بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی و مهندسی

بخش مهندسی برق

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته برق گرایش قدرت

شناسایی، دسته‌بندی و تخمین مشخصات اغتشاشات کیفیت توان با استفاده از تبدیل S

استاد راهنما:

دکتر سعید اسماعیلی

استاد مشاور:

دکتر علی اکبر قره‌ویسی

مؤلف:

سعید هاشمی نژاد

اسفندماه 1389

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم که همیشه همراهم بودند

تشکر و قدردانی :

از استاد راهنمای عزیزم جناب آقای دکتر سعید اسماعیلی و همچنین استاد مشاورم جناب آقای دکتر علی اکبر قره ویسی و اساتید داور، آقایان دکتر مسعود رشیدی نژاد و دکتر محسن محمدیان کمال تشکر و قدر دانی را دارم.

چکیده

امروزه بحث کیفیت توان الکتریکی از اهمیت بسیار زیادی در صنعت برق برخوردار است. اولین موضوعی که در این زمینه مطرح می‌شود، شناسایی و دسته‌بندی اغتشاشات کیفیت توان است. برای دسته‌بندی یک اغتشاش باید مشخصات زمانی و فرکانسی آن در اختیار باشد. در این پایان نامه از تبدیل S برای استخراج مشخصات سیگنال اغتشاش استفاده شده است. تبدیل S آخرین و کامل‌ترین روش زمان-فرکانسی است که بعد از تبدیل فوریه و تبدیل موجک مطرح شده است. خروجی تبدیل S به صورت ماتریس مختلطی است که اطلاعات مربوط دامنه بر حسب زمان و دامنه بر حسب فرکانس و همچنین اطلاعات فازی سیگنال ورودی را در خود دارد. در این پایان نامه برای دسته‌بندی اغتشاشات از منحنی‌های دامنه بر حسب فرکانس، دامنه بر حسب زمان و انحراف استاندارد مقادیر زمانی دامنه در هر فرکانس استفاده شده است که این منحنی‌ها از ماتریس حاصل از تبدیل S استخراج شده است. سپس بر اساس مشخصات یاد شده یک سری شاخص‌های عددی از C_1 تا C_{10} استخراج می‌شود. این شاخص‌ها ورودی‌های یک تابع تمایز دهنده هستند. بر اساس خروجی‌های تابع تمایز دهنده، به هر کدام از اغتشاشات یک عدد نسبت داده می‌شود. بنابر این بر اساس مقدار خروجی این تابع نوع سیگنال اغتشاش تعیین می‌شود. در مرحلهٔ بعد یک روش احتمالاتی به نام مدل مارکوف مخفی برای دسته‌بندی اغتشاشات ارائه شده است که بر اساس شکل موج منحنی‌های استخراج شده از تبدیل S تصمیم‌گیری را انجام می‌دهد. پس از شناسایی و دسته‌بندی اغتشاشات در این پایان نامه روش‌هایی ارائه شده است که طی آن‌ها با کمک گرفتن از تبدیل S، مهم‌ترین مشخصات تعدادی از سیگنال‌های اغتشاش استخراج می‌شود. این مشخصات عبارتند از: مقدار و مدت وقوع سیگنال‌های کمبود ولتاژ، بیشبود ولتاژ و وقفه، فرکانس گذرا و زمان شروع سیگنال گذرای نوسانی و در آخر، مرتبه و دامنهٔ مؤلفه‌های هارمونیکی و در نتیجه THD سیگنال هارمونیک. در نهایت روشی ارائه شده است که با توجه به

آن و کمک گرفتن از تبدیل S بتوان نوع کمبود ولتاژ (A تا G) را در سیگنال‌های سه‌فازه تعیین کرد.

کلید واژه‌ها: کیفیت توان، دسته‌بندی، تبدیل S، اغتشاشات، مدل مارکوف مخفی، تخمین مشخصات، نوع کمبود ولتاژ

فهرست مطالب

1 مقدمه 1

1-1 مقدمه 2

2-1 دسته‌بندی اغتشاشات کیفیت توان 2

1-2-1 استخراج مشخصات سیگنال‌ها 2

1-1-2-1 تبدیل فوریهٔ سریع 3

2-1-2-1 تبدیل موجک 4

3-1-2-1 تبدیل S 4

2-2-1 دسته‌بندی اغتشاشات 6

3-1 طرح کلی این پایان نامه 7

1-3-1 آشکارسازی و دسته‌بندی سیگنال‌های اغتشاش 8

2-3-1 تعیین مشخصات سیگنال‌های اغتشاش 8

2 تعاریف و استانداردهای کیفیت توان 10

1-2 مقدمه 11

2-2 تعریف کیفیت برق 13

3-2 کیفیت برق-کیفیت ولتاژ 15

4-2 دلایل توجه به مسائل کیفیت برق 16

5-2 کمبود ولتاژ 17

1-5-2 رابطهٔ بین فلش ولتاژ و عملکرد تجهیزات 19

2-5-2 نحوهٔ گزارش فلش ولتاژ 20

3-5-2 طول دورهٔ زمانی 21

4-5-2 اثر فلش ولتاژ 21

6-2 برامدگی ولتاژ 23

7-2 قطعی ولتاژ 24

1-7-2 قطعی بادوام 24

2-7-2 قطعی کوتاه مدت 25

8-2 پدیده‌های گذرا 26

1-8-2 موج ضربه‌ای گذرا 26

2-8-2 موج نوسانی گذرا 27

9-2 هارمونیک‌ها 28

1-9-2 حدود قابل پذیرش 28

2-9-2 تأثیر تجمعی هارمونیک‌ها 30

3-9-2 حدود مجاز اعوجاج جریان برای هر مشترک 32

4-9-2 حدود مجاز اعوجاج ولتاژ در شبکه 35

5-9-2 مقادیر مجاز هارمونیک‌های میانی 36

6-9-2 منابع تولید هارمونیک 37

7-9-2 مقادیر مؤثر اعوجاج هارمونیکی 38

10-2 فلیکر 41

2-10-1 فلیکر ولتاژ و حدود مجاز آن 41
2-10-2 مشخصهٔ نوسان ولتاژ نمونه 41
2-10-3 محاسبهٔ تغییر ولتاژ نسبی 42
2-10-4 شاخص کوتاه‌مدت فلیکر 44
2-10-5 ارزیابی شاخص بلندمدت فلیکر 44
2-10-6 محدودهٔ زمانی برای دستیابی آماری به مقادیر اندازه‌گیری شده 44
2-10-7 حدود مجاز فلیکر ولتاژ در سطوح مختلف ولتاژ 45
2-11 عدم تعادل ولتاژ 45
2-12 وجود مقدار DC در ولتاژ 47
2-13 هارمونیک‌های میانی 47
2-13-1 منابع تولید هارمونیک‌های میانی 47
2-14 شکاف ولتاژ 48
2-15 نویز 48
3 تبدیلات زمان –فرکانسی 50
3-1 مقدمه 51
3-2 تبدیل فوریه 51
3-3 تبدیل فوریه زمان کوتاه 55
3-4 آنالیز با دقت چندگانه 58
3-5 تبدیل ویولت 59
3-5-1 تاریخچه 59
3-5-2 تبدیل ویولت پیوسته 63
3-5-3 وضوح در صفحهٔ زمان فرکانس 65
3-5-4 روابط ریاضی تبدیل ویولت 66
3-5-5 عکس تبدیل ویولت 69
3-5-6 گسسته سازی تبدیل ویولت پیوسته 70
3-5-7 تبدیل ویولت گسسته 72
3-6 تبدیل S 75
3-6-1 کلیات تبدیل S 75
3-6-2 محاسبه ریاضی تبدیل S 76
3-6-3 خاصیت خطی بودن تبدیل S و اثر نویز بر آن 79
3-6-4 تبدیل S و سیگنال تحلیلی 80
3-7 مقایسه تبدیل S و تبدیل ویولت پیوسته 81
3-7-1 نمونه برداری فرکانسی 82
3-7-2 استخراج سیگنال خطی 82
3-7-3 فاز و دامنه تبدیل S در مقابل فاز و دامنه تبدیل موجک 83
4 تحلیل و دسته‌بندی اغتشاشات کیفیت توان 84
4-1 مقدمه 85
4-2 دسته‌بندی اغتشاشات کیفیت توان 85
4-3 تحلیل کیفیت توان با تبدیل S 86

