٩٤٢٠٩

دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکده فنی و مهندسی

گروه مهندسی برق

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه
کارشناسی ارشد مهندسی برق
گرایش کنترل

بازآرایی شبکه های توزیع به منظور کاهش تلفات اهمی با استفاده از الگوریتم های شهودی و نظریه گراف

استاد راهنما:
دکتر ملیحه مغفوری فرسنگی
دکتر حسین نظام آبادی پور

۱۳۸۷/۲/۱۷

مؤلف:
مهدی اسدیان

شهریور ماه ۱۳۸۶

۹۷۷۰۹

دانشگاه شهید باهنر کرمان

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط احراز درج کارشناسی ارشد به

گروه مهندسی برق

دانشکده فنی و مهندسی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مذبور شناخته نمی شود.

دانشجو : **مهدی اسدیان**

استاد راهنما : **دکتر ملیحه مغفوری فرسنگی**

دکتر حسین نظام آبادی پور

۱۳۸۷/۱۲/۱۷

داور ۱ : **دکتر محسن محمدیاری**

داور ۲ : **دکتر احمد حکیمی**

داور ۳ :

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی یا نماینده دانشکده : **مهندس محمد علائی**

حق چاپ محفوظ و مخصوص مؤلف است

۹۳۲۰۹

تقدیم به :

پدر و مادر عزیزم که همواره مشوق و پشتیبان من در زندگی بوده و راهنما و یاور من برای زندگی کامیاب و آینده‌ای بهتر هستند.

۱۳۸۷/۲/۱۷

تشکر و قدردانی

از خانم **دکتر ملیحه مغفوری فرسنگی** و آقای **دکتر حسین نظام آبادی پور** که علاوه بر هدایت، دلگرمی و راهنمایی‌های بی‌دریغ و ارزشمند به اینجانب در طی ماه های متمادی انجام پایان‌نامه، اخلاق تحقیق و پژوهش را به من آموختند. همچنین با تشکر از آقای **دکتر محسن محمدیان** و آقای **دکتر احمد حکیمی** که زحمت داوری این پایان نامه را قبول فرموده اند و کلیه عزیزانی که در انجام این تحقیق بنده را یاری نموده اند.

چکیده

شبکه توزیع رابط بین مصرف کننده (خانگی، صنعتی، اداری ، تجاری و کشاورزی) و سیستم انتقال و ولتاژ فشار قوی می باشد. سطح ولتاژ در شبکه های توزیع پایین بوده در نتیجه اندازه جریان زیاد خواهد بود، به همین دلیل تلفات اهمی درشبکه های توزیع به مراتب مهمتر از شبکه های انتقال می باشد. امروزه مهمترین دغدغه مهندسین در شبکه های توزیع کاهش تلفات توان، تامین انرژی قابل اطمینان و مستمر با حداقل هزینه برای مصرف کننده ها می باشد. بازآرایی ساده ترین و کم هزینه ترین روش برای تامین هدف فوق می باشد، چرا که بدون اضافه کردن هیچگونه تجهیزاتی به شبکه، این اهداف را برآورده می نماید.

در این پایان نامه بازآرایی[1] به منظور کاهش تلفات اهمی سیستم، بهبود پروفیل ولتاژ، کاهش تعداد کلیدزنی و قطعی بارها با استفاده از الگوریتم های وراثتی[2]، الگوریتم گروه ذره ها[3] و الگوریتم اصلاح شده گروه ذره ها [4] انجام می پذیرد و درکنار این الگوریتم ها از نظریه گراف به منظور بررسی شعاعی بودن شبکه و انتقال توان به کلیه بارها استفاده می گردد. در پایان روش های پیشنهاد داده شده با اجرا بر روی دو شبکه استاندارد و بخشی از شبکه توزیع شهرستان اصفهان ارزیابی و تحلیل می گردند.

[1] Reconfiguration
[2] Genetic algorithm
[3] Particle swarm optimization
[4] Guarantee convergence particle swarm optimization

فهرست مطالب

عنوان		صفحه
فصل اول: مقدمه		
۱-۱	کلیات	۲
۱-۲	مرور مختصر پایان نامه	۳
فصل دوم: نگاهی گذرا به سیستم های قدرت و شبکه های توزیع		
۲-۱	مقدمه	۶
۲-۲	سیستم قدرت	۶
۲-۲-۱	سیستم قدرت نوین	۷
۲-۲-۲	تولید	۷
۲-۲-۳	انتقال و فوق توزیع	۹
۲-۲-۴	توزیع	۹
۲-۲-۵	بار	۱۰
۲-۳	انواع سیستم توزیع	۱۰
۲-۳-۱	شبکه توزیع اولیه	۱۰
۲-۳-۲	شبکه توزیع ثانویه	۱۳
۲-۴	جمع بندی و نتیجه گیری	۱۶
فصل سوم: بازآرایی و روش های مختلف بازآرایی در شبکه های توزیع		
۳-۱	مقدمه	۱۹
۳-۲	روش های بازآرایی شبکه های توزیع	۲۰
۳-۲-۱	بازآرایی به روش سیوانلر	۲۱
۳-۲-۲	باز و بسته کردن متوالی کلیدها	۲۳
۳-۲-۳	بازآرایی به روش باران و یو	۲۴
۳-۲-۴	بازآرایی به روش گوس وامی	۲۷
۳-۳	جمع بندی و نتیجه گیری	۲۹
فصل چهارم: بررسی توابع هدف و قید ها		
۴-۱	مقدمه	۳۱
۴-۲	توابع هدف	۳۱

۴-۲-۱	حداقل نمودن تلفات توان	۳۱
۴-۲-۲	بهبود پروفیل ولتاژ	۳۲
۴-۲-۳	متعادل کردن بارها	۳۳
۴-۲-۳	کاهش تعداد کلید زنی و زمان خاموشی	۳۴
۴-۳	بررسی شعاعی بودن شبکه و ایزوله نشدن بارها	۳۴
۴-۳-۱	روش تجربی برای بررسی شعاعی بودن و انتقال توان به تمامی بارها	۳۷
۴-۳-۲	بررسی قیود شعاعی بودن و انتقال توان به کلیه بارها با استفاده از تئوری گراف	۳۸
۴-۴	پیاده سازی روش معرفی شده به کمک تئوری گراف	۴۸
۴-۵	جریمه کردن و حذف کردن جواب هاب نا ممکن از فضای جستجو	۵۱
۴-۵	جمع بندی و نتیجه گیری	۵۲

فصل پنجم: الگوریتم های ابتکاری

۵-۱	مقدمه	۵۴
۵-۲	معرفی الگوریتم های ابتکاری	۵۴
۵-۳	الگوریتم وراثتی	۵۵
۵-۴	الگوریتم PSO	۶۳
۵-۵	جمع بندی و نتیجه گیری	۶۹

فصل ششم: پیاده سازی الگوریتم ها و بررسی نتایج عددی

۶-۱	مقدمه	۷۲
۶-۲	معرفی تابع هدف	۷۲
۶-۳	بازآرایی شبکه توزیع اول	۷۳
۶-۳-۱	بازآرایی با استفاده از GA	۷۴
۶-۳-۲	بازآرایی با استفاده از PSO	۷۷
۶-۳-۳	مقایسه الگوریتم ها ی به کار رفته در بازآرایی شبکه توزیع اول	۷۹
۶-۴	بازآرایی شبکه توزیع دوم	۸۰
۶-۴-۱	بازآرایی با استفاده از GA	۸۱
۶-۴-۲	بازآرایی با استفاده از PSO	۸۳
۶-۴-۳	بازآرایی با استفاده از GCPSO	۸۵
۶-۴-۴	مقایسه الگوریتم ها ی به کار رفته در بازآرایی شبکه توزیع دوم	۸۶
۶-۵	بازآرایی شبکه توزیع سوم	۸۷
۶-۵-۱	بازآرایی با استفاده از GA	۸۸
۶-۵-۲	بازآرایی با استفاده از PSO	۹۱

۶-۵-۳	بازآرایی با استفاده از GCPSO	۹۱
۶-۵-۴	مقایسه الگوریتم ها ی به کار رفته در بازآرایی شبکه توزیع سوم	۹۴
۶-۶	جمع بندی و نتیجه گیری	۹۴
فصل هفتم: بحث، نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات		
۷-۱	مقدمه	۹۷
۷-۲	بررسی نتایج	۹۷
۷-۳	پیشنهادات	۹۸
مراجع		۱۰۱

فهرست شکل ها

۲-۱	تقسیمات علمی یک سیستم قدرت به صورت مختصر شده	۷
۲-۲	تقسیمات علمی یک سیستم به صورت گسترده	۸
۲-۳	فیدر فشار متوسط و خطوط تغذیه اصلی و فرعی	۱۱
۲-۴	فیدر حلقوی باز	۱۲
۲-۵	شبکه حلقوی بسته	۱۳
۲-۶	شبکه فشار متوسط غربالی	۱۴
۲-۷	انشعاب فشار ضعیف برای بار منفرد	۱۵
۲-۸	شبکه فشار ضعیف مشترک	۱۵
۲-۹	شبکه فشار ضعیف مجتمع	۱۶
۲-۱۰	شبکه فشار ضعیف غربالی	۱۷
۳-۱	شبکه توزیع نمونه با سه فیدر	۲۰
۳-۲	روش سیوانلر	۲۲
۳-۳	الگوریتم باز و بسته کردن متوالی کلیدها	۲۵
۳-۴	مجموعه ای از کلیدها که تشکیل حلقه می دهند	۲۶
۳-۵	الگوریتم روش باران و یو	۲۶
۳-۶	دایره تلفات صفر و نقاط معادل توان انتقالی	۲۸
۴-۱	شبکه نمونه	۳۵
۴-۲	نمودار شاخص ولتاژ	۳۷
۴-۳	نمودار شاخص اهمی	۳۸
۴-۴	الگوریتم روش تجربی بررسی شبکه توزیع	۳۹
۴-۵	گراف G	۴۰
۴-۶	گراف همبند- غیر همبند	۴۱
۴-۷	نمونه هایی از گراف درخت	۴۲
۴-۸	یک گراف نمونه	۴۳
۴-۹	پل های کونیکسبرگ و گراف آن	۴۴
۴-۱۰	الگوریتم بررسی شبکه توزیع با استفاده از نظریه گراف	۴۶
۴-۱۱	گراف نمونه	۴۷

فهرست شکل ها

۴-۱۲	گراف نمونه پس از بازآرایی	۴۸
۴-۱۳	شبکه مورد مطالعه نمونه	۴۹
۵-۱	چرخ گردان	۵۹
۵-۲	روش همبری تک نقطه ای	۶۰
۵-۳	روش همبری دو نقطه ای	۶۱
۵-۴	روش همبری یکنواخت	۶۱
۵-۵	به روز شدن سرعت و موقعیت ذره ها	۶۶
۵-۶	الگوریتم PSO	۶۷
۶-۱	شبکه ۱۶شین	۷۳
۶-۲	پروفیل ولتاژ سیستم ۱۶ شین	۷۴
۶-۳	ساختار هرکروموزوم	۷۴
۶-۴	متوسط مقدار تابع برازندگی شبکه توزیع اول برای حالت دوم در الگوریتم GA	۷۶
۶-۵	متوسط بهترین مقدار شبکه توزیع اول برای حالت دوم در الگوریتمGA	۷۷
۶-۶	پروفیل ولتاژ شبکه توزیع اول پس از بازآرایی در حالت دوم توسطGA	۷۷
۶-۷	متوسط مقدار تابع برازندگی شبکه توزیع اول برای حالت دوم در الگوریتم PSO	۷۸
۶-۸	متوسط بهترین مقدار شبکه توزیع اول برای حالت دوم در الگوریتمPSO	۷۹
۶-۹	پروفیل ولتاژ شبکه توزیع اول پس از بازآرایی در حالت دوم توسطPSO	۷۹
۶-۱۰	متوسط مقدار تابع برازندگی شبکه توزیع اول برای حالت دوم در الگوریتمGA وPSO	۷۹
۶-۱۱	متوسط بهترین مقدار شبکه توزیع اول برای حالت دوم در الگوریتمGA وPSO	۸۰
۶-۱۲	پروفیل ولتاژ شبکه توزیع اول قبل و بعد از بازآرایی در حالت دوم توسطGA و PSO	۸۰
۶-۱۳	پروفیل ولتاژ سیستم ۳۳ شین	۸۱
۶-۱۴	شبکه ۳۳ شین	۸۱
۶-۱۵	متوسط مقذار تابع برازندگی شبکه توزیع دوم برای حالت دوم در الگوریتمGA	۸۲
۶-۱۶	متوسط بهترین مقدار شبکه توزیع دوم برای حالت دوم در الگوریتمGA	۸۲
۶-۱۷	پروفیل ولتاژ شبکه توزیع دوم پس از بازآرایی در حالت دوم توسطGA	۸۳
۶-۱۸	متوسط مقدار تابع برازندگی شبکه توزیع دوم برای حالت دوم در الگوریتمPSO	۸۴
۶-۱۹	متوسط بهترین مقدار شبکه توزیع دوم برای حالت دوم در الگوریتمPSO	۸۴
۶-۲۰	پروفیل ولتاژ شبکه توزیع دوم پس از بازآرایی در حالت دوم توسطPSO	۸۴
۶-۲۱	متوسط مقدار تابع برازندگی شبکه توزیع دوم برای حالت دوم در الگوریتمGCPSO	۸۵
۶-۲۲	متوسط بهترین مقدار شبکه توزیع دوم برای حالت دوم در الگوریتمGCPSO	۸۶

فهرست شکل ها

۶-۲۳	پروفیل ولتاژ شبکه توزیع دوم پس از بازآرایی در حالت دوم توسطGCPSO	۸۶
۶-۲۴	متوسط مقدار تابع برازندگی شبکه توزیع دوم برای حالت دوم در الگوریتمGA، PSO و GCPSO	۸۷
۶-۲۵	متوسط بهترین مقدار شبکه توزیع دوم برای حالت دوم در الگوریتمGA، PSO و GCPSO	۸۷
۶-۲۶	پروفیل ولتاژ شبکه توزیع دوم قبل و بعد از بازآرایی در حالت دوم توسطGA، PSO و GCPSO	۸۸
۶-۲۷	پروفیل ولتاژ سیستم ۱۱۶ شین	۸۸
۶-۲۸	شبکه ۱۱۶ شین	۸۹
۶-۲۹	متوسط مقدار تابع برازندگی شبکه توزیع سوم برای حالت دوم در الگوریتمGA	۸۹
۶-۳۰	متوسط بهترین مقدار شبکه توزیع سوم برای حالت دوم در الگوریتمGA	۹۰
۶-۳۱	پروفیل ولتاژ شبکه توزیع سوم پس از بازآرایی در حالت دوم توسطGA	۹۰
۶-۳۲	متوسط مقدار تابع برازندگی شبکه توزیع سوم برای حالت دوم در الگوریتمPSO	۹۱
۶-۳۳	متوسط بهترین مقدار شبکه توزیع سوم برای حالت دوم در الگوریتمPSO	۹۲
۶-۳۴	پروفیل ولتاژ شبکه توزیع سوم پس از بازآرایی در حالت دوم توسطPSO	۹۲
۶-۳۵	متوسط مقدار تابع برازندگی شبکه توزیع سوم برای حالت دوم در الگوریتمGCPSO	۹۳
۶-۳۶	متوسط بهترین مقدار شبکه توزیع سوم برای حالت دوم در الگوریتمGCPSO	۹۴
۶-۳۷	پروفیل ولتاژ پس از بازآرایی در حالت دوم توسطGCPSO . شبکه توزیع سوم	۹۴
۶-۳۸	متوسط مقدار تابع برازندگی شبکه توزیع سوم برای حالت دوم در الگوریتمGA، PSO و GCPSO	۹۵
۶-۳۹	متوسط بهترین مقدار شبکه توزیع سوم برای حالت دوم در الگوریتم GA، PSO و GCPSO	۹۵
۶-۴۰	پروفیل ولتاژ شبکه توزیع سوم قبل و بعد از بازآرایی در حالت دوم توسطGA، PSO و GCPSO	۹۵

فهرست جدول ها

۴-۱	مجموعه مسیرها و مجموعه اشتراک آنها	۳۶
۴-۲	جدول اتصالات شبکه مورد مطالعه	۵۰
۶-۱	نتایج حاصل از GA برای شبکه توزیع۱۶ شین	۷۷
۶-۲	نتایج حاصل از PSO برای شبکه توزیع۱۶ شین	۷۸
۶-۳	نتایج حاصل از GA برای شبکه توزیع۳۳ شین	۸۳
۶-۴	نتایج حاصل از PSO برای شبکه توزیع۳۳ شین	۸۵
۶-۵	نتایج حاصل از GCPSO برای شبکه توزیع۳۳ شین	۸۶
۶-۶	نتایج حاصل از GA برای شبکه توزیع۱۱۶ شین	۹۰
۶-۷	نتایج حاصل از PSO شبکه توزیع۱۱۶ شین	۹۲
۶-۸	نتایج حاصل از GCPSO برای شبکه توزیع۱۱۶ شین	۹۳

فصل اول

مقدمه

۱-۱ کلیات

توسعه و پیشرفت صنعتی هر کشور متناسب با میزان تولید و مصرف انرژی الکتریکی آن کشور است. این انرژی پس از تولید در نیروگاه ها، به وسیله ترانسفورماتورهای افزاینده به سطح ولتاژ ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلو ولت افزایش یافته و توسط خطوط انتقال قدرت تا نزدیکی شهر ها و مراکز صنعتی انتقال می یابد. در این هنگام سطح ولتاژ به ۶۳ کیلو ولت بازگردانده شده و در پست های فوق توزیع مجددا به ولتاژ ۲۰ کیلو ولت کاهش می یابد. مصرف کنندگان صنعتی از همین ولتاژ توزیع تغذیه می شوند و در پست های خصوصی، ولتاژ را به سطح مطلوب و مورد نظر خود کاهش می دهند، ولیکن اکثر مصرف کنندگان برق، مشترکین خانگی بوده که به سطح ولتاژ ۲۲۰ یا ۳۸۰ ولت نیاز دارند. با توجه به پایین بودن سطح ولتاژ، در این شبکه ها اندازه جریان زیاد می باشد، به همین دلیل تلفات اهمی درشبکه های توزیع شهری به مراتب مهمتر از شبکه های انتقال می باشد.

در شبکه های توزیع برای برق رسانی مستمر و قابل اطمینان به مصرف کننده ها به هنگام قطع شدن قسمتی از شبکه (پارگی خط، شکستگی مقره ها، سوختن قفل چمبر در خطوط هوایی و خطای اتصال زمین در کابل ها) یا در هنگام تغییر فیدر تغذیه هرمصرف کننده، انشعابات حلقوی در شبکه درنظرگرفته می شود، ولیکن در هنگام برق رسانی می بایست آرایش شبکه بگونه ای باشد که در آن هیچگونه حلقه ای وجود نداشته و شبکه به صورت شعاعی بهره برداری گردد. این تغییر مسیر عبور توان از منبع به بار که با باز و بسته کردن برخی کلید ها صورت می گیرد را بازآرایی[۱] شبکه توزیع می نامند که در آن ضمن حفظ شعاعی بودن سیستم، محدودیت های بهره برداری نیز رعایت شده است. لازم به ذکر است که بازآرایی شبکه های توزیع ممکن است برای نیل به اهداف متفاوتی صورت می پذیرد، که از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره نمود :

- کاهش تلفات اهمی[۲] شبکه [۱، ۲و ۳]
- کاهش افت ولتاژ فیدرها و تامین پروفیل ولتاژ[۳] مناسب [۴و ۵]
- متعادل کردن بار[۴] فیدرها [۶، ۷ ، ۸ و ۹]
- افزایش قابلیت اطمینان[۱] شبکه [۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳و ۱۴]

---

[۱] Reconfiguration
[۲] Real Loss Reduction
[۳] Profile Voltage
[۴] Load Balancing

- انتقال توان به حداکثر بارها در زمان بروز خطا [۱۵]

ضمنا محدودیت هایی نیز در بازآرایی مطرح می باشد که می توان به موارد زیر اشاره نمود :

- محدودیت جریان در هر یک از فیدرها و ترانسفورماتورهای توزیع
- محدودیت ولتاژ و افت آن در هر یک از فیدرها
- حداقل تعداد کلید زنی در اعمال بازآرایی
- شعاعی ماندن شبکه توزیع پس از بازآرایی
- به حداقل رساندن زمان خاموشی

شایان ذکر است که روش های دیگری نیز به منظور کاهش تلفات سیستم های قدرت وجود دارد، مانند :

- خازن گذاری: در این روش قسمتی از توان راکتیو مورد نیاز بارها توسط خازن ها تولید می شود و بدین طریق توان راکتیو عبوری از خطوط کاهش می یابد و در نتیجه تلفات اکتیو و در نهایت تلفات کل سیستم کاهش می یابد. از مزایای این روش بهبود پروفیل ولتاژ، ضریب توان و پایداری سیستم می باشد[۱۶،۱۷].
- تغییر محل تغذیه سیستم: پیدا کردن مکان بهینه منبع باعث کاهش تلفات اکتیو و راکتیو سیستم می شود[۱۸].

در این پایان نامه بازآرایی شبکه های توزیع به منظور کاهش تلفات اهمی و بهبود پروفیل ولتاژ با استفاده از روش های شهودی[۲] و بهبود این روش ها متناسب با توابع هدف و بکارگیری تئوری گراف[۳] به منظور برآورده کردن محدویت ها، مورد مطالعه قرار می گیرد.

۱-۲ مرور مختصر پایان نامه

فصل دوم، انواع شبکه های توزیع مورد مطالعه قرار می گیرد و مزایا و معایب هر یک را در مقایسه با انواع دیگر شبکه ها مورد بررسی قرار می گیرد.

فصل سوم، به معرفی بازآرایی شبکه های توزیع پرداخته می شود و تعدادی از روش های بازآرایی مورد بررسی قرار می گیرد.

---

[۱] Reliability
[۲] Heuristic
[۳] Graph Theory

فصل چهارم، به معرفی اهداف مختلف بازآرایی پرداخته و با بررسی تئوری گراف شرط ارضا قیدهای شبکه توزیع (شعاعی بودن شبکه و انتقال توان به کلیه بارها) تحلیل می گردد.

فصل پنجم، به معرفی روش های بکار گرفته شده به منظور بازآرایی شبکه توزیع یعنی: الگوریتم وراثتی[۱]، الگوریتم گروه ذره ها[۲] و الگوریتم اصلاح شده گروه ذره ها[۳] پرداخته خواهد شد.

فصل ششم، الگوریتم های معرفی شده در فصل های قبل بر روی سه شبکه توزیع مورد مطالعه، پیاده سازی شده و نتایج عددی حاصل از این روش ها محاسبه می گردد.

فصل هفتم، با بررسی و مقایسه نتایج حاصل از روش های بکار گرفته شده که در فصل شش بدست آمده است، کارایی، مزایا و معایب هر روش را معرفی نموده و در پایان پیشنهاداتی به منظور ادامه کار مطرح خواهد شد

[۱] Genetic Algorithm
[۲] Particle Swarm Optimization
[۳] Guarantee Converged Particle Swarm Optimization

فصل دوم

نگاهی گذرا به سیستم های قدرت
و شبکه های توزیع

۲-۱ مقدمه

هر سیستم قدرت از سه بخش تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی تشکیل شده است. در این سیستم ها خطوط انتقال تا حد امکان به صورت حلقوی در نظر گرفته شده و بخش فوق توزیع به صورت شعاعی بهره برداری می شود. شبکه های فشار متوسط نیز به خاطر سادگی حفاظت به صورت شعاعی و شبکه های فشار ضعیف معمولا به صورت غربالی بهره برداری می شوند.

در سیستم های توزیع برای نیل به قابلیت اطمینان بیشتر و جلوگیری ازخاموشی های متعدد در ابتدا و در طول فیدر فشار متوسط از تعدادی کلید وصل مجدد و انتخاب کننده[۱] نیز استفاده می شود، درنتیجه با ایجاد خطا روی هر یک از انشعابات فرعی، فقط همان انشعاب بدون برق خواهد شد و درسایر بخش های شبکه، انتقال توان ادامه می یابد. این موضوع با توجه به اینکه اکثر حوادث شبکه های توزیع بر اثر حوادث طبیعی بوده و به صورت گذرا می باشند دارای اهمیت بالایی می باشد.

۱-۱ سیستم قدرت

انرژی الکتریکی رایج ترین شکل انرژی است، زیرا به آسانی و با هزینه مناسب قابل انتقال است. اولین شبکه برق در سال ۱۸۸۲درنیروگاه پرل استریت[۲] در شهر نیویورک توسط توماس ادیسون[۳] تاسیس گردید. این نیروگاه برای روشنایی منطقه جنوبی مانهاتان[۴] ، قدرت DC تحویل می داد. این قدرت توسط ژنراتورهای DC تولید و به وسیله کابل های زیر زمینی توزیع می گردید. در همان سال اولین ژنراتور آبی در اپلتون – ویسکانسین[۵] نصب شد. در طی چند سال شرکت های زیادی تاسیس گردیدند که همگی تحت امتیاز ادیسون برای روشنایی انرژی تولید می کردند. به دلیل تلفات بیش از حد RI^2 در ولتاژ پائین، شرکت های ادیسون می توانستند فقط در فواصل کوتاهی از نیروگاه های خود انرژی را تحویل دهند. با اختراع ترانسفورماتور (ویلیام استانلی –۱۸۸۵) برای افزایش سطح ولتاژ ACدر انتقال و توزیع و ابداع موتور القایی (نیکلا تسلا –۱۸۸۸) برای جایگزینی موتورهای DC، مزایای سیستم AC مشخص شد و موجب گستردگی هر چه بیشتر سیستم AC

[۱] Sectionaliser
[۲] Pearl street
[۳] Thomas edison
[۴] Manhattan
[۵] Appleton, Wisconsin

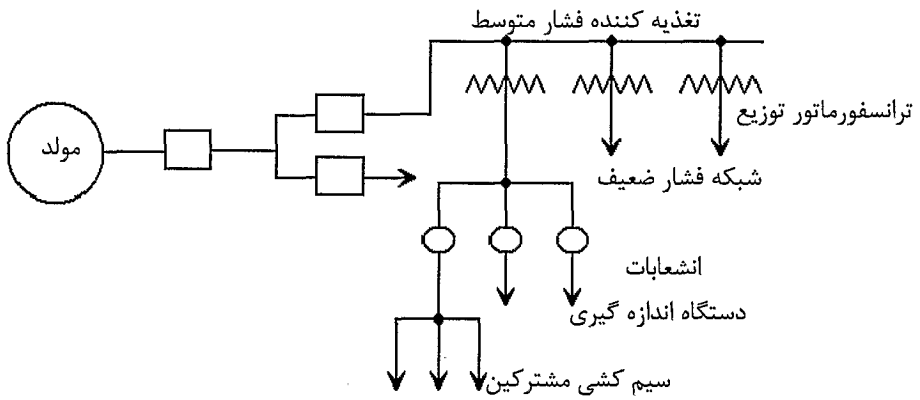
گردید. مـزیت دیگر سیستـم AC این است که به دلیـل عدم وجـود کموتاتورها در ژنراتـورهای AC می توان به راحتی قدرت بیشتری را در ولتاژ بالاتر تولید کرد.

۲-۲-۱ سیستم قدرت نوین

سیستم قدرت امروزی، شبکه ای است به هم پیوسته بوده که می توان آن را به چهار قسمت اصلی تقسیم نمود:

- تولید
- انتقال و فوق توزیع
- توزیع
- بار

شکل ۲-۱ تقسیمات علمی یک سیستم قدرت با همپوشانی بخش های مختلف را به صورت مختصر شده و شکل ۲-۲ همان سیستم را به صورت گسترده توصیف می نماید[۴۷].



شکل۲-۱ : تقسیمات علمی یک سیستم قدرت به صورت مختصر شده

۲-۲-۲ تولید

ژنراتـورها، یکـی از عناصـر اصلـی سیستـم های قـدرت ژنراتورهای سـه فاز AC است که ژنـراتور سنکرون یا مولد جریان متناوب نامیده می شود. ژنراتورهای سنکرون دارای دو میدان گردان سنکـرون هستند. یک میدان توسط نیروی چرخشی رتور[۱] در سرعت سنکرون و با جریان تحریک DC تولید و میدان دیگر در سیـم پیچ های

[۱] Rotor