference System. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*. **23**(3): p. 665-685.
25. Khan, S.A., M.D. Equbal, and T. Islam. (2015). A Comprehensive Comparative Study of DGA Based Transformer Fault Diagnosis using Fuzzy Logic and SINKUS Models. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*. **22**(1): p. 590-596.
26. Hooshmand, R.A., M. Parastegari, and Z. Forghani. (2012). Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System Approach for Simultaneous Diagnosis of the Type and Location of Faults in Power Transformers. *Electrical Insulation Magazine, IEEE*. **28**(5): p. 32-42.
27. Sang-Won Min Jong-Keun Park, S.K., Kwang-Ho Kim, kvHo Cho, Heung-Jae Lee. (2001). A Fuzzy Relation Based Fault Section Diagnosis Method for Power Systems Using Operating Sequences of Protective Devices. *IEEE*.
28. Chen, W.H. (2012). Online Fault Diagnosis for Power Transmission Networks Using Fuzzy Digraph Models. *IEEE Transaction On Power Delivery*. **27**(2).
29. T. S. Kamel, M.A.M.H., A. El-Morshedy. (2009). Using a Combined Artificial Intelligent Approach In Distance Relay For Transmission Line Protection In EPS. *IEEE*.
30. Esmailian, A. and S. Astinfeshan. (2011). A Novel Power Swing Detection Algorithm Using Adaptive Neuro Fuzzy Technique. *Electrical Engineering and Informatics (ICEEI), International Conference*.
31. Fang, W. (2011). Fault Diagnosis for Power Systems Based on Neural Networks. *Software Engineering and Service Science (ICSESS), IEEE 2nd International Conference*.

32. Kaliwoda, M. (2014). Fault Detection, Identification and Localization in Medium Voltage Networks Using Fuzzy Logic. *Developments in Power System Protection, 12th IET International Conference*.
33. Jafari, R., N. Moaddabi, M. Eskandari Nasab, G.B Gharehpetian and M.S Naderi. (2014). A Novel Power Swing Detection Scheme Independent of the Rate of Change of Power System Parameters. *IEEE Transactions on Power Delivery*. **29**(3): p. 1192-1202.
34. Roy, D.S., D.K. Mohanta, and A.K. Panda. (2008). Software Reliability Allocation of Digital Relay for Transmission Line Protection Using a Combined System Hierarchy and Fault Tree Approach. *IET*. **2**(5): p. 437-445.
35. Upendar, J., C.P Gupta, G.K Singh, G Ramakrishna. (2010). PSO and ANN-Based Fault Classification for Protective Relaying. *Generation, Transmission & Distribution, IET*. **4**(10): p. 1197-1212.
36. Seyedtabaai, S. (2012). Improvement in the Performance of Neural Network Based Power Transmission Line Fault Classifiers. *Generation, Transmission & Distribution, IET*. **6**(8): p. 731-737.
37. Livani, H. and C.Y. Evrenosoglu. (2013). A Fault Classification and Localization Method for Three Terminal Circuits Using Machine Learning. *IEEE Transactions on Power Delivery*. **28**(4): p. 2282-2290.
38. Meyar Naimi, H. (2012). A New Fuzzy Fault Locator for Series Compensated Transmission Lines. *Environment and Electrical Engineering (EEEIC), 11th International Conference*.
39. Lout, Kapildev. and Raj. K. Aggarwal. (2012). A Feedforward Artificial Neural Network Approach to Fault Classification and Location on a 132kV Transmission Line Using Current Signals. *Universities Power Engineering Conference (UPEC), 47th International*.

40. Seethalekshmi, K., S.N. Singh, and S.C. Srivastava. (2011). Synchrophasor Assisted Adaptive Reach Setting of Distance Relays in Presence of UPFC. *IEEE*. **5**(3): p. 396-405.
41. Babczyn. Tomasz ski, Mirosław Lukowicz and Jan Magott. (2010). Time Coordination of Distance Protections Using Probabilistic Fault Trees With Time Dependencies. *IEEE Transactions on Power Delivery*. **25**(3): p. 1402-1409.
42. Hooshyar, A., M.A. Azzouz, and E.F. El-Saadany. (2014). Distance Protection of Lines Connected to Induction Generator-Based Wind Farms During Balanced Faults. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*. **5**(4): p. 1193-1203.
43. Feng, L. and B. Jeyasurya. (2004). Transmission line distance protection using wavelet transform algorithm. *IEEE Transactions on Power Delivery*. **19**(2): p. 545-553.
44. Sykes, Jonathan, Vahid Madani, John Burger, Mark Adamik, William Premerlani. (2010). Reliability of protection systems (what are the real concerns). *63rd Annual Conference for Protective Relay Engineers*.
45. Li, J., X.-s. Li, and F. Li. (2010). Network Topology Based Simulation Modeling of Power System Protection. *Power System Technology (POWERCON), International Conference*.
46. Kirby, B. and H. Kang. (2008). Model Based Design for Power Systems Protection Relays, Using Matlab & Simulink. *Developments in Power System Protection, IET 9th International Conference*.
47. Moravej, Z., M. Khederzadeh, and M. Pazoki. (2012). New Combined Method for Fault Detection, Classification, and Location in Series

- compensated Transmission Line. *Electric Power Components and Systems*. **40**(9): p. 1050-1071.
48. De Souza, J.C.S. (2004). Alarm processing in electrical power systems through a neuro-fuzzy approach. *IEEE Transactions on Power Delivery*. **19**(2): p. 537-544.
 49. Jalilian, A., M.T. Hagh, and S.M. Hashemi. (2014). An Innovative Directional Relaying Scheme Based on Postfault Current. *IEEE Transactions on Power Delivery*. **29**(6): p. 2640-2647.
 50. Yann-Chang, H., Y. Hong-Tzer, and H. Ching-Lien. (1997). A new intelligent hierarchical fault diagnosis system. *IEEE Transactions on Power Systems*. **12**(1): p. 349-356.
 51. Kalam, A. and D.P. Kothari. (2010). Power system protection and communications. *Replika Press Pvt. Ltd.*
 52. Hansang, Lee, Changho Jung, Chong Suk Song, Seung Ryul Lee, Byeong Mo Yang and Gilsoo Jang. (2012). Novel Protection Scheme With the Superconducting Power Cables and Fault Current Limiters Through RTDS Test in Icheon Substation. *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*. **22**(3): p. 4705304-4705304.
 53. Grigsby, I.L. Power system. (2012). CRC Press Taylor & Francis Group.
 54. Pusat Pembagi Beban. (2006). Pelatihan O&M Relai Proteksi Jaringan. PT. PLN (Persero) P3B.
 55. Blackburn, J.L. (1987). Protective Relaying Principles and Application. Marcel Dekker Inc.
 56. Zhang, B. and Z. Yan. (2011). Advanced Electric Power Network Analysis. Cengage learning asia Pte Ltd and Tsinghua University Press.

57. Ghani, R.A., A. Mohamed, and H. Shareef. (2010). An approach for identifying faulty protection devices in a distribution system using SINKUS. *IPEC, Conference Proceedings*.
58. Assis, T.M.L., A.A. Nohara, and T.M. Valentini. (2009). Power System Dynamic Security Assessment through a Neuro-Fuzzy Scheme. *Intelligent System Applications to Power Systems, ISAP '09. 15th International Conference*.
59. Boyacioglu, M.A. and D. Avci. (2010). An Adaptive Network-Based Fuzzy Inference System (SINKUS) for the prediction of stock market return: The case of the Istanbul Stock Exchange. *Expert Systems with Applications*. **37**(12): p. 7908-7912.
60. Khorashadi, H.Z. and L. Zuyi. (2007). Transmission line distance protection using SINKUS and positive sequence components. *Bulk Power System Dynamics and Control - VII. Revitalizing Operational Reliability, IREP Symposium*.
61. Kodogiannis, V.S. and I. Petrounias. (2012). Power load forecasting using adaptive fuzzy inference neural networks. *Intelligent Systems (IS), 6th IEEE International Conference*.
62. Mellit, A. and S.A. Kalogirou. (2006). Neuro-Fuzzy Based Modeling for Photovoltaic Power Supply System. *Power and Energy Conference, PECon '06. IEEE International*.
63. Negnevitsky, M. and M. Ringrose. (2005). A neuro-fuzzy system for recognition of power quality disturbances. *Power Engineering Society General Meeting, IEEE*.