4-3-1 تحلیل تک‌فازه 86
4-3-2 تحلیل سه‌فازه 96
4-3-3 تعریف شاخص‌ها 98
4-3-4 تابع تمایز دهنده 101
4-4 تشخیص نوع کمبود ولتاژ 103
4-5 استخراج مشخصات اغتشاشات کیفیت توان 105
4-5-1 مدت زمان وقوع کمبود ولتاژ 105
4-5-2 مدت زمان وقوع بیشبود ولتاژ 106
4-5-3 مقدار کمبود و بیشبود ولتاژ 107
4-5-4 فرکانس گذرای سیگنال گذرای نوسانی 107
4-5-5 زمان شروع سیگنال گذرای نوسانی 108
4-5-6 THD هارمونیک 108
5 مدل مارکوف مخفی 111
5-1 مقدمه 112
5-2 مدل مارکوف مخفی 112
5-2-1 تعاریف 112
5-2-2 چگونگی تولید مشاهدات در مدل مارکوف مخفی 116
5-2-3 آموزش مدل 117
5-2-3-1 احتمال پیشرو 118
5-2-3-2 احتمال پسرو 119
5-2-3-3 محاسبه پارامترهای مدل 120
5-2-4 آزمایش (شناسایی خطا) 121
5-3 دسته‌بندی اغتشاشات کیفیت توان با تبدیل S و مدل مارکوف مخفی 124
5-3-1 آموزش بلوک‌های HMM 124
5-3-2 شناسایی سیگنال تست ورودی 128
6 نتایج شبیه‌سازی 130
6-1 مقدمه 131
6-2 تولید سیگنال‌های اغتشاش 132
6-2-1روش مبتنی بر مدل‌های ریاضی 132
6-2-2 روش مبتنی بر شبیه‌سازی 132
6-3 نتایج شبیه‌سازی 139
6-3-1 دسته‌بندی اغتشاشات با استفاده از تبدیل S و DF 139
6-3-2 دسته‌بندی اغتشاشات با استفاده از تبدیل S و HMM 141
6-4 تعیین مشخصات اغتشاشات کیفیت توان 145
6-5 تشخیص نوع کمبود ولتاژ 147
7 نتیجه‌گیری 148
7-1 نتیجه‌گیری 149
7-2 پیشنهادات 151

فهرست شکل‌ها

شکل 1-1 7
شکل 1-2 22
شکل 2-2 23
شکل 2-3 24
شکل 2-4 25
شکل 2-5 42
شکل 2-6 42
شکل 2-7 43
شکل 2-8 48
شکل 3-1 54
شکل 3-2 56
شکل 3-3 60
شکل 3-4 61
شکل 3-5 62
شکل 3-6 66
شکل 3-7 71
شکل 3-8 74
شکل 4-1 87
شکل 4-2 87
شکل 4-3 88
شکل 4-4 88
شکل 4-5 89
شکل 4-6 89
شکل 4-7 90
شکل 4-8 90
شکل 4-9 91
شک 4-10 91
شکل 4-11 92
شکل 4-12 92
شکل 4-13 93
شکل 4-14 93
شکل 4-15 94
شکل 4-16 97
شکل 4-17 97
شکل 4-18 104
شکل 4-19 106
شکل 4-20 108

شکل 4-21 110
شکل 5-1 113
شکل 5-2 113
شکل 5-3 123
شکل 5-4 124
شکل 5-5 128
شکل 5-6 129
شکل 6-1 135
شکل 6-2 135
شکل 6-3 136
شکل 6-4 136
شکل 6-5 137
شکل 6-6 137
شکل 6-7 138
شکل 6-8 138
شکل 6-9 139
شکل 6-10 145
شکل 6-11 146

فهرست جداول:

جدول 2-1 29
جدول 2-2 31
جدول 2-3 32
جدول 2-4 34
جدول 2-5 34
جدول 2-6 35
جدول 2-7 35
جدول 2-8 45
جدول 3-1 63
جدول 4-1 103
جدول 4-2 103
جدول 6-1 133
جدول 6-2 140
جدول 6-3 142
جدول 6-4 143
جدول 6-5 144
جدول 6-6 146
جدول 6-7 147
جدول 6-8 147

