تقدیم به تمامی کسانی که با افکار متعالی خود و با انجام اقدامات برجسته و صرف عمر گرانبهای خود در راه اعتلای علمی و فنی و توسعه تکنوکراسی، خدمات ارزنده‌ای به جامعه بشری داشته‌اند.

تقدیم به روح مرحومین مغفور، شادروانان خُلد آشیان

دکتر محمّدعلی مجتهدی[۱]	مهندس سیّد مهدی فاطمی[۲]
دکتر سیّد محمّد فاطمی[۳]	مهندس بهمن قاضی‌زاده[۴]
دکتر قدرت‌اله حیدری[۵]	مهندس منصور آجودانی[۶]
دکتر کاوه نظامی‌زاده[۷]	مهندس محمد جعفر تحویلداری[۸]
مهندس تیمور لکستانی[۹]	مهندس فیروز قسمتی‌زاده[۱۰]

.....

---

۱. متولد ۱۲۸۷ لاهیجان، دانش آموخته دانشگاه سوربن پاریس (Sorbonne Universités) ۱۹۳۸ و استاد دانشگاه تهران و از پایه‌گذاران دانشگاه صنعتی شریف

۲. متولد ۱۳۰۴ زنجان، دانش‌آموخته دانشکده فنی دانشگاه تهران ۱۳۲۶ و فارغ التحصیل مهندسی مکانیک از دانشگاه کلمبیا آمریکا و از مهندسین پایه گذار ذوب‌آهن اصفهان

۳. متولد ۱۳۰۲ زنجان، دانش آموخته دانشگاه پاریس ۱۹۶۳ در رشته ژئوفیزیک و استاد فیزیک دانشگاه تهران و از پایه‌گذاران علم ژئوفیزیک ایران و با سابقه ۴۱ سال تدریس در دانشگاه

۴. متولد ۱۳۴۴ زنجان، دانش آموخته دانشگاه جندی شاپور اهواز، از پایه‌گذاران مهندسی رلیاژ در شرکت برق منطقه‌ای زنجان و مدیر عامل فقید شرکت برق منطقه‌ای زنجان

۵. متولد ۱۳۲۸ نفت چال لفور (سواد کوه مازندران)، دانش آموخته دانشگاه سنت پترزبورگ (لنینگراد) شوروی و از پایه‌گذاران کنفرانس‌ها و همایش‌های علمی صنعت برق ایران

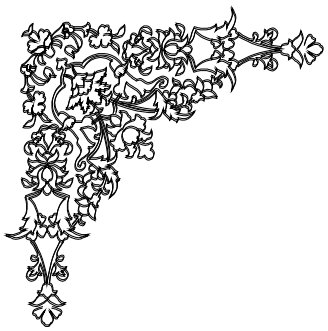
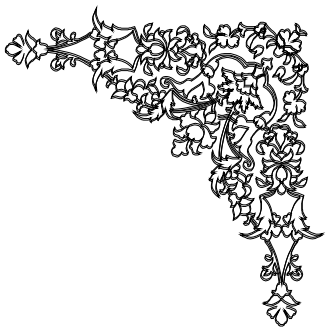
۶. از پایه‌گذاران آزمایشگاه الکترونیک دانشگاه صنعتی شریف/ مرد عاشقی که از بدو شروع کار دانشگاه صنعتی از سال ۱۳۴۵، بیش از ۵۰ سال از عمر شریف خود را در محل آزمایشگاه جهت اعتلای فنی دانشجویان دانشگاه صنعتی سپری نمود.

۷. متولد ۱۳۳۴ مراغه، دانش آموخته دانشکده فنی دانشگاه تهران و استاد فرهیخته رشته مهندسی برق قدرت و از پایه‌گذاران دانشکده فنی و رشته مهندسی برق دانشگاه سراسری زنجان

۸. دانش آموخته دانشگاه تورنتو کانادا و مدرس درس آنتن‌ها و تلویزیون در دانشگاه صنعتی شریف/ از پایه‌گذاران فرستنده‌های پرقدرت در سازمان رادیو تلویزیون ملی ایران در دهه ۴۰ هجری شمسی

۹. متولد ۱۲۹۴ سلماس، دانش‌آموخته اولین دوره ورودی دانشکده فنی دانشگاه تهران ۱۳۱۳ و از پایه‌گذاران دانشگاه صنعتی شریف باهمکاری زنده یاد دکتر محمدعلی مجتهدی لاهیجانی

۱۰. از پایه‌گذاران آزمایشگاه الکتروتکنیک و ماشین‌های الکتریکی دانشگاه صنعتی شریف

با سپاس از

- خداوند بزرگ برای همه ایده‌ها و موهبت‌هایش
- پدر و مادر عزیزم برای همه لطف‌ها و صبوری‌هایشان
- جناب آقای مجید زروئی مدیریت محترم انتشارات فدک ایساتیس بخاطر توجه و مساعدت در چاپ و نشر کتاب
- جناب آقای مهندس رضا کرمی شاهنده برای همکاری صمیمانه و راهنمایی‌های ارزشمندشان
- جناب آقای محمد کرمی شاهنده برای طراحی جلد کتاب
- و سرکار خانم مریم یوزباشی و سرکار خانم طاهره حقایق بخاطر تایپ و صفحه‌آرایی کتاب.

محسن خالقی

مقدمه

هدف مولف از نگارش این کتاب، ایجاد یک مرجع مطالعـاتی بـرای مباحـث پیشـرفته و کتـابی عملـی بـا رویکرد حل مسئله با اعداد و ارقام واقعـی بـرای مهندسـین بـرق شـاغل در عرصـه صـنعت، تکنولـوژی و شبکه‌های الکتریکی می‌باشد. اگر چه می‌توان به جرات اذعان نمود که مطالب و اطلاعات موجود در کتـاب می‌تواند نگرش مهندسی مطلوبی برای دانشجویان مقطع لیسانس، فوق‌لیسانس و دکتـرای مهندسـی بـرق (گرایش الکتروتکنیک/ فشارقوی/ شبکه‌های الکتریکی/ ماشین‌های الکتریکی/ کیفیت توان) ایجـاد نمایـد. در متدلوژی استفاده شده برای تدوین این نگارش، تلاش نگارنده بر آن است تـا بـا محوریّـت بـر موضـوع پدیده‌شناسی[1] و آسیب‌شناسی[2]، بدنبال راهکارهای تکنیکال بوده و با ارائه راه‌حل‌های عملیـاتی و مهندسـی برای ممانعت از رخداد پدیده‌های مخرب و کاهش عوارض ناشی از آن مانند بـروز خطـا، عیـب و نقـص و آسیب دیدگی تجهیزات (ادوات الکتریکی و ماشـین‌هـای الکتریکـی) و حـوادث الکتریکـی در شـبکه‌هـای الکتریکی، اقدامات پیشگیرانه[3] و کُنش‌گرایانه[4] انجام گیرد. به عنـوان یـک گـزاره خبـری هزینـه اقـدامات پیشگیرانه معمولاً بسیار کمتر از هزینه درمان پس از آسیب‌دیدگی می‌باشـد. بـرای پیـاده‌سـازی اسـتراتژی تاب‌آوری[5] و اقدامات پیشگیرانه در راستای ایمن‌سـازی[6] در برابـر اغتشاشـات بایسـتی در راسـتای تحلیـل مسائل پیچیده جهت رفتارشناسی و ریخت‌شناسی[7] پدیده‌های مخـرب از روش‌هـای شـبیه‌سـازی صـورت مساله با استفاده از نرم‌افزارهای قدرتمند (سیمولاتورهای تحلیلگر[8]) بهره‌ی لازم بـرده شـود. اغتشاشـات در شبکه‌های الکتریکی طیف وسیعی داشته و می‌تواند منشاء آسیب‌ها و خسارت‌هـای جبـران ناپـذیری باشـد. امکان رخداد خطر[9] (ریسک) ناشی از پدیده‌های الکترومغناطیسی مخرب و استرس‌های خطرنـاک ناشـی از آن در شبکه‌های الکتریکی محتمل می‌باشد. مدیریت اغتشاشات بر مبنای هشـدارهای مطالعـاتی، در واقـع نوعی مدیریت دارایی‌ها و مراقبت از سرمایه‌ها در یک سیستم پیچیده، محسوب مـی‌گـردد. در ایـن کتـاب، سعی بر آن است تا روش مطالعات امکان‌سنجی[10] برای پژوهشگران و مهندسین علاقمنـد بیـان گـردد. در راستای انجام مطالعات لازم و راهبردی برای هر نـوعی سیسـتمی در هـر زیرسـاخت[11] نیـاز بـه مطالعـات

---

1. Phenomenology
2. Pathology
3. Preventive Action
4. Proactive Action - making things happen or change rather than reacting to events/Longman Dictionary
5. Resiliency
6. Security
7. Morphology
8. Computer Aided Design (CAD) –PSCAD-DIgSILENT PowerFactory- CYME-EMTP-ATP- PSSE-NEPLAN-….
9. Jeopardize
10. Feasibility Study- Étude de faisabilité
11. Infrastructure

امکان‌سنجی می‌باشد. پروسه مطالعات سیستم یک فرایند زمانبر و طولانی مدت بوده و نیازمند داشتن پایه علمی و فنی مناسب و کسب تجربه لازم می‌باشد. رویه صحیح جهت انجام مطالعات سیستم، نیازمندِ داشتنِ روحیه کار تیمی (گروهی) و راهبر مطالعاتی خبره برای هدایت و راهبری پروژه مطالعاتی می‌باشد. جهت ممانعت از هرز رفت منابع (مکان/ زمان/ بودجه/ سرمایه و دارایی و پتانسیل انسانی) بایستی مطالعات در چهارچوب و در سطح استانداردهای معتبر بین‌المللی و مبتنی بر دستورالعمل‌های ویژه، قوانین شبکه[1] و با استناد به راهنماها[2]، توصیه‌ها و الزامات فنی و علمی مدوّن و مبرهن انجام پذیرد. تکنیک مهندسی و تاکتیک مدیریتی با حضور برنامه، هدف و استراتژی، لازمه توسعه هر نوع زیرساختی می‌باشد. در این راستا وجود تفکر سیستمی راهگشا می‌باشد. صرف زمان بهینه در راستای انجام مطالعات لازم (کامل/کافی/ جامع/ شامل/ مانع) می‌تواند در یک مگاپروژه از پرت شدگی و هرز رفت و هدر رفت سرمایه‌ها و دارایی‌ها و بودجه‌ی کشور، ممانعت بعمل آورد. در این راستا نگارنده از تمامی پژوهشگران و علاقمندان خواهشمند است تا به جایگاه و اهمیت مطالعات نیازسنجی و امکان‌سنجی در زمان انجام پروژه‌های بزرگ در کشورهای پیشرفته و توسعه یافته (ایالات متحده امریکا، ژاپن، آلمان، فرانسه و بریتانیا) بذل توجه فرمایند. گفتنی است تربیت و پرورش مهندسین و کارشناسان فن‌سالار و تکنوکرات[3] لازمه توسعه هر نوع صنعتی در کشور عزیزمان ایران می‌باشد. شایان ذکر است هدف از تاسیس و بنیانگذاری مدارس عالی، هنرستان‌های صنعتی، دانشسراهای عالی، انیستیتوهای فن‌آوری[4] و دانشگاه‌های های صنعتی[5] به شیوه نوین، تربیت تکنسین‌ها و مهندسین تکنوکرات در عرصه صنعت و تکنولوژی نوین بوده است. در این کتاب هدف آن است تا مباحث پیشرفته و پیچیده به زبان ساده[6] بیان شده و مسائل ویژه با روش‌های مدلسازی ریاضی و شبیه‌سازی کامپیوتری برای خوانندگان محترم تبیین گردد. در بخشی از کتاب به مباحث ویژه‌ای مانند پایش وضعیت تجهیزات و آنالیزهای مورد نیاز و در بخش دیگر به پایش پارامترهای کیفی توان و آنالیزهای مرتبط با آن پرداخته شده است. نیاز است در کشورمان ایران نیز مباحث پایش وضعیت[7] و نگهداری و تعمیرات با رویکرد علمی و مبتنی بر استانداردهای قابلیت اطمینان

---

1. Grid Code - A grid code is a technical specification which defines the parameters a facility connected to a public electric network has to meet to ensure safe, secure and economic proper functioning of the electric system.
2. Guideline
3. Technocrat
4. Institute of Technology (Massachusetts Institute of Technology-MIT). An institute of technology (also: (also: university of technology, technical university, polytechnic university and polytechnic school) is a type of college or university which specializes in engineering, technology, applied science and sometimes natural sciences. The British term polytechnic usually refers to an applied higher education institution that does not award doctorates. This term appeared in the early 19th century from the French École Polytechnique, an engineering school founded in 1794 in Paris. The French term comes from the Greek πολύ (polú or polý) meaning "many" and τεχνικός (tekhnikós) meaning "technical".
5. University Technology (Sharif University Technology (SUT))- Technische Universität (Wien/Berlin)
6. Demystify
7. Condition Monitoring (or, colloquially, CM) is the process of monitoring a parameter of condition in machinery (vibration, temperature etc.), or power system (Voltage, Current etc.), in

(به مانند سایر کشورهای مترقی جهان) جدی گرفته شود و مراکز پایش و نگهداری و تعمیرات مبتنی بر دانش قابلیت اطمینان ایجاد گردد. نیاز است در کشورمان ایران نیز مراکز پایش وضعیت کیفی توانِ بر خط[1]، با رویکرد علمی و مبتنی بر استانداردهای کیفیت توان ایجاد گردد. این کتاب ماحصل تلاش‌های نگارنده در راستای انجام مطالعات علمی و کسب تجارب فنی در دفتر فنی انتقال شبکه (معاونت بهره-برداری شرکت برق منطقه‌ای زنجان) در مدت زمانی بیش از یک دهه، اکتساب شده و از منظر و نگاه فردی وطن‌دوست[2] که نیّت و سعی بر آن داشته تا قدمی هر چند کوچک، در راه ارتقاء دانش فنی و شغلی رسته مطالعات سیستم قدرت[3] در صنعت برق کشور ایران برداشته باشد، نگاشته شده است. نگارنده از تمامی اساتید و متخصصینی[4] که با خواندن آثار ماندگار آنها مفاهیم بنیادی را از آنها فرا گرفته است، صمیمانه از ایشان تشکر و قدردانی می‌نماید. امید است دانشجویان گرامی، اساتید ارجمند، صنعتگران عزیز، پژوهشگران محترم و علاقمندان به مقوله مطالعات سیستم از نگاه مهندسی به موضوع مذکور نگریسته و نقصان‌ها و اشتباهات اینجانب را بدیده منّت چشم‌پوشی نمایند و موارد لازم را از طریق آدرس الکترونیکی به اینجانب تذکر داده و رهنمودهای لازم را دریغ نفرمایند. نگارنده سپاسگزار خواهد بود تا اشتباهات و نواقصات خویش را با توصیه افراد متخصصِ خیرخواه و نقادان اهل فن، اصلاح نماید.

مهندس محسن خالقی
Moh_khaleghi@alum.sharif.edu
عضو انجمن فارغ‌التحصیلان
دانشکده مهندسی برق
دانشگاه صنعتی شریف
بهار ۱۳۹۸

---

order to identify a significant change which is indicative of a developing fault. It is a major component of predictive maintenance.

1. Power Quality Online Monitoring (PQM)-Quality Telemetering

۲. الحُبّ الوطن من الایمان

3. Power System Study Staff (PSSS)

4. Charles Proteus Steinmetz, Allan Greenwood (RPI), Roy Billinton (Saskatchewan), Alan Victor Oppenheim (MIT), G.N Alexandrov (Saint Petersburg), John Renshaw Carson (Princeton), Jose Arrilaga, Roger C.Dugan,; Mark McGranaghan, Math Bollen, Francisco C. De La Rosa, David Keun Cheng, Nasser Tleis, Yoshihide Hase, Bj0rn Gustavsen, Juan A. Martinez-Velasco, Taku Noda, Hansen Hidalen, Martin Schmieg, Juergen Schlabbach, Karl-Heinz Rofalski, Lou van der Sluis (TU Delft), …….

فهرست مطالب

فصل ۱ پایش به هنگام وضعیت تجهیزات سیستم قدرت ۱

۱.۱ پایش بهنگام ۳
۲.۱ تخلیه جزئی الکتریکی ۴
۳.۱ سنسورهای مورد استفاده ۵
۴.۱ خازن‌های کوپلاژ ۵
۵.۱ ترانسفورماتور اندازه‌گیری جریان فرکانس رادیویی (RFCT) ۶
۶.۱ سنسورهای مقاومت حساس به دما (RTD) ۷
۷.۱ پایش وضعیت و عیب‌یابی عایقی ترانسفورماتور ۷
۸.۱ بوشینگ ترانسفورماتور ۸
۹.۱ تخلیه جزئی در داخل ترانسفورماتور ۱۰
۱۰.۱ روش الکتریکی ۱۱
۱۱.۱ روش صوتی ۱۲
۱۲.۱ پایش ماشین‌های گردان (موتورها و ژنراتورها) ۱۳
۱۳.۱ پایش وضعیت در سوئیچ‌گیرها ۱۴
۱۴.۱ پایش کابل‌های قدرت ۱۶
۱۵.۱ جداسازی نویز از سیگنال تخلیه جزئی در حوزه موجک ۱۷
۱۶.۱ بازسازی سیگنال تخلیه جزئی در حوزه زمان ۱۹
۱۷.۱ تعیین تابع موجک مادر مناسب ۲۰
۱۸.۱ اندازه‌گیری سیگنال تخلیه جزئی یک کابل در ایستگاه پونکِ تهران ۲۱
۱۹.۱ نتیجه‌گیری ۲۳
۲۰.۱ آنالیز گازکروماتوگرافی جهت تشخیص عیب داخلی ترانسفورماتورهای فوق‌توزیع ایستگاه الوند ۲۴
۲۱.۱ آنالیزگازهای محلول در روغن جهت تشخیص خطا ۲۶
۲۲.۱ روش گاز کُروماتوگرافی ۲۷
۱.۲۲.۱ قسمت‌های مختلف دستگاه گاز کروماتوگرافی ۲۸
۲۳.۱ بروز عیب در ترانسفورماتورهای فوق توزیع ۶۳/۲۰ کیلوولت ایستگاه الوند ۳۰

فصل ۲ مباحث ویژه در ایستگاه‌های فشارقوی ۳۹

۱.۲ سیستم زمین و لزوم وجود آن در ایستگاه‌های فشارقوی ۴۰
۲.۲ سیستم اتصال به زمین ۴۱
۲.۲ انواع الکترودهای مورد استفاده در سیستم اتصال به زمین ۴۴
۳.۲ مقاومت الکتریکی زمین- مقاومت ویژه خاک و محل نصب الکترودها ۴۵
۴.۲ تاثیر رطوبت، دما و مواد شیمیایی روی مقاومت زمین ۴۷
۵.۲ روش‌های کاهش مقاومت زمین ۴۷
۶.۲ بررسی و نقش جانوران و حیوانات مزاحم در تریپ‌ها و عملکرد ناخواسته در ایستگاه‌های فشار قوی ۵۱
۷.۲ فواصل عایقی مورد نیاز ۵۳
۱.۷.۲ سنجاب ۵۳
۲.۷.۲ پرندگان ۵۴
۳.۷.۲ مارها ۵۵
۴.۷.۲ راکن‌ها و راسوها ۵۵
۸.۲ روش‌های کاهش مشکلات ناشی از ورود جانوران به محوطه‌ی ایستگاه‌های فشارقوی ۵۵
۱.۸.۲ ایجاد موانع ۵۵
۲.۸.۲ بازدارنده‌ها و ترساننده‌ها ۵۶
۳.۸.۲ ایزولاتورها ۵۷
۴.۸.۲ وسایل جداسازی ۵۸

فصل ۳ مطالعه‌ی تاثیر اتصال خطوط T-off بر امواج فرکانس زیاد در سیستم PLC ۶۱

۱.۳ معرفی سیستم PLC ۶۳
۱.۱.۳ تلّه خط ۶۴
۲.۱.۳ خازن کوپلاژ ۶۴
۳.۱.۳ تجهیز کوپلاژ (CD) یا جعبه تطبیق امپدانس (LMU) ۶۶
۴.۱.۳ کابل هم محور ۶۶
۵.۱.۳ فرستنده/ گیرنده PLC ۶۶
۲.۳ بیان مسئله ۶۶
۳.۳ تحلیل ریاضی امواج فرکانس زیاد ۶۷

۴.۳ تحلیل سیستم PLC و خط انتقال در آرایش‌های مختلف خط Toff ۶۹

فصل ۴ نحوه محاسبه امپدانس خودی و متقابل مثبت و صفر ۸۱

۱.۴ روش‌های موجود برای محاسبه امپدانس متقابل ۸۲
۲.۴ بررسی یک حالت خاص ۹۵

فصل ۵ آلودگی الکترومغناطیسی ناشی ازمنابع اغتشاشات الکترومغناطیسی ۱۱۹

۱.۵ محیط الکترومغناطیسی ۱۲۰
۲.۵ اغتشاش الکترومغناطیسی ۱۲۰
۳.۵ منابع اغتشاش الکترومغناطیسی ۱۲۰
۴.۵ سطح اغتشاش (DL) ۱۲۰
۵.۵ مسئله سازگاری الکترومغناطیسی (EMC) ۱۲۱
۶.۵ سطح سازگاری الکترومغناطیسی (CL) ۱۲۱
۷.۵ انتشار الکترومغناطیسی ۱۲۲
۱.۷.۵ سطح انتشار ناشی از یک منبع اغتشاش (EL) ۱۲۲
۸.۵ حد انتشار از یک اغتشاش (E) ۱۲۳
۱.۸.۵ مصونیت از اغتشاش ۱۲۴
۲.۸.۵ سطح مصونیت (IL) ۱۲۴
۳.۸.۵ حد مصونیت (I) ۱۲۴
۹.۵ سطح برنامه‌ریزی (PL) ۱۲۵
۱۰.۵ هارمونیک‌ها ۱۲۸
۱.۱۰.۵ میان هارمونیک‌ها ۱۳۰
۱۱.۵ نوسانات ولتاژ (فلیکر) ۱۳۱
۱۲.۵ تغییرات ولتاژ (سقوط ولتاژ، وقفه‌های کوتاه مدت منابع تغذیه) ۱۳۳
۱۳.۵ نامتعادلی ولتاژ ۱۳۳
۱۴.۵ تغییرات فرکانس قدرت ۱۳۴
۱۵.۵ سیگنال‌های ارسالی از طریق بستر شبکه ۱۳۴
۱۶.۵ آلودگی الکترومغناطیسی ناشی از اغتشاشات هارمونیکی ۱۳۵
۱۷.۵ لزوم مطالعه در خصوص آلودگی هارمونیکی در فیدرهای تغذیه‌کننده در بخش فوق‌توزیع ۱۳۷
۱۸.۵ چگونگی بروز پدیده تشدید (رزنانس الکتریکی) ۱۳۸
۱۹.۵ نتایج حاصل از اندازه‌گیری ۱۴۰

۲۰.۵ شبیه‌سازی هارمونیکی شبکه در محیط نرم‌افزار تحلیلگر ۱۴۴
۲۱.۵ لزوم مطالعه در خصوص آلودگی هارمونیکی در فیدرهای تغذیه‌کننده در بخش توزیع ۱۴۹
۲۲.۵ مطالعه هارمونیکی فیدر آریان فولاد ۱۵۲
۲۳.۵ مشخصات تجهیزات اندازه‌گیری کیفیت توان ۱۵۲
۲۴.۵ مطالعه هارمونیکی بار فیدرآریان فولاد قبل از افزایش دیماند به لحاظ مشکلات کیفیت توانی ۱۵۶
۱.۲۴.۵ مطالعه فیدر آریان فولاد بعد از افزایش دیماند به لحاظ مشکلات کیفیت توانی ۱۶۰
۲.۲۴.۵ مطالعه رزنانسی شبکه با توجه به هارمونیک‌های موجود ۱۶۲
۲۵.۵ مطالعه‌ی تأثیر جبران‌ساز استاتیکی توان راکتیو بر پارامترهای کیفیت توان ۱۶۶
۲۶.۵ مشکلات کیفیت توان ایستگاه فوق‌توزیع ۶۳٫۲۰ کیلوولت باورس قبل از نصب SVC ۱۶۷
۲۷.۵ دلایل استفاده از جبران‌ساز استاتیکی توان راکتیو (SVC) ۱۷۱
۲۸.۵ مشخصات SVC استفاده شده در کارخانه‌ی هفت‌الماس ۱۷۳
۲۹.۵ نتایج حاصل از ثبت اطلاعات کیفیت توان پس از نصب جبران‌ساز استاتیکی توان راکتیو در کارخانه‌ی هفت الماس ۱۷۷
۳۰.۵ مطالعه و شناسایی مودهای رزنانسی در ایستگاه‌های ۶۳٫۲۰ کیلوولت دارای بانک خازنی و ارائه راهکارهای عملی لازم ۱۸۱
۳۱.۵ اسکن فرکانسی در سیستم‌های قدرت ۱۸۲
۳۲.۵ مطالعه رزنانس در ایستگاه ۶۳٫۲۰ کیلوولت قیدار ۱۸۴
۳۳.۵ نتایج بررسی دو نمونه ایستگاه ۶۳٫۲۰ کیلوولت دیگر ۱۹۴
۳۴.۵ راهکارهای عملی برای مقابله با پدیده رزنانس ۱۹۴
۳۵.۵ لزوم اعمال جریمه در خصوص شاخص‌های کیفیت توان جهت کنترل اغتشاشات الکترومغناطیسی ۱۹۷
۳۶.۵ جریمه شرکت برق در کشور آرژانتین بر اساس پخش اغتشاش ۱۹۸
۱.۳۶.۵ جریمه مصرف‌کننده اغتشاشگر ۱۹۸
۲.۳۶.۵ جریمه هارمونیک غیرمجاز ۱۹۹
۳۷.۵ روش‌های مطرح شده برای جریمه‌ی هارمونیک ۲۰۰
۳۸.۵ مطالعه موردی و محاسبات فیلتر در صنایع ذوب فلز ۲۰۱
۳۹.۵ افزایش امپدانس با افزایش فرکانس ۲۲۷
۴۰.۵ اثر پوستی ۲۲۷
۴۱.۵ مدلسازی بار مصرفی ۲۲۷
۴۲.۵ میزان بار و تولید ۲۲۸
۴۳.۵ مدل توزیع شده خطوط ۲۲۹

۴۴.۵ امپدانس واحدهای نیروگاهی ۲۳۰
۴۵.۵ مدل کردن عناصر شبکه در محیط هارمونیکی ۲۳۱
۱.۴۵.۵ ژنراتور ۲۳۱
۲.۴۵.۵ موتور القائی ۲۳۲
۳.۴۵.۵ خطوط انتقال انرژی الکتریکی ۲۳۲
۴.۴۵.۵ ترانسفورماتور ۲۳۳
۵.۴۵.۵ خازن ۲۳۳
۶.۴۵.۵ بارمصرفی (الکتریکی) ۲۳۳
۷.۴۵.۵ بار خطی ۲۳۴
۸.۴۵.۵ بارهای غیرخطی ۲۳۴
۴۶.۵ راهکارهای کاهش هارمونیک شبکه ۲۳۶
۴۷.۵ راهکارهای کاهش هارمونیک تولیدی مشترکین ۲۳۸
۱.۴۷.۵ ابلاغ دستورالعمل رعایت استاندارد کیفیت توان و پیگیری اجرای آن ۲۳۸
۲.۴۷.۵ استفاده از تجهیزات جبرانگر جهت کاهش اغتشاشات ۲۳۹
۳.۴۷.۵ استفاده از تجهیزات با آلایندگی کمتر ۲۴۰

فصل ۶ بهره‌برداری از بانک‌های خازنی بر مبنای مودهای فرکانسی ۲۴۷

۱.۶ انواع تشدید الکتریکی ۲۴۹
۲.۶ تشدید سری ۲۵۱
۳.۶ روش‌های محاسبه فرکانس تشدید ۲۵۳
۱.۳.۶ روش تقریبی ۲۵۳
۲.۳.۶ پخش بار هارمونیکی ۲۵۵
۳.۳.۶ تحلیل پاسخ فرکانسی امپدانس بر حسب فرکانس ۲۵۶
۴.۶ عوامل موثر در تغییر فرکانس تشدید ۲۵۶
۱.۴.۶ تغییر اندازه بانک خازنی (اندازه کاپاسیتانس) ۲۵۶
۲.۴.۶ تغییر بار مصرفی از کم باری تا پر باری ۲۵۷
۳.۴.۶ تغییر شرایط بهره‌برداری (تغییرات توپولوژی شبکه) ۲۵۷
۴.۴.۶ نوع خطوط متصل و نحوه مدلسازی آن ۲۵۸
۵.۴.۶ سایر عوامل ۲۵۸
۵.۶ شرح روش مطالعه ۲۵۸
۶.۶ راهکارهای جلوگیری از آسیب‌دیدگی بانک‌های خازنی ۲۶۴

۱.۶.۶ استفاده از فیلترهای فعّال و غیرفعّال ۲۶۴
۲.۶.۶ تبدیل بانک خازنی به فیلتر دی تیون ۲۶۵
۳.۶.۶ تغییر ظرفیت بانک‌های خازنی ۲۶۹
۴.۶.۶ استفاده از تجهیزات حفاظتی مناسب ۲۶۹
۷.۶ گزارش بررسی حادثه‌ی بانک خازنی ایستگاه فوق‌توزیع ۶۳/۲۰ کیلوولت گرماب ۲۷۲
۸.۶ سناریوی پخش‌بار هارمونیکی ۲۷۳
۹.۶ آنالیز سطح اِغتشاش جهت بررسی شاخص اِعوجاج هارمونیکی ولتاژ در یک ایستگاه فوق‌توزیع نمونه و ارائه راهکارهای لازم ۲۷۶
۱۰.۶ امکانسنجی رخداد پدیده شبه رزنانسی در شبکه مورد مطالعه ۲۷۸
۱۱.۶ آنالیز پخش بار هارمونیکی ۲۸۶
۱.۱۱.۶ سناریوی اول: تغذیه ایستگاه سلطان‌آباد ازطریق خط ۶۳ کیلوولت با کُد دیسپاچینگی DC604 ۲۸۶
۲.۱۱.۶ سناریوی دوم: تغذیه ایستگاه سلطان‌آباد ازطریق خط ۶۳ کیلوولت با کُد دیسپاچینگی AM608 ۲۸۶

فصل ۷ **روش‌های افزایش کیفیت ولتاژ در شینه صنعتی ۲۹۱**

۱.۷ مشخصات شبکه مورد مطالعه ۲۹۵
۱.۱.۷ بررسی و آنالیز سناریوهای مختلف ۲۹۷

فصل ۸ **آثار ناشی از کلیدزنی بانک‌های‌خازنی و پدیده بزرگنمایی ۳۰۵**

۱.۸ چگونگی بروز پدیده بزرگنمایی ۳۰۸
۱.۱.۸ بررسی پدیده بزرگنمایی از دیدگاه معادلات مداری ۳۰۸
۲.۸ بررسی پدیده بزرگنمایی در شبکه برق منطقه‌ای زنجان (ZREC) ۳۱۱
۳.۸ شبیه‌سازی با نرم‌افزار EMTP-RV ۳۱۴

فصل ۹ **اصول اولیه طراحی و حفاظت بانک‌های خازنی شانت ۳۲۱**

۱.۹ یونیت خازنی ۳۲۷
۲.۹ آرایش بانک‌های‌خازنی بر مبنای محل فیوزگذاری شده ۳۲۹
۱.۲.۹ فیوزگذاری در خارج از یونیت خازنی (فیوز خارجی) ۳۳۱

۲.۲.۹ فیوزگذاری در داخل یونیت خازنی (فیوز داخلی) ۳۳۲
۳.۲.۹ بانک‌های خازنی بدون فیوز ۳۳۳
۳.۹ کُلیّات طراحی بانک‌های‌خازنی ۳۳۴
۱.۳.۹ پیکربندی بانک خازنی با اتصال ستاره‌ی زمین شده ۳۳۵
۲.۳.۹ یونیت‌های چندگانه سری شده قرار گرفته ما بین فاز با زمین و آرایش بانک خازنی دُوبل اِستار (دوستاره) ۳۳۷
۳.۳.۹ بانک‌های خازنی با اتصّال ستاره زمین نشده (نقطه‌ی نوترال شناور) ۳۳۷
۴.۳.۹ پیکربندی H ۳۳۹
۴.۹ عیوب و خطاهای غیرقابل شناسایی ۳۴۲
۵.۹ راهکارهای پیشنهادی برای کاهش تعداد خروج از مدارِخودکارِ بانک‌های خازنی بر اساس علل شناسی و عامل‌یابی (علّت‌یابی) بر حسب آمار ثبت شده ۳۵۴

فصل ۱۰ بررسی و شناخت پدیده‌ی فرّورزنانس (تشدید آهنی) ۳۶۳

۱.۱۰ شرایط لازم برای رخداد این پدیده در شبکه‌ی تحت مطالعه ۳۶۶
۲.۱۰ شرایط مناسب برای رخداد این پدیده در شبکه‌ی تحت مطالعه ۳۶۶
۳.۱۰ خصوصیات و ویژگی‌های این پدیده در شبکه‌ی تحت مطالعه ۳۶۷
۴.۱۰ امکان‌سنجی رخداد پدیده فرّورزنانس در شبکه‌ی تحت مطالعه (ایستگاه توکلی) ۳۶۹
۵.۱۰ امکان‌سنجی رخداد پدیده فرّورزنانس در شبکه‌ی تحت مطالعه (ایستگاه پیغمبریه) ۳۷۴
۶.۱۰ نتایج شبیه‌سازی ۳۷۸
۷.۱۰ ارائه راهکارها و پیشنهادات لازم ۳۸۵
۸.۱۰ نتایج شبیه‌سازی حالت‌های گذرای ولتاژ بخش ۶۳ کیلوولت ایستگاه‌های فوق‌توزیع پایین‌دست ۳۹۱
۹.۱۰ رخداد فرّورزونانس در بخش انتقال ۳۹۳

فصل ۱۱ نقش مقاومت نقطه‌ی نوترال در ترانسفورماتورهای کُمپکت ۳۹۷

۱.۱۱ طرح و شماتیک شبکه‌ی مورد مطالعه ۳۹۹
۲.۱۱ انواع مقاومت نوترال از نظر متریال ۴۰۰
۳.۱۱ مفروضات لازم جهت انجام آنالیز شبکه ۴۰۱
۱.۳.۱۱ فرضیه اول ۴۰۱
۲.۳.۱۱ فرضیه دوم ۴۰۲
۳.۳.۱۱ فرضیه سوم ۴۰۳

۴.۳.۱۱ فرضیه چهارم ۴۰۴
۴.۱۱ شبیه‌سازی و نتایج حاصل از آن ۴۰۵
۱.۴.۱۱ نتایج بدست آمده از آنالیز بیشبود و کمبود ۴۰۵
۲.۴.۱۱ نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی حالت‌های گذرا و ولتاژ برگشتی (بازگشتی– استقرار) گذرا ۴۰۷

فصل ۱۲ اثرات فیزیکی میدان‌های الکترومغناطیسی ۴۱۹

۱.۱۲ گرمایش القایی مفید ۴۲۰
۲.۱۲ گرمایش القایی مُضِر ۴۲۲
۳.۱۲ اشباع هسته مغناطیسی ماشین‌های الکتریکی ۴۲۵
۱.۳.۱۲ حفاظت از ترانسفورماتور قدرت در برابر جریان‌های القایی ژئومگنتیک ۴۲۸
۲.۳.۱۲ روش‌های پیشنهاد شده برای حفاظت ترانسفورماتورهای قدرت ۴۳۲
۳.۳.۱۲ نصب تجهیزات حفاظتی توان زیاد ۴۳۲
۴.۳.۱۲ رله‌های حفاظتی مخصوص ۴۳۳
۴.۱۲ اثرات فیزیکی میدان‌های الکترومغناطیسی خطوط انتقال انرژی الکتریکی ۴۳۶
۱.۴.۱۲ دستورالعمل‌های حفاظت در برابر خطرات ناشی از همجواری با خطوط انتقال انرژی الکتریکی و میدان الکترومغناطیسی ناشی از آن ۴۳۷
۲.۴.۱۲ سطح استاندارد میدان‌های الکترومغناطیسی ۴۴۲
۳.۴.۱۲ استاندارد حدود مجاز میدان‌های الکترومغناطیسی در کتاب مرجع ۴۴۷
۵.۱۲ آنالیز خطر آلودگی الکترومغناطیسی ۴۴۹

فصل ۱۳ اثرات میدان‌های الکترومغناطیسی خطوط فشارقوی بر روی خطـوط سیال ۴۵۳

۱.۱۳ تداخل الکترومغناطیسی از خطوط انتقال انرژی الکتریکی بر روی خطوط لوله فلزی ۴۵۶
۲.۱۳ تداخل الکترواستاتیکی یا کوپلینگ خازنی از خط انتقال انرژی الکتریکی بر روی خط لوله ۴۵۸
۳.۱۳ تداخل الکترومغناطیسی یا کوپلینگ القایی (اندوکتیو) از خط انتقال انرژی الکتریکی بر روی خـط لوله ۴۷۳
۴.۱۳ آنالیز نیروی محرکه القایی بر روی خط لوله (محاسبه ولتاژ طولی) ۴۷۴
۵.۱۳ نحوه محاسبه EMF القایی در شرایط عادی شبکه بدون رخداد خطای اتصال کوتاه ۴۷۷
۶.۱۳ نحوه محاسبه EMF القایی در شرایط خاص شبکه با رخداد خطای اتصال کوتاه ۴۷۸
۷.۱۳ مشخصات الکتریکی خطوط لوله فلزی ۴۸۰

۱.۷.۱۳ نحوه محاسبه امپدانس سِری برای خط لوله فلزی بـا احتسـاب مسـیر برگشـت از طریـق زمین ۴۸۰
۲.۷.۱۳ نحوه محاسبه اَدمیتانس موازی (شانت) برای خط لوله فلزی ۴۸۱
۳.۷.۱۳ نحوه محاسبه ولتاژ خط لوله نسبت به زمین بر اثر کوپلینگ القایی ۴۸۲
۸.۱۳ کوپلینگ هدایتی (مقاومتی) خط انتقال انرژی الکتریکی با خط لوله فلزی انتقال سیال ۴۹۶
۹.۱۳ فاکتورهای مهم در اندازه‌ی ولتاژ AC القاء شده با ماهیت پراکنده و تداخلی ۴۹۷
۱۰.۱۳ راهکارهای ارائه شده جهت کاهش القای ولتاژ تداخلی ۵۰۱
۱۱.۱۳ برق گرفتگی بر اثر جریان‌های میلی‌آمپری و علت حساسیت داشتن به مسئله مذکور از دیـدگاه ایمنی ۵۰۲

فصل ۱۴ پیاده‌سازی توپولوژی رینگ و استراتژی بهره‌برداری از ایستگاه‌هـا ۵۰۵

۱.۱۴ ملزومات بهره‌برداری جهت برقراری طرح رینگ ۵۰۸