64. Rabbi, A.F., L. Azinfa, and R. Fazel-Rezai. (2013). Seizure prediction using adaptive neuro-fuzzy inference system. *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 35th Annual International Conference of the IEEE.*
65. Sadeghzadeh, S.M. and M. Ansarian. (2006). Neuro-Fuzzy Control of SSSC and SMES for Transient Stability Improvement of Power System Transmission Lines. *IJCNN '06, International Joint Conference.*
66. Setyaningrum, A.H. and P.M. Swarinata. (2014). Weather prediction application based on SINKUS (Adaptive neural fuzzy inference system) method in West Jakarta region. *Cyber and IT Service Management (CITSM), International Conference.*
67. Tarek, B., D. Said, and M.E.H. Benbouzid. (2013). Maximum Power Point Tracking Control for Photovoltaic System Using Adaptive Neuro Fuzzy. *Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER), 8th International Conference and Exhibition.*
68. Yuanyuan, C., J. Limin, and Z. Zundong. (2009). Mamdani Model Based Adaptive Neural Fuzzy Inference System and its Application in Traffic Level of Service Evaluation. *Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, FSKD '09. Sixth International Conference.*
69. Zadeh, H.K. (2006). Fuzzy-Neuro Approach to Investigating Transformer Inrush Current. *Transmission and Distribution Conference and Exhibition, IEEE PES.*
70. Full´er, R. (1995). Neural Fuzzy Systems. Abo Akademi University.
71. Zadeh, H.K. (2005). Fuzzy neuro approach to busbar protection. *Power Engineering Society General Meeting, IEEE.*
72. Reddy, M.J. and D.K. Mohanta. (2008). Adaptive-neuro-fuzzy inference system approach for transmission line fault classification and location

- incorporating effects of power swings. *Generation, Transmission & Distribution, IET*. **2**(2): p. 235-244.
73. Bi, T.S., Y. X Ni, C.M Shen, F.F Wu. (2000). A novel ANN fault diagnosis system for power systems using dual GA loops in ANN training. *Power Engineering Society Summer Meeting, IEEE*.
74. Vazquez, J.R., A.D. Martin, and R.S. Herrera. (2013). Neuro-fuzzy control of a grid-connected photovoltaic system with power quality improvement. *EUROCON, IEEE*.
75. Shengyang, H. and S.K. Starrett. (2009). Modeling power system load using adaptive neural fuzzy logic and Artificial Neural Networks. *North American Power Symposium (NAPS)*.
76. Yong, L. and C. Singh. (2011). Application of fuzzy inference systems for evaluation of failure rates of power system components. *Intelligent System Application to Power Systems (ISAP), 16th International Conference*.
77. Wenxin, G., et al. (2010). An Analytic Model for Fault Diagnosis in Power Systems Considering Malfunctions of Protective Relays and Circuit Breakers. *IEEE Transactions on Power Delivery*. **25**(3): p. 1393-1401.
78. Wen-Hui, C. (2012). Online Fault Diagnosis for Power Transmission Networks Using Fuzzy Digraph Models. *IEEE Transactions on Power Delivery*. **27**(2): p. 688-698.
79. Sang-Won, M., et al. (2001). A fuzzy relation based fault section diagnosis method for power systems using operating sequences of protective devices. *Power Engineering Society Summer Meeting*.
80. Sallama, A., M. Abbod, and P. Turner. (2012). Neuro-fuzzy system for power generation quality improvements. *Universities Power Engineering Conference (UPEC), 47th International*.

81. Upasani, N. and H. Om. (2013). Comparison Of Fuzzy Neural Clustering Based Outlier Detection Techniques. *IJCET*. **4**(4): p. 422-431.
82. Güler, İ. and E.D. Übeyli. (2005). Adaptive neuro fuzzy inference system for classification of EEG signals using wavelet coefficients. *Journal of Neuroscience Methods*. **148**(2): p. 113-121.
83. Singh, S. and D.N. (2015). Vishwakarma. Intelligent techniques for fault diagnosis in transmission lines An overview. *Recent Developments in Control, Automation and Power Engineering (RDCAPE), International Conference*.
84. Zadeh, H.K. (2005). Fuzzy Neuro Approach to Busbar Protection. *IEEE*.
85. Jang, J.-S.R. (1993). SINKUS: Adaptive Network Based Fuzzy Inference System. *IEEE Transaction On System Man And Cybernetics*. **23**(3).
86. A. Bahramifara, R.S., M. Mohammadic. (2013). An SINKUS-based Approach for Predicting the Manning Roughness Coefficient in Alluvial Channels at the Bank full Stage. *IJE Transactions Applications*. **26**(2).
87. Dash, P.K, A.K Pradhan and G Panda. (2000). Classification of power system disturbances using a fuzzy expert system and a Fourier linear combiner. *IEEE Transactions on Power Delivery*,. **15**(2): p. 472-477.
88. Kablan, A. (2009). Adaptive Neuro Fuzzy Inference Systems for High Frequency Financial Trading and Forecasting. *Advanced Engineering Computing and Applications in Sciences, ADVCOMP '09. Third International Conference*.
89. Vani, A. and P.S.R.C. Murthy. (2014). An Adaptive Neuro Fuzzy Inference System for fault detection in transformers by analyzing dissolved gases. *Information Technology, Computer and Electrical Engineering (ICITACEE) 1st International Conference*.

90. İnan Güller a, Elif Derya Ubeyli b. (2005). Adaptive neuro-fuzzy inference system for classification of EEG signals using wavelet coefficients. *Journal of Neuroscience Methods*.
91. Hyun-Joon, C. and P. Jong-Keun. (1997). An expert system for fault section diagnosis of power systems using fuzzy relations. *IEEE Transactions on Power Systems*. **12**(1): p. 342-348.
92. Nan, Z. and M. Kezunovic. (2007). Transmission Line Boundary Protection Using Wavelet Transform and Neural Network. *IEEE Transactions on Power Delivery*. **22**(2): p. 859-869.
93. Namdari, F., L. Hatamvand, and M. Nourizadeh. (2012). ANN based wide area protection of power systems. *Developments in Power Systems Protection, 11th International Conference*.
94. Michael Negnevitsky, V.P. (2005). Neural Networks Approach to Online Identification of Multiple Failures of Protection Systems. *IEEE Transactions on Power Delivery*. **20**(2).
95. Nguyen, T.T. and R. Gianto. (2008). Neural networks for adaptive control coordination of PSSs and FACTS devices in multimachine power system. *Generation, Transmission & Distribution, IET*. **2**(3): p. 355-372.
96. Phadke, A.S.B.A.G. (2003). Artificial Neural Networks in Power System Restoration. *IEEE Transactions on Power Delivery*. **18**(4): p. 6.
97. Whei-Min Lin, C.-H.L., and Zheng-Chi Sun. (2004). Adaptive Multiple Fault Detection and Alarm Processing for Loop System With Probabilistic Network. *IEEE Transactions on Power Delivery*. **19**(1).
98. F. Namdari, L.H., M. Nourizadeh. (2010). ANN Based Wide Area Protection Of Power Systems. *IEEE*.

99. Shengchun, Y. and Y. Lixin. (2011). Application of intelligent control based on neural networks in power system. *Software Engineering and Service Science (ICSESS), IEEE 2nd International Conference*.
100. Ghendy Cardoso, J., Jacqueline Gisèle Rolim, and Hans Helmut Zürn. (2004). Application of Neural-Network Modules to Electric Power System Fault Section Estimation. *IEEE Transactions on Power Delivery*. **19**(3).
101. Bretas, A.S. and A.G. Phadke. (2003). Artificial neural networks in power system restoration. *IEEE Transactions on Power Delivery*. **18**(4): p. 1181-1186.
102. Luitel, B., G. Kumar Venayagamoorthy, and G. Oliveira. (2013). Developing neural networks library in RSCAD for real-time power system simulation. *Computational Intelligence Applications In Smart Grid (CIASG), IEEE Symposium*.
103. T.S. Bi Y.X. Ni. (2000). A Novel ANN Fault Diagnosis System for Power Systems Using Dual GA Loops in ANN Training. *IEEE*.
104. Bipul Luitel, G.K.V.a.G.O. (2013). Developing Neural Networks Library in RSCAD for Real-Time Power System Simulation. *IEEE Computational Intelligence Applications in Smart Grid (CIASG)*.
105. Gianto, T.T.N.R. (2007). Neural networks for adaptive control coordination of PSSs and FACTS devices in multimachine power system. *IET Generation Transmission Distribution*. **2**(3).
106. J. Upendar, G. Ramakrishna. (2010). PSO and ANN-based fault classification for protective relaying. *Published in IET Generation, Transmission & Distribution*. **4**(10).

107. Kapildev. Lout. A. (2012). Feedforward Artificial Neural Network Approach to Fault Classification and Location on a 132kV Transmission Line Using Current Signals Only. *UPEC*.
108. Tomasz Babczyn´ski, M.L., and Jan Magott. (2010). Time Coordination of Distance Protections Using Probabilistic Fault Trees With Time Dependencies. *IEEE Transactions on Power Delivery*. **25**(3).
109. Zhanjun. Gao, Q.C., Lu. Shi. (2000). Fault Diagnosis of Power System Using Relay Protection Setting Values. *IEEE*.
110. Anna Larsson, A.G., Boming Zhang. (2006). Application of Neural Networks to the Identification of Steady State Equivalents of External Power Systems. *International Conference On Power System Technology, Chongqing*.
111. Missi Ebta Dame. (2011). Laporan Kerja Praktek. *PT. PLN Persero Wilayah Riau dan Kepulauan Riau, Pekanbaru*.