فصل اول

مقدمه

1-1 مقدمه

مسائل کیفیت توان و نتایج حاصل از آن، نتیجهٔ خطاها در شبکه و استفاده از بارهای غیرخطی، بارهای الکترونیک قدرت، سیستم قدرت نامتعادل، یکسوکننده‌های صنعتی و اینورترها هستند. این مسائل منجر به وجود اغتشاشات کیفیت توان مثل کمبود ولتاژ، بیشبود ولتاژ، هارمونیک، فلیکر، گذرای نوسانی، شکاف ولتاژ، گذرای ضربه‌ای، قطعی ولتاژ لحظه‌ای، میان-هارمونیک، زیر-هارمونیک، حضور مؤلفهٔ DC و نویز می‌شوند. ترکیبی از این اغتشاشات هم می‌تواند در سیگنال قدرت وجود داشته باشد. از این جمله می‌توان وجود همزمان کمبود ولتاژ و هارمونیک و بیشبود ولتاژ و هارمونیک را نام برد.

لازم به ذکر است که کیفیت برق در واقع همان کیفیت ولتاژ است، در نتیجه پارامتر ولتاژ در بررسی‌های کیفیت توان نقش کلیدی دارد. استفاده از وسایل الکترونیکی حساس که برای عملکرد با سیگنال ولتاژ عاری از اغتشاش طراحی شده‌اند، شرکت‌های برق را مجبور می‌سازد تا اغتشاشات کیفیت توان را شناسایی کرده و اقدامات لازم را جهت حذف یا کاهش آن‌ها انجام دهند. بنابراین استخراج مشخصات اغتشاشات و چگونگی شناسایی اتوماتیک آن‌ها برای بهبود کیفیت توان الکتریکی از اهمیت اساسی برخوردار است.

1-2 دسته‌بندی اغتشاشات کیفیت توان

دسته‌بندی اغتشاشات دارای دو مرحلهٔ عمده می‌باشد:

1) استخراج مشخصات سیگنال‌ها
2) دسته‌بندی سیگنال‌های اغتشاش بر اساس مشخصات استخراج شده

1-2-1 استخراج مشخصات سیگنال‌ها

برای استخراج ویژگی‌های زمانی و فرکانسی از روش‌های مختلفی استفاده شده است. از جملهٔ این روش‌ها می‌توان به تبدیل فوریهٔ سریع (FFT)[1] [1]، تبدیل موجک (WT)[2] [2-4]، و تبدیل S[3] (ST) [5-9] اشاره کرد که به ترتیب یک سیر تکاملی را برای استخراج مشخصات زمانی و فرکانسی سیگنال اغتشاش طی کرده‌اند.

[1] Fast Fourier Transform
[2] Wavelet Transform
[3] S Transform

1-1-2-1 تبدیل فوریه سریع

یک روش قدرتمند برای استخراج مشخصات فرکانسی سیگنال اغتشاش تبدیل فوریه است. با استفاده از این روش تمامی مؤلفه‌های فرکانسی و دامنهٔ آن‌ها قابل استخراج است. بنابراین مشخصات استخراج شده از این تبدیل به خوبی برای شناسایی سیگنال‌هایی مثل هارمونیک، کمبود و بیشبود ولتاژ می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. به طور کلی می‌توان اینگونه بیان کرد که تبدیل فوریل سریع برای شناسایی سیگنال‌های ساکن که مشخصات آن‌ها با زمان تغییر نمی‌کند به خوبی قابل استفاده است. اما برای سیگنال‌های غیر ساکن مثل سیگنال حاوی مؤلفهٔ گذرای نوسانی که مشخصات سیگنال با زمان تغییر می‌کند نمی‌توان از این تبدیل استفاده کرد[10]. برای غلبه بر این مشکل تبدیل فوریهٔ زمان کوتاه[4] (STFT) مطرح شد. در این روش از سیگنال اغتشاش در هر نیم سیکل تبدیل فوریه گرفته می‌شود. بدینوسیله می‌توان مشخصات سیگنال را در نیم سیکل‌های مختلف بدست آورد که نتیجهٔ آن استحصال مشخصات زمانی سیگنال است. در این روش پنجرهٔ زمانی همان نیم سیکل سیگنال است که برای فرکانس‌های مختلف قابل تغییر نیست. ایراد STFT همان ثابت بودن پهنای پنجره در فرکانس‌های مختلف است. در صورتیکه برای بدست آوردن مشخصات دقیق سیگنال پهنای پنجره باید در فرکانس‌های بالا کم و در فرکانس‌های پایین زیاد باشد. بنابراین STFT هم نمی‌تواند روش مناسبی برای سیگنال‌های ناایستا باشد.

2-1-2-1 تبدیل موجک

برای رفع اشکال روش STFT تبدیل موجک پیشنهاد شد تا بتوان هر دو مشخصات زمانی و فرکانسی سیگنال اغتشاش را بدست آورد. در مقایسه با تبدیل فوریه، در تبدیل موجک پهنای پنجرهٔ در نظر گرفته شده به فرکانس سیگنال اغتشاش وابسته است به این شکل که برای فرکانس‌های کم پنجره‌ای با پهنای زیاد و برای فرکانس‌های بالا پنجره‌ای با پهنای کم استفاده می‌شود. تبدیل موجک اطلاعات زمانی بسیار خوبی را از سیگنال اغتشاش به دست می‌دهد. بنابراین از این تبدیل می‌توان به خوبی برای سیگنال‌هایی مثل گذرای نوسانی که در آن مشخصات سیگنال با زمان تغییر می‌کند استفاده کرد. با وجود این امتیازات خروجی‌های تبدیل موجک پارامترهای قابل درکی نیستند و برای استفاده از آن‌ها لزوماً باید از روش‌های کمکی استفاده کرد که منجر به پیچیدگی بیش از حد محاسبات می‌شود. به علاوه هر چند که تبدیل موجک اطلاعات زمانی سیگنال را به خوبی استخراج می‌کند، اما در مقایسه با

[4] Short Time Fourier transform

تبدیل فوریه اطلاعات فرکانسی حاصل از آن خیلی دقیق نیستند. به این صورت که با افزایش فرکانس دامنهٔ مؤلفه‌های فرکانسی نسبت به مقدار واقعی خود افت می‌کنند. عیب دیگر تبدیل موجک این است که هیچگونه اطلاعاتی را از فاز سیگنال اغتشاش استخراج نمی‌کند. بنابراین بوسیلهٔ آن نمی‌توان پارامترهای فازی مثل فاز اولیهٔ سیگنال اغتشاش را استخراج کرد.

3-1-2-1 تبدیل S

ایدهٔ اولیهٔ تبدیل S برای استخراج مشخصات فازی از سیگنال‌های الکتریکی مطرح شد. از آنجا که تبدیل موجک هیچ اطلاعاتی را از فاز اولیهٔ سیگنال به دست نمی‌داد، استاکول[5] [11] با اضافه کردن یک فاکتور تصحیح کنندهٔ فاز[6] به فرمول تبدیل موجک، تبدیل موجک اصلاح شده یا همان تبدیل S را استخراج کرد. با استفاده از تبدیل S می‌توان همانند تبدیل موجک مشخصات زمانی سیگنال را با دقت زیادی بدست آورد. بنابراین، برای استخراج مشخصات گذرای سیگنال بخوبی قابل استفاده است. از طرفی از آنجا که تبدیل S رابطهٔ مستقیمی با طیف فوریهٔ سیگنال دارد، همانند تبدیل فوریه مشخصات فرکانسی بسیار دقیقی از سیگنال‌های الکتریکی را بدست می‌دهد، که این یکی از مزیت‌های تبدیل S در مقابل تبدیل موجک است. از طرفی استخراج اطلاعات فازی سیگنال هم یکی دیگر از مزایای دیگر تبدیل S نسبت به تبدیل موجک است. مشخصات خروجی حاصل از تبدیل S را می‌توان به صورت شکل موج‌های دامنهٔ تبدیل S بر حسب فرکانس یا زمان به دست آورد. این چنین مشخصاتی بسیار ساده و قابل درک هستند و با یک مشاهدهٔ دیداری ساده هم می‌توانند تشریح شوند. بنابراین تبدیل S به هیچ وجه پیچیدگی تبدیل موجک را ندارد. اشکال دیگر تبدیل موجک تأثیرپذیری آن از نویز بوده است[12]. وجود نویز در سیگنال‌های اغتشاش بر ویژگی‌های خروجی تبدیل S تأثیر بسیار ناچیزی دارد، بنابراین ایراد تأثیرپذیری از نویز هم در تبدیل موجک به خوبی برطرف شده است.

علاوه بر دسته‌بندی اغتشاشات کیفیت توان، از تبدیلات زمان-فرکانسی ذکر شده می‌توان برای استخراج مشخصات اغتشاشات شناسایی شده استفاده کرد. در مقالات مختلف مشخصات متفاوتی برای شناسایی انتخاب شده است. به عنوان مثال در مرجع [13] استخراج دامنهٔ ماکزیمم، مقدار مؤثر شکل موج و فرکانس شکل موج در نظر گرفته شده است. در مرجع [14] روش استخراج مشخصاتی مثل مقدار و مدت وقوع سیگنال‌های کمبود ولتاژ

[5] Stockwell
[6] Phase correction factor

و بیشبود ولتاژ عنوان شده است. همچنین THD سیگنال هارمونیک و فرکانس گذرا و زمان شروع سیگنال گذرای نوسانی در این مقاله بیان شده است.

1-2-2 دسته‌بندی اغتشاشات

پس از استخراج مشخصات اغتشاشات کیفیت توان معمولاً یک ابزار دسته‌بندی کارامد نیاز است تا سیگنال‌های اغتشاش پس از شناسایی مورد دسته‌بندی قرار گیرند. برای دسته‌بندی اغتشاشات کیفیت توان روش‌های متعددی از جمله شبکه‌های عصبی مصنوعی[7] (ANN) [15-18]، منطق فازی[8] (FL) [19-21]، و بردار پشتیبان ماشین[9] (SVM) [22-24] و شبکهٔ موجک[10] (WN) [25]، استفاده شده است. یکی دیگر از روش‌هایی که در پردازش سیگنال‌های قدرت از آن استفاده شده است مدل مارکوف مخفی[11] (HMM) نام دارد. از روش HMM در دسته‌بندی اغتشاشات کیفیت توان [26-28] و همچنین در بحث حفاظت ترانسفورماتور [29] استفاده شده است. چنین روش‌هایی معمولاً پیچیده هستند و احتیاج به آموزش دارند که این موضوع هم خود به وجود سیگنال‌های آموزشی زیادی نیاز دارد. برای دستیابی به یک روش دسته‌بندی ساده‌تر می‌توان از روش‌های قاعده مبنا [30-32] نیز استفاده کرد. روش‌های قاعده مبنا معمولاً قطعی[12] هستند و انعطاف لازم را برای تطابق با شرایط مختلف ندارند، اما پیاده‌سازی آن‌ها بسیار ساده‌تر از روش‌های پیچیدهٔ قبلی است و با انتخاب معیارهای مناسب دقت بسیار قابل قبولی را نیز می‌توانند داشته باشند. در بعضی از مقالات از ترکیبی از روش‌های ذکر شده نیز استفاده شده است که از این جمله می‌توان به ترکیب منطق فازی و الگوریتم اجتماع ذرات[13] (PSO) [33] و روشی مرکب از شبکه‌های عصبی مصنوعی و منطق فازی [34-35] اشاره کرد.

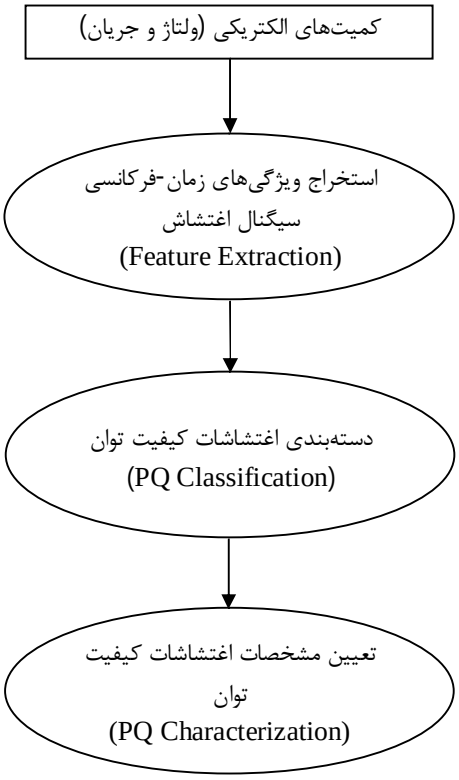
1-3 طرح کلی این پایان نامه

با توجه به موارد ذکر شده در تحلیل اغتشاشات کیفیت توان دورنمای این تحقیق در شکل (1-1) نشان داده شده است.

---

[7] Artificial Neural Network
[8] Fuzzy Logic
[9] Support Vector Machine
[10] Wavelet Network
[11] Hidden Markov Model
[12] Deterministic
[13] Particle Swarm Optimization

با توجه به شمای کلی، تحلیل اغتشاشات کیفیت توان در سه بخش صورت گرفته است که در ادامه به طور مختصر تشریح می‌گردد.



شکل (1-1): دورنمای پایان نامه

1-3-1 آشکارسازی و دسته‌بندی سیگنال‌های اغتشاش

در این پایان نامه ابتدا یک روش قاعده مبنا برای دسته‌بندی اغتشاشات کیفیت توان ارائه شده است. بر اساس این روش، پس از استخراج مشخصات هر اغتشاش با تبدیل S یک سری شاخص‌های عددی از این اغتشاشات استخراج شده است. سپس یک تابع تمایز دهنده[14] (DF) تعریف شده است که بر اساس شاخص‌های استخراج شده محدوده‌ای از اعداد را به هر یک از اغتشاشات اختصاص می‌دهد. بنابراین در این روش بر اساس عدد به دست آمده از تابع تمایز دهنده اغتشاشات کیفیت توان مورد دسته‌بندی قرار می‌گیرند. در این پایان‌نامه از مدل مارکوف مخفی به عنوان یکی از روش‌های هوشمند برای دسته‌بندی اغتشاشات کیفیت توان استفاده شده است.

[14] Discriminative Function

مدل مارکوف مخفی روشی احتمالاتی است بر اساس آن برای مجموعه‌ای از اغتشاشات و یا برای هر اغتشاش یک بلوک HMM تعریف می‌شود. سپس همهٔ بلوک‌های در نظر گرفته شده آموزش داده می‌شوند. در نهایت در مرحلهٔ تست پس از ورود سیگنال تست معادل این سیگنال به هر یک از بلوک‌های HMM یک احتمال نسبت داده می‌شود. سیگنال تست به عنوان آن اغتشاشی معرفی می‌شود بیشترین احتمال را داشته است. مدل مارکوف مخفی نسبت به روش قاعده مبنای مطرح شده پیچیده‌تر است، اما قابلیت انعطاف بسیار بهتری داشته و در کارهای عملی کارایی بهتری دارد.

2-3-1 تعیین مشخصات سیگنال‌های اغتشاش

بحث مهم و مفید دیگر اجرا شده در این پایان نامه، استخراج مشخصات از اغتشاشات کیفیت توان است. پس از شناسایی و دسته‌بندی یک اغتشاش الکتریکی، برای شناسایی منبع این اغتشاش لازم است که مشخصات زمانی و فرکانسی آن به دقت محاسبه شوند. تبدیل S با مشخصات زمان-فرکانسی مناسبی که به دست می‌دهد، می‌تواند روش بسیار خوبی برای استخراج مشخصات اغتشاشات کیفیت توان باشد. از جمله مشخصات استخراج شده مقدار و نوع کمبود ولتاژ و بیشبود ولتاژ است که از منحنی دامنهٔ تبدیل S بر حسب زمان به دست می‌آید. مشخصات بعدی که روش بدست آوردن آن‌ها در این پایان نامه ارائه شده است فرکانس و زمان شروع سیگنال گذرای نوسانی است. در مورد سیگنال هارمونیک ولتاژ هم تمامی مؤلفه‌های هارمونیکی، فرکانس و دامنهٔ آن‌ها و در نتیجه THDی هارمونیکی محاسبه شده است. این پارامترها از روی منحنی دامنه بر حسب فرکانس بدست می‌آیند.

دستاورد دیگر این پایان نامه تشخیص نوع کمبود ولتاژ است. انواع مختلف کمبود ولتاژ مشکلات مهمی و قابل توجهی را در سیستم‌های قدرت جدید ایجاد می‌کنند[36]. هفت نوع از کمبود ولتاژ وجود دارد که با نام‌های A تا F مشخص می‌شوند[37]. هر کدام از این انواع ناشی از نوع خاصی از اتصال کوتاه‌ها با اتصال خاص از ترانسفورماتورهای شبکه هستند. با تعیین نوع کمبود ولتاژ، می‌توان نوع خطایی را که این کمبود ولتاژها از آن منجر شده‌اند را تعیین کرد. مثلاً انواع A تا D ناشی از خطای تکفاز به زمین و انواع E تا G ناشی از خطای دو فاز به زمین هستند.

فصل دوم

تعاریف و استانداردهای کیفیت توان