وزارت علوم تحقیقات و فناوری
دانشگاه تربیت معلم آذربایجان
دانشکده فنی مهندسی
گروه مهندسی برق

پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد
رشته مهندسی برق - قدرت

تخمین سهم شبکه و مشترک در تولید اغتشاشات هارمونیکی در سیستم های قدرت

استاد راهنما:
دکتر علی عجمی

استاد مشاور:
دکتر علی یزدیان ورجانی

پژوهشگر:
فرزانه باقری

بهمن ماه 1389
تبریز- ایران

Ministry of sciences, Researches, and Technology
Azarbayjan University of Tarbiat moallem
Department of engineering
Faculty of science

A Thesis Presented to the Department of engineering in Partial Fulfillment

of the Requirements for the Degree Master of Science

In

Power electronic engineering

Estimation of the Utility's and Consumer's Contribution to Harmonic Distortion in power Systems

Supervisor

Ali Ajami (Ph.D.)

Consultant

Ali Yazdian Varjani (Ph.D.)

By:
Farzaneh Bagheri

February / 2011
Tabriz / Iran

تقدیم به:

آفریدگارم،

اولین معلم هستیم، دلیل زندگانیم و مقصد نهاییم

پدرم،

بزرگ مردی که سرمایهٔ وجودش را در طبق اخلاص نهاد تا فرزندانش را به جایگاه رفیع دین و دانش برساند.

مادرم،

او که طپش های قلبش موسیقی آرام بخش لحظه هایم و دعای خیرش بدرقهٔ راهم است.

و تقدیم به:

همسرم

کوهی استوار، باوفایی مقتدر و مهربانی بی انتها

تشکر و قدردانی :

با حمد و سپاس از خداوند متعال که به کرم و عنایتش این پایان‌نامه به اتمام رسیده، بر خود واجب می‌دانم از استاد راهنمای محترم، جناب آقای دکتر علی عجمی که چراغ راه انجام این تحقیق بوده‌اند و جناب آقای دکتر علی یزدیان که بدون همراهی ایشان انجام این پژوهش میسر نبوده، صمیمانه سپاس‌گذاری نمایم.

از استاد محترم گروه مهندسی برق دانشگاه صنعتی سهند تبریز آقای دکتر محمد رضا عزیزیان که زحمت داوری و ارزیابی این رساله را تقبل نموده‌اند و نظرات سازنده ایشان سبب ارتقاء کیفیت رساله گشته است کمال تشکر را دارم.

همچنین از سایر اساتید محترم گروه مهندسی برق دانشگاه‌های تربیت معلم آذربایجان و تربیت مدرس تهران به ویژه آقایان دکتر سجاد نجفی، و دکتر محسن پارسا مقدم که در انجام این تحقیق مرا یاری نموده‌اند، تقدیر و تشکر می‌نمایم.

در پایان از مدیران و کارشناسان شرکت توزیع نواحی استان تهران به ویژه جناب آقای مهندس شهریار عمومی، مدیر محترم شرکت توزیع منطقه برق لواسانات که در طی این پایان نامه مساعدت نموده‌اند، قدردانی می نمایم.

فرزانه باقری

زمستان 1389

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

پیشگفتار

1 مقدمه 2
2 اهمیت داوری درباره منشا و عامل برهم زننده کیفیت برق..... 3
3 معرفی فصل های پایان نامه..... 5

فصل اول : هارمونیک ها و تاثیرات آن بر تجهیزات

1-1 مقدمه 7
2-1 اثرات هارمونیکها بر شبکه های قدرت و تجهیزات..... 7
1-2-1 اثر هارمونیک ها روی ترانسفورماتورها..... 8
2-2-1 اثر هارمونیک ها روی موتورها 9
3-2-1 خرابی بانک های خازنی..... 13
4-2-1 عمل کردن بی جهت فیوزها و بریکرها..... 13
5-2-1 کارکرد نامطمئن تجهیزات الکتریکی و ژنراتورها..... 13
6-2-1 اندازه گیری غلط تجهیزات اندازه گیری انرژی الکتریکی..... 14
7-2-1 افزایش تعمیر و نگهداری تجهیزات..... 14
8-2-1 تداخل در ارتباطات مخابراتی..... 14
3-1 استاندارد حدود مجاز هارمونیک ها در شبکه برق ایران..... 15
1-3-1 حدود مجاز اعوجاج ولتاژ در شبکه..... 16
2-3-1 حدود مجاز اعوجاج جریان برای هر مشترک..... 17
4-1 استاندارد IEC در زمینه هارمونیک ها..... 19
1-4-1 حدود مجاز استاندارد IEC 61000-3-2 در زمینه هارمونیک ها..... 21
5-1 نتیجه گیری..... 23

فصل دوم: روش های تخمین مولفه های هارمونیکی و مدار معادل بار و شبکه

1-2 مقدمه 25
2-2 تخمین دامنه و فاز مولفه‌های هارمونیکی 25

2-2-1 تبدیل فوریه سریع(FFT)..... 26
2-2-2 تبدیل wavelet 27
2-2-2-1 CWT(Continuous Wavelet Transform)..... 27
2-2-2-2 DWT(Discrete Wavelet Transform) 27
2-2-3 روش حداقل مربعات..... 30
2-2-4 فیلتر کالمن..... 32
2-2-5 شبکه های عصبی مصنوعی 35
2-2-6 فیلتر کالمن تطبیقی..... 37
2-2-7 حداقل مربعات مبتنی بر تجزیه مقدار تکین..... 39
2-2-8 ارزیابی و مقایسه روشهای بیان شده 40
2-3 تخمین پارامتر و تعیین مدار معادل..... 41
2-3-1 شناسایی مدار معادل با استفاده از کلیدزنی خازنی 43
2-3-2 شناسایی مدار معادل با استفاده از روش حداقل مربعات بازگشتی مبتنی بر تجزیه مقدار تکین(SRLS) 45
2-3-2-1 الگوریتم روش SRLS..... 45
2-3-2-2 مدار تک فاز..... 46
2-3-2-3 مدار سه فاز..... 46
2-4 نتیجه گیری..... 48

فصل سوم: انواع روشهای تخمین سهم اغتشاشات مشترکین و شبکه

3-1 مقدمه 51
3-2 روش جهت توان هارمونیک..... 51
3-3 روش تعیین امپدانس هارمونیکی از طریق تزریق جریان..... 54
3-4 تعیین سهم تولید کننده ومشترک از طریق مدلسازی بار..... 55
3-5 استفاده از اطلاعات فیلترهای فعال 66
3-6 تقسیم بندی بارها به دو دسته همنوا و غیرهمنوا 67
3-7 روش امپدانس بحرانی 68

8-3 روش شاخص ولتاژ..... 71
9-3 قاعده جمع آثار..... 73
10-3 نتیجه گیری..... 74

فصل چهارم: نتایج شبیه سازی

1-4 مقدمه 76
2-4 شبیه سازی در مدار تک فاز با بار هارمونیکی معلوم 76
1-2-4 تخمین مولفه های هارمونیکی به کمک فیلتر کالمن تطبیقی..... 77
2-2-4 تخمین پارامترهای مدار معادل تک فاز با استفاده از روش کلیدزنی خازنی 79
3-2-4 تخمین پارامترهای مدار معادل تک فاز با استفاده ازSRLS..... 81
4-2-4 تخمین سهم تولید کننده و مشترک درتولید هارمونیک در شبکه تک فاز..... 83
1-4-2-4 تخمین سهم تولید کننده و مشترک با استفاده از اصل جمع آثار..... 83
2-4-2-4 تخمین سهم تولید کننده و مشترک با استفاده از امپدانس بحرانی..... 83
3-4-2-4 تخمین سهم تولید کننده و مشترک با استفاده از شاخص ولتاژ..... 84
4-4-2-4 مقایسه روشهای تخمین سهم تولید کننده و مشترک..... 85
3-4 شبیه سازی در مدار سه فاز با بار هارمونیکی معلوم 86
1-3-4 تخمین سهم تولید کننده و مشترک در شبکه سه فاز با بار هارمونیکی معلوم..... 87
4-4 شبیه سازی در شبکه سه فاز با بار یکسو کننده تریستوری..... 88
1-4-4 تخمین سهم تولید کننده و مشترک درتولید هارمونیک در مدار سه فاز با بار تریستوری..... 95
5-4 شبیه سازی در شبکه توزیع استاندارد 13 باسهIEEE..... 96
1-5-4 تخمین سهم تولید کننده و مشترک درتولید هارمونیک در مدار استاندارد 13 باسه..... 106
2-5-4 صحت سنجی عملکرد تخمین پارامترهای مدار معادل شبکه و بار در شبکه استاندارد 13 باسه..... 107
6-4 شبیه سازی در شبکه توزیع استاندارد 13 باسهIEEE. با افزودن بار تریستوری سمت شبکه..... 110

4-6-1 نتایج تخمین مدار معادل تونن مشترک و تولید کننده در شبکه استاندارد 13 باسه تغییر یافته 112
4-7 نتیجه گیری 114
نتیجه‌گیری و پیشنهادها
نتیجه‌گیری 115
پیشنهادات 120
منابع و مراجع 122
پیوست 1 (برنامه ها) 127

فهرست اشکال

عنوان	صفحه

شکل(1-1) : رابطه‌ی عمر موتور با درجه حرارت 10
شکل(1-2): اثر ولتاژ هارمونیکی بر کاهش ظرفیت موتور..... 11
شکل (1-3): جریان نول در مدارهای با بار تک فاز غیرخطی..... 15
شکل (2-1): درخت تجزیه 4 سطحه DWPT برای طرح استخراج هارمونیکی..... 28
شکل (2-2): نمایش ADALINE به صورت بلوک دیاگرام 34
شکل(2-3): نمایش ADALINE به صورت بلوک دیاگرام برای تخمین دامنه و زاویه مولفه های هارمونیکی.... 35
شکل (2-4): تخمین سیگنال به کمک فیلتر کالمن تطبیقی..... 38
شکل (2-5): تخمین سیگنال به کمک فیلتر کالمن مرسوم..... 38
شکل (2-6): مدار معادل تونن سیستم قدرت در فرکانس هارمونیکی مرتبه h..... 43
شکل (2-7): مدار معادل تونن سیستم قدرت در فرکانس هارمونیکی w 45
شکل (2-8): مدار معادل بار و شبکه در نقطه pcc 46
شکل (3-1): مدار معادل نقطهٔ اتصال مشترک و شبکه..... 51
شکل(3-2): سهم مشترک و شبکه در هارمونیک نقطه مشترک..... 51
شکل (3-3): تصویر جریان‌های مشترک و شبکه بر جریان نقطه مشترک..... 52
شکل(3-4): همبستگی میان قانون جهت توان و سهم مشترک و شبکه..... 52
شکل (3-5): تزریق میان هارمونیک 5.5 در نقطه مشترک..... 53
شکل (3-6): تغییر دامنه و فاز امپدانس هارمونیکی سمت بار 54
شکل (3-7): تغییر دامنه و فاز امپدانس هارمونیکی سمت شبکه..... 54
شکل (3-8): ویژگی‌های یک بار خطی و خیر خطی بر حسب V-I..... 55
شکل (3-9): شکل موجهای جریان و ولتاژ..... 55
شکل (3-10): جریان و ولتاژ یک کوره القایی و مدلسازی آن به کمک مقاومت و اندوکتانس 56
شکل (3-11): جریان و ولتاژ یک بار تجاری و مدلسازی آن به کمک مقاومت و اندوکتانس 56
شکل (3-12): جریان و ولتاژ یک موتور القایی و مدلسازی آن به کمک مقاومت و اندوکتانس..... 57
شکل (3-13) : اتصال چند بار غیر خطی به یک باس‌بار..... 58
شکل (3-14): مدل در نظرگرفته شده برای هارمونیک پنجم..... 62
شکل (3-15): منحنی‌های I_5-V_5 و I_5-I_1 برای بار خطی..... 63
شکل (3-16): منحنی‌های I_5-V_5 و I_5-I_1 برای بار غیر خطی..... 63

شکل (3-17): منحنی‌های I_5-V_5 و I_5-I_1 برای ترکیب بار خطی و غیرخطی..... 64
شکل (3-18): فیلترهای فعال در شبکه‌های توزیع..... 65
شکل (3-19): مدار معادل فیلتر فعال در شبکه‌های توزیع..... 65
شکل (3-20): مدار معادل پایین دستی فیلتر فعال و کارکرد فیلتر در تغییر ولتاژ و جریان..... 66
شکل (3-21): مدار معادل تونن..... 68
شکل (3-22): عملکرد روش CI..... 70
شکل(3-23): مدار معادل نورتن..... 70
شکل (3-24): مدار معادل تونن..... 70
شکل (3-25): مدار معادل بار و مصرف کننده در نقطه pcc..... 72
شکل(4-1): مدار تک فاز با بار هارمونیکی معلوم..... 75
شکل(4-2): شکل موج جریان در نقطه pcc در شبکه شکل (4-1) 76
شکل(4-3): شکل موج ولتاژ در نقطه pcc در شبکه شکل (4-1) 77
شکل(4-4): مولفه های هارمونیکی جریان نقطه pcc در شبکه شکل (4-1) 77
شکل(4-5): مولفه های هارمونیکی ولتاژ نقطه pcc در شبکه شکل (4-1) 77
شکل(4-6): مدار تک فاز با بار هارمونیکی معلوم با روش کلیدزنی خازنی..... 79
شکل (4-7): شبکه تک فاز با بار هارمونیکی معلوم با روش SRLS..... 81
شکل(4-8): مدار سه فاز با بار هارمونیکی معلوم با روش SRLS..... 85
شکل(4-9): شبکه سه فاز با بار یکسو کننده تریستوری 87
شکل(4-10): شکل موج ولتاژ سه فاز در نقطه pcc 87
شکل(4-11): شکل موج جریان سه فاز در نقطه pcc 88
شکل(4-12): مراحل تخمین سهم شبکه و مشترک 88
شکل (4-13): تخمین دامنه مولفه اصلی جریان توسط فیلتر کالمن تطبیقی (الف:بدون نویز ، ب: با نویز 17 db) 89
شکل (4-14): تخمین دامنه مولفه اصلی جریان توسط تبدیل فوریه (الف:بدون نویز ، ب: با نویز 17 db) 89
شکل (4-15): تخمین دامنه مولفه اصلی جریان (الف:فیلتر کالمن تطبیقی ، ب: فیلتر کالمن) 89
شکل (4-16): تخمین دامنه مولفه 5 جریان (الف:فیلتر کالمن تطبیقی ، ب: فیلتر کالمن) 89
شکل (4-17): تخمین دامنه مولفه7 جریان (الف:فیلتر کالمن تطبیقی ، ب: فیلتر کالمن) 90
شکل (4-18): تخمین دامنه مولفه 11 جریان (الف:فیلتر کالمن تطبیقی ، ب: فیلتر کالمن) 90

شکل (4-19): تخمین دامنه مولفه اصلی ولتاژ (الف:فیلتر کالمن تطبیقی ، ب: فیلتر کالمن) 90
شکل (4-20): تخمین دامنه مولفه 5 ولتاژ (الف:فیلتر کالمن تطبیقی ، ب: فیلتر کالمن) 90
شکل (4-21): تخمین دامنه مولفه 7 ولتاژ (الف:فیلتر کالمن تطبیقی ، ب: فیلتر کالمن) 91
شکل (4-22): تخمین دامنه مولفه11 ولتاژ (الف:فیلتر کالمن تطبیقی ، ب: فیلتر کالمن) 91
شکل(4-23): دامنه مولفه اصلی ولتاژ مدار معادل تونن سمت بار (مولفه مثبت) 91
شکل (4-24): دامنه مولفه 5 ولتاژ هارمونیکی مدار معادل تونن سمت بار (مولفه منفی) 92
شکل (4-25): دامنه مولفه 7 ولتاژ هارمونیکی مدار معادل تونن سمت بار (مولفه مثبت) 92
شکل(4-26): دامنه مولفه 11 ولتاژ هارمونیکی مدار معادل تونن سمت بار (مولفه منفی) 92
شکل(4-27): دامنه امپدانس هارمونیکی مولفه 1 مدار معادل تونن سمت بار 93
شکل (4-28): دامنه امپدانس هارمونیکی مولفه5 مدار معادل تونن سمت بار 93
شکل (4-29): دامنه امپدانس هارمونیکی مولفه7 مدار معادل تونن سمت بار 93
شکل (4-30): دامنه امپدانس هارمونیکی مولفه11 مدار معادل تونن سمت بار 94
شکل(4-31): شبکه استاندارد 13 باسه با بار تریستوری 96
شکل(4-32): ولتاژ سه فاز در نقطه pcc 96
شکل(4-33): جریان سه فاز در نقطه pcc 97
شکل (4-34): تخمین دامنه مولفه اصلی جریان (الف:فیلتر کالمن تطبیقی ، ب: فیلتر کالمن) 97
شکل (4-35): تخمین دامنه مولفه 5 جریان (الف:فیلتر کالمن تطبیقی ، ب: فیلتر کالمن) 97
شکل (4-36): تخمین دامنه مولفه 7 جریان (الف:فیلتر کالمن تطبیقی ، ب: فیلتر کالمن) 98
شکل (4-37): تخمین دامنه مولفه 11 جریان (الف:فیلتر کالمن تطبیقی ، ب: فیلتر کالمن) 98
شکل (4-38): تخمین دامنه مولفه اصلی ولتاژ (الف:فیلتر کالمن تطبیقی ، ب: فیلتر کالمن) 98
شکل (4-39): تخمین دامنه مولفه 5 ولتاژ (الف:فیلتر کالمن تطبیقی ، ب: فیلتر کالمن) 98
شکل (4-40): تخمین دامنه مولفه 7 ولتاژ (الف:فیلتر کالمن تطبیقی ، ب: فیلتر کالمن) 99
شکل (4-41): تخمین دامنه مولفه 11 ولتاژ (الف:فیلتر کالمن تطبیقی ، ب: فیلتر کالمن) 99
شکل(4-42): دامنه مولفه اصلی ولتاژ مدار معادل تونن سمت بار (مولفه مثبت) 99
شکل(4-43): دامنه مولفه 5 ولتاژ مدار معادل تونن سمت بار (مولفه منفی) 100
شکل(4-44): دامنه مولفه 7 ولتاژ مدار معادل تونن سمت بار (مولفه مثبت) 100

شکل(4-45): دامنه مولفه 11 ولتاژ مدار معادل تونن سمت بار (مولفه منفی) 100
شکل(4-46): دامنه امپدانس هارمونیکی مولفه 1 مدار معادل تونن سمت بار..... 101
شکل(4-47): دامنه امپدانس هارمونیکی مولفه 5 مدار معادل تونن سمت بار 101
شکل(4-48): دامنه امپدانس هارمونیکی مولفه 7 مدار معادل تونن سمت بار 101
شکل(4-49): دامنه امپدانس هارمونیکی مولفه 11 مدار معادل تونن سمت بار..... 102
شکل(4-50): دامنه مولفه اصلی ولتاژ مدار معادل تونن سمت شبکه (مولفه مثبت) 102
شکل(4-51): دامنه مولفه 5 ولتاژ مدار معادل تونن سمت شبکه (مولفه منفی) 102
شکل(4-52): دامنه مولفه 7 ولتاژ مدار معادل تونن سمت شبکه (مولفه مثبت) 103
شکل(4-53): دامنه مولفه11ولتاژ مدار معادل تونن سمت شبکه (مولفه منفی) 103
شکل (4-54): دامنه امپدانس هارمونیکی مولفه اصلی مدار معادل تونن سمت شبکه..... 103
شکل(4-55): دامنه امپدانس هارمونیکی مولفه 5 مدار معادل تونن سمت شبکه..... 104
شکل(4-56): دامنه امپدانس هارمونیکی مولفه 7 مدار معادل تونن سمت شبکه..... 104
شکل(4-57): دامنه امپدانس هارمونیکی مولفه 11 مدار معادل تونن سمت شبکه..... 104
شکل(4-58): مدار معادل تونن تخمینی توسط روش پیشنهادی..... 107
شکل (4-59): ولتاژ مولفه اصلی در نقطه pcc (الف: در شبکه 13 باسه ، ب: در مدار معادل تخمینی) 107
شکل (4-60): ولتاژ مولفه 5 در نقطه pcc (الف: در شبکه 13 باسه ، ب: در مدار معادل تخمینی) 107
شکل (4-61): ولتاژ مولفه 7 در نقطه pcc (الف: در شبکه 13 باسه ، ب: در مدار معادل تخمینی) 108
شکل (4-62): ولتاژ مولفه 11 در نقطه pcc (الف: در شبکه 13 باسه ، ب: در مدار معادل تخمینی) 108
شکل (4-63): جریان مولفه اصلی در نقطه pcc (الف: در شبکه 13 باسه ، ب: در مدار معادل تخمینی) 108
شکل (4-64): جریان مولفه 5 در نقطه pcc (الف: در شبکه 13 باسه ، ب: در مدار معادل تخمینی) 108
شکل (4-65): جریان مولفه7 در نقطه pcc (الف: در شبکه 13 باسه ، ب: در مدار معادل تخمینی) 109
شکل (4-66): جریان مولفه 11 در نقطه pcc (الف: در شبکه 13 باسه ، ب: در مدار معادل تخمینی) 109
شکل (4-67): شبکه توزیع استاندارد 13 باسه IEEE با افزودن بار تریستوری سمت شبکه..... 110
شکل (4-68): ولتاژ سه فاز در نقطه pcc (الف: ولتاژ، ب: تخمین مولفه های هارمونیکی) 110
شکل (4-69): جریان سه فاز در نقطه pcc (الف: جریان، ب: تخمین مولفه های هارمونیکی)..... 110

فهرست جداول

عنوان	صفحه

جدول(1-1): میزان افزایش دما در موتورها در اثر هارمونیک‌های مختلف به همراه مولفه اصلی..... 9
جدول (1-2): اثر هارمونیک‌ها و فازهای مربوطه بر جریان ورودی موتور..... 10
جدول (1-3): ایجاد سه سیگنال با ترکیبی از هارمونیک‌ها..... 12
جدول (1-4): اثر تغذیه‌ی هارمونیکی بر کاهش ظرفیت موتور..... 12
جدول (1-5): حدود مجاز اعوجاج ولتاژ در شبکه..... 17
جدول (1-6): حدود مجاز اعوجاج جریان برای مشترکین در شبکه های توزیع(380 ولت و 20 کیلوولت) 18
جدول (1-7): حدود مجاز اعوجاج جریان برای مشترکین فوق توزیع(63 و 132کیلوولت)..... 18
جدول (1-8): حدود مجاز اعوجاج جریان برای شبکه های انتقال فشار قوی(230 و 400کیلوولت) 19
جدول (1-9): حدود مجاز هارمونیک ها در تجهیزات زیر 16 آمپر 22
جدول (3-1): ضریب NLF برای کوره القایی، بار تجاری و موتور القایی..... 57
جدول (3-2): حدود هارمونیکی برای کلاس‌های مختلف بار..... 60
جدول (3-3): نتایج مشخص نمودن ترکیبی از کلاس‌های مختلف..... 61
جدول (4-1): مشخصات الکتریکی شکل 4-1..... 76
جدول (4-2): نتایج تخمین ولتاژ و جریان در نقطه pcc به کمک فیلتر کالمن تطبیقی..... 78
جدول (4-3): نتایج تخمین در مدار تک فاز با بار هارمونیکی معلوم با روش **کلیدزنی** خازنی..... 80
جدول(4-4): نتایج تخمین پارامترهای مدار معادل شبکه تک فاز با بار هارمونیکی معلوم با روش SRLS..... 81
جدول(4-5): نتایج تخمین سهم مشترک و شبکه در تولید هارمونیک در مدار معادل تک فاز به وسیله جمع آثار.... 82
جدول (4-6): نتایج تخمین منبع غالب در تولید هارمونیک در مدار معادل تک فاز به وسیله امپدانس بحرانی..... 83
جدول 4-7 نتایج تعیین منبع غالب در تولید هارمونیک در مدار معادل تک فاز به وسیله شاخص ولتاژ..... 83
جدول 4-8- نتایج تخمین در مدار معادل سه فاز با بار هارمونیکی معلوم با روش SRLS. 85
جدول(4-9): نتایج تخمین سهم مشترک و شبکه در تولید هارمونیک در مدار سه فازبا بار هارمونیکی معلوم به وسیله جمع آثار..... 86
جدول(4-10): نتایج تخمین منبع غالب در تولید هارمونیک در مدار سه فاز با بار هارمونیکی معلوم به وسیله امپدانس بحرانی..... 86
جدول(4-11): نتایج تعیین منبع غالب در تولید هارمونیک در مدار سه فاز با بار هارمونیکی معلوم به وسیله شاخص ولتاژ..... 86
جدول (4-12): نتایج تخمین مدار معادل تونن مشترک و تولید کننده درمدار سه فاز با بار یکسو کننده تریستوری 94

(0-1 ثانیه) .....
جدول (4-13): نتایج تخمین سهم مشترک و شبکه درمدار سه فاز با بار یکسو کننده تریستوری با استفاده از روش جمع آثار..... 95
جدول (4-14): نتایج تخمین منبع غالب در درمدار سه فاز با بار یکسو کننده تریستوری به وسیله امپدانس بحرانی 95
جدول (4-15): نتایج تعیین منبع غالب در تولید هارمونیک درمدار سه فاز با بار یکسو کننده تریستوری به وسیله شاخص ولتاژ..... 95
جدول (4-16): نتایج تخمین مدار معادل تونن مشترک و تولید کننده در شبکه استاندارد 13 باسه(از 0 تا 1 ثانیه) 105
جدول (4-17): نتایج تخمین سهم مشترک و شبکه در شبکه استاندارد 13 باسه با استفاده از روش جمع آثار 105
جدول (4-18): نتایج تخمین منبع غالب در تولید هارمونیک در شبکه استاندارد 13 باسه با استفاده از روش امپدانس بحرانی..... 106
جدول (4-19): نتایج تعیین منبع غالب در تولید هارمونیک در شبکه استاندارد 13 باسه با استفاده از روش شاخص ولتاژ..... 106
جدول (4-20): نتایج تخمین پارامترهای مدار معادل تونن مشترک و تولید کننده در شبکه استاندارد 13 باسه تغییر یافته..... 111
جدول (4-21): نتایج تخمین سهم مشترک و شبکه در شبکه استاندارد 13 باسه تغییر یافته با استفاده از روش جمع آثار..... 111
جدول (4-22): نتایج تخمین منبع غالب در شبکه استاندارد 13 باسه تغییر یافته با استفاده از روش امپدانس بحرانی 112
جدول (4-23): جدول (4-23): نتایج تعیین منبع غالب در شبکه استاندارد 13 باسه تغییر یافته با استفاده از روش شاخص ولتاژ..... 112

چکیده :

هارمونیک‌های ولتاژ، که به دلیل ماهیت غیر خطی بارهای مصرف کنندگان صنعتی ایجاد می گردند، با افزایش تلفات و کاهش راندمان تجهیزات ، آثار و جوانب اقتصادی بسیار زیادی را بر مشترکین برجای می‌گذارند. این بارها که بدلیل پیشرفت صنعتی و مزایای خود، همه روزه در حال افزایش هستند دارای جریان غیر سینوسی بوده و ولتاژ شبکه را دستخوش تغییر می کنند و به سایر مصرف کنندگان شبکه نیز آسیب می رسانند، اما در این میان، سهم مشترک و شبکه در ایجاد این هارمونیک‌ها، نامشخص است. با گسترش بازار برق، جدی شدن مناسبات تجاری برق و توسعه‌ی قراردادهای پیچیدهٔ فروش انرژی الکتریکی به مشترکین، مشخص نمودن این سهم، از اهمیت بیشتری برخوردار می‌گردد.

در این پایان نامه روشی برای تعیین سهم شبکه و مشترک در میزان تولید اغتشاشات هارمونیکی در نقطه اتصال مشترک(pcc) ارائه شده است. در مقایسه با مقالات موجود در این زمینه که نیاز به امپدانس مصرف کننده و یا اندازه گیریهای پیچیده برای تعیین میزان سهم تولید کننده و مصرف کننده دارند ، داده های ورودی مورد نیاز برای اجرای این روش، شکل موجهای ولتاژ و جریان در نقطه pcc می باشند. در ابتدا با استفاده از روش فیلتر کالمن تطبیقی ، فازورهای ولتاژ و جریان در نقطه pcc درهر فرکانس و در هر فاز تخمین زده می شوند. سپس با استفاده از روش حداقل مربعات بازگشتی پارامترهای مدار معادل بار و شبکه مشخص می گردد. در انتها نیز به کمک روشهای داوری و با استفاده از مدارهای مدلسازی شده میزان سهم مصرف کننده و تولید کننده در تولید اغتشاش اندازه گیری خواهد شد.نوآوری روش پیشنهادی، کاربرد ابزارهای بهبود یافته از قبیل فیلتر کالمن تطبیقی و حداقل مربعات بازگشتی بر مبنای تجزیه مقدار تکین در تخمین فازورهای ولتاژ و جریان و تخمین پارامترهای مدار معادل بار و شبکه می باشد. صحت این روش به وسیله‌ی شبیه‌سازی برای یک مدار نمونه در برنامه Matlab/Simulink مدلسازی و تایید گردیده است.

در نهایت پیشنهاداتی برای ادامه‌ی این پایان‌نامه ارایه شده است که شبیه سازی روش پیشنهادی در نمونه های عملی و نیز اصلاح مدل بار و کاربرد مدلهای غیر خطی، از آن جمله می‌باشند.

کلید واژه‌ها: اغتشاشات هارمونیکی، فیلتر کالمن تطبیقی، حداقل مربعات بازگشتی بر مبنای SVD

پیشگفتار

1- مقدمه

موضوع کیفیت برق بخصوص از سال 1980 به بعد، توجه دست اندرکاران صنعت برق و سازندگان لوازم الکتریکی را به خود جلب کرده است . این واژه بعنوان یک کلمه کلیدی است که تمام اغتشاشات سیستم برق را پوشش میدهد. در یک سیستم انتقال و توزیع انرژی الکتریکی مطلوب ولتاژ انرژی الکتریکی تحویلی به هر مشترک، دارای یک شکل موج سینوسی، با دامنه و فرکانس مشخص و ثابت می‌باشد. به هر گونه تغییر در مقادیر ولتاژ و فرکانس سیستم که ممکن است باعث اختلال در عملکرد صحیح وسایل الکتریکی مشترکان و یا شبکه گردد، مشکل کیفیت برق اطلاق می‌گردد. اغتشاشات انواع مختلفی دارند و تأثیرات آنها بر روی تجهیزات شبکه قدرت و مصرف کننده ها نیز متفاوت است. اغتشاشات گذرا، ، تغییرات ولتاژDC، نامتعادلی ولتاژ، اغتشاشات شکل موج(آفست هارمونیکها،ینترهارمونیکها)، فلیکر و تغییرات فرکانس، عمده مسائل مربوط به کیفیت برق می باشند. از میان اغتشاش‌های فوق، بیشترین مشکلات موجود در مسئلهٔ کیفیت برق سیستمهای قدرت ناشی از هارمونیکها است[1].

اصلی ترین دلیل توجه به کیفیت برق، کاهش ضررهای اقتصادی است. برق با کیفیت نامناسب، اثرات سوء اقتصادی مستقیمی بر مشترکین، تولیدکنندگان تجهیزات الکتریکی و شرکتهای توزیع دارد.

موارد زیر اهمیت کیفیت مناسب برق را بیشتر نشان می‌دهند:

- از آنجا که امروزه، بسیاری از بارهای سیستم قدرت دارای کنترلهای میکروپروسسوری و ادوات الکترونیک قدرت هستند، نسبت به ادوات الکترومکانیکی قدیمی حساسیت بیشتری به اغتشاشات ولتاژ دارند.
- در گذشته سازندگان تجهیزات الکتریکی، ظرفیت و قدرت تجهیزات خود را گاهی تا % 20 فراتر از مقدار طراحی شده می ساختند. این امر باعث می شود که گرم شدن تجهیزات الکتریکی بر اثر کیفیت برق نامناسب، باعث کاهش شدید عمر دستگاهها نگردد. اما در حال حاضر با تنگ شدن میدان رقابت، دیگر طراحی فراتر، اقتصادی نیست و بنابراین رعایت نشدن مسائل کیفیت توان، می تواند به گرم شدن بیش از اندازهٔ تجهیزات الکتریکی منجر شده و در بسیاری از موارد باعث کاهش عمر عایقی تجهیزات گردد[1].
- به علت قابلیتهایی که ادوات الکترونیک قدرت در افزایش بازده، کاهش هزینه وکنترل دقیق و ساده تر تجهیزات الکتریکی دارند، استفاده از آنها روز به روز افزایش

میابد. از طرفی بعلت غیرخطی بودن مشخصهٔ ولتاژ -جریان این وسایل، با گسترش روزافزون کاربرد آنها، سطح اغتشاشات هارمونیکی جریان و ولتاژ در شبکه نیز افزایش می یابد.

بالا رفتن سطح آگاهی مشترکین نسبت به موضوع کیفیت برق و افزایش درک آنها نسبت به آثار اقتصادی کاهش کیفیت برق، موجب شده است که تحویل‌دهندگان انرژی الکتریکی نسبت به کیفیت برق تحویلی، احساس مسئولیت بیشتری نمایند. اما نکته قابل توجه آن است که مشترکین نیز از عدم کیفیت برق تحویلی از شبکه متاثر می‌شوند که به دلیل به هم پیوستگی شبکه‌های قدرت، این عدم کیفیت برق، ممکن است ناشی از بار مصرفی مشترک نبوده بلکه در نتیجه‌ی اختلالات سایر مصرف کننده‌ها به وجود آمده باشد. در این میان داوری نمودن درباره منشأ و عامل برهم زننده کیفیت برق از اهمیت قابل توجهی برخوردار خواهد بود که هم برای مصرف‌کننده و هم برای شبکه، می‌تواند موضوعی کلیدی به شمار رود.

2- اهمیت داوری درباره منشا و عامل برهم زننده کیفیت برق

انحراف کیفیت برق از مقادیر استاندارد، موجب افزایش تلفات و کاهش راندمان تجهیزات می‌شود که به معنای مصرف انرژی بیشتر توسط مصرف کننده است. هارمونیک‌های جریان و ولتاژ ، موجب کاهش راندمان، افزایش تلفات و افزایش مصرف انرژی می‌شود که برای مصرف کننده نتیجه ملموس اقتصادی خواهد داشت و نتیجه‌ی آن، در قبض‌های برق منعکس می‌گردد. از سوی دیگر افزایش درجه حرارت تجهیزات از مقادیر متعارف، موجب افزایش خرابی و کاهش عمر مفید آنها می‌گردد که البته این اثرات جانبی برای مصرف کننده ملموس نخواهد بود اما نتایج زیانبار آن در طولانی مدت مشخص خواهد شد.

با افزایش آگاهی مشترکین نسبت به مفاهیم کیفیت برق، اثرات ملموس و ناملموس کیفیت برق برای مشترکین مشخص شده و آگاهی آنها نسبت به نتایج اقتصادی کیفیت برق، افزایش می‌یابد. بنابراین حساسیت این مشترکین درباره اغتشاشات کیفیت برق افزایش یافته و اگر منشا این اغتشاشات، از جانب تحویل دهنده برق باشد، مدعی خسارت خواهند شد.

لذا وجود تجهیزاتی که در مورد منشا اغتشاشات کیفیت برق داوری نماید، در آینده نزدیک بیشتر مورد توجه قرار خواهد گرفت.

تحویل دهنده های انرژی الکتریکی به دلیل به هم پیوستگی شبکه های قدرت، نسبت به کیفیت بار مصرفی توسط مشترکان حساسیت داشته و برای آن استانداردهایی وضع می-کنند یا آنکه قیمت برق تحویلی را گرانتر از معمول محاسبه می‌کنند. اما همواره دلیل وجود هارمونیک در بار یک مشترک، تولید هارمونیک توسط وی نمی‌باشد، بلکه ممکن است بار وی جذب‌کننده هارمونیک از شبکه باشد. در این میان، تطبیق کیفیت برق با استاندارد، پیچیدگی‌هایی خواهد داشت که تنها پس از مشخص نمودن سهم تولیدکننده و مصرف کننده در برهم خوردن کیفیت برق، قابل محاسبه خواهد بود.

تجدیدساختار در بازار برق و ایجاد بازار رقابتی، نوع تعامل خریدار و فروشنده برق را دستخوش تغییر نموده است. با افزایش قدرت انتخاب مشتریان، آنها می‌توانند برق مورد نیاز خود را از تولیدکنندگان مختلف خریداری کنند، ضمن آنکه قراردادهای خرید برق شامل کیفیت و قابلیت اطمینان برق تحویلی نیز خواهد بود که این مساله مشترکان را قادر می‌سازد در صورت ایجاد اغتشاش در برق تحویلی توسط تحویل‌دهندهٔ برق، به سادگی قرارداد خرید برق خود را با تولیدکننده دیگری منعقد نمایند. در این میان تجهیزاتی که عامل ایجاد اغتشاش کیفیت برق را مشخص می نمایند، می‌توانند به حل اختلاف ایجاد شده در قراردادهای فروش برق کمک نمایند. اگر بتوان سهم یک مشترک در اغتشاش کیفیت برق را محاسبه نمود، شرکت‌ها خواهند توانست آزادی عمل بیشتری در قرارداد مشترکین داشته باشند.

در کنار موارد بالا باید گسترش روزافزون تولیدکننده‌های پراکنده در شبکه‌های قدرت را مدنظر قرار داد که اغلب تولید هارمونیک نیز می‌کنند، در این میان داوری درباره عامل برهم‌زننده کیفیت برق برای این تولیدکنندگان نیز مساله‌ای جدی خواهد بود.

برای اصلاح کیفیت برق تجهیزاتی مانند فیلترهای غیرفعال و فعال استفاده می‌شود که در طراحی ها فرض بر آن است که بار مصرفی عامل برهم زننده کیفیت برق و تولید هارمونیک است، اما اگر هارمونیک موجود در بار مصرفی در نتیجه جذب هارمونیک از شبکه به وجود آمده باشد، قراردادن فیلتر غیرفعال موازی که امپدانس کمی در فرکانس تشدید خود دارد، موجب جذب هارمونیک بیشتر از شبکه خواهد شد. در عین حال به مرور تجهیزات الکترونیک قدرت جای خود را در شبکه‌های توزیع باز نموده و به اصلاح