بنام خدا

دانشکده مهندسی

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت

عنوان:

بازیابی بار در شبکه‌های توزیع با وجود تولیدات پراکنده

استاد راهنما : **دکتر رضا قاضی**

تحقیق و نگارش : **محمد سلیمی نژاد**

شهریور ماه ۱۳۸۹

قدردانی

با سپاس فراوان از جناب آقای دکتر رضا قاضی که با راهنمایی‌های ارزشمندشان موجبات به نتیجه رسیدن این تحقیق را فراهم کردند.

چکیده

با گسترده‌تر شدن شبکه‌های توزیع و استفاده از تجهیزات جدید از جمله تولیدات پراکنده و اتوماسیون توزیع، مسایل جدیدی در موضوع بازیابی بار به وجود آمده که نیازمند بررسی بیشتر است. مساله‌ی بازیابی در شبکه‌های توزیع، از دهه‌ی ۸۰ میلادی

مورد توجه جدی محققان بوده است. وقتی به هر دلیلی از جمله خطا در تجهیزات شبکه‌ی توزیع یا برنامه‌ریزی جهت تعمیرات، بخشی از بارهای شبکه بی‌برق شوند، تمام یا قسمتی از این بخش بی‌برق را می‌توان از طریق فیدرهای سالم یا تولیدات پراکنده، با استفاده از کلیدهای شبکه تغذیه کرد. در این حال باید قیود ولتاژ و جریان و قید ساختاری شبکه نیز رعایت شود. در این پایان‌نامه مساله‌ی بازیابی برای رویداد انواع خطاها همچنین مساله‌ی بازیابی گام به گام در شرایط CLPU، در شبکه‌های توزیع با وجود تولیدات پراکنده، فرمول‌بندی و برنامه‌ی بازیابی با استفاده از الگوریتم ژنتیک بدست آمده است. نرم‌افزار بازیابی، نوشته شده در محیط Matlab ، شامل تعدادی زیرتابع و تابع است. اطلاعات شبکه در محیط اکسل وارد می‌شود و توسط یک تابع به محیط Matlab فراخوان می‌شود. برای بدست آوردن برنامه‌ی کامل بازیابی، کارهای زیر انجام شده است:

- انجام پخش بار و ارزیابی شعاعی بودن شبکه برای آرایشهای مختلف.

- فرمولبندی مساله برای بدست آوردن آرایش جدیدی از شبکه توسط الگوریتم ژنتیک جهت بازیابی ناحیه‌ی بی‌برق از طریق فیدرهای سالم و تولیدات پراکنده.

- بدست آوردن الگوریتم‌های لازم جهت بازیابی بار برای انواع خطاها از جمله خطا در تولیدات پراکنده در حین اجرای برنامه‌ی بازیابی.

در شرایط CLPU [1] که نیاز است تغذیه بخش‌های ناحیه‌ی بی‌برق به صورت پله‌ای انجام شود، مهمترین هدف، تغذیه تمام شبکه در حداقل زمان است به گونه‌ای که توان مجاز از ترانسفورمر پست کشیده شود. در تحقیقاتی که تاکنون در زمینه بازیابی پله‌ای یا گام به گام بار در شرایط CLPU، انجام شده است، شبکه توزیع بدون تولیدات پراکنده دیده شده است. در این پایان‌نامه، چگونگی و میزان تاثیر تولیدات پراکنده بر بازیابی پله‌ای بار نیز فرمول‌بندی شده، سپس جهت بدست آوردن ترتیب و زمان کلیدزنی با وجود تولیدات پراکنده، نرم‌افزاری در محیط Matlab نوشته و بر روی شبکه‌ی نمونه پیاده‌سازی شده است. مساله‌ی بهینه سازی برنامه‌ی کلیدزنی، با استفاده از الگوریتم ژنتیک حل شده است.

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

فهرست شکل‌ها و جدول‌ها ج

اختصارات د

فصل اول- مقدمه

۱-۱) شبکه‌های توزیع سنتی و مدرن ۲

۱-۲) بازیابی بار در شبکه‌های توزیع ۵

۱-۳) تولیدات پراکنده ۷

1- Cold Load Pickup

۱-۴) الگوریتم ژنتیک ۱۰
۱-۵) معرفی فصل‌های پایان‌نامه
فصل دوم- مروری بر تحقیقات انجام شده
۲-۱) بازیابی در شرایط عادی بار ۱۳
۲-۲) بازیابی در شرایط CLPU ۱۸
۲-۳) اهداف پایان‌نامه
فصل سوم- توصیف و فرمول‌بندی مساله‌ی بازیابی
۳-۱) خطاهای شبکه و توصیف مساله‌ی بازیابی ۲۲
۳-۱-۱) ارزیابی شرط شعاعی بودن شبکه ۲۷
۳-۱-۲) پخش بار با وجود تولیدات پراکنده ۳۰
۳-۲) بازیابی در شرایط عادی بار ۴۰
۳-۲-۱) بازیابی با استفاده از فیدرهای برق‌دار ۴۱
۳-۲-۲) بازیابی با ایجاد جزیره‌ی عمدی ۴۲
۳-۳) بازیابی در شرایط CLPU ۴۳
فصل چهارم- نرم‌افزار نوشته شده ونتایج بازیابی برای شبکه‌ی نمونه
۴-۱) الگوریتم و قسمتهای مختلف نرم‌افزار ۵۰
۴-۲) نتایج بازیابی برای شبکه‌ی نمونه ۵۷
فصل پنجم- نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۷۷
پیوست ۱- تابع فراخوان اطلاعات شبکه از فایل اکسل ۸۰
پیوست ۲- زیرتوابع (subfunctions) ۸۲
پیوست ۳- توابع (functions)
مراجع ۹۵

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱) سیستم قدرت و شبکه توزیع هوشمند ۳
شکل ۱-۲) مدل فرضی سیستم قدرت مدرن آینده ۳
شکل ۱-۳) مدل فرضی شبکه توزیع مدرن ۴
شکل ۱-۴) تولیدات پراکنده با تکنولوژی و کاربردهای مختلف ۶
شکل۱-۵) منبع تولید پراکنده‌ی موازی با شبکه اصلی ومنحنی کاهش جریان فیدر در اوج مصرف ۶
شکل ۱-۶) مقایسه منابع تولید انرژی در گذشته و حال در کشور دانمارک ۷
شکل ۱-۷) دیاگرام شبکه نمونه جهت بررسی موضوع بازیابی ۸
شکل ۱-۸) الگوریتم استفاده از GA جهت یافتن جواب بهینه..... ۱۱
شکل ۳-۱) چرخه‌ی حالتهای مختلف شبکه توزیع ۲۳
شکل ۳-۲) شبکه بخش بندی شده نمونه ۲۸

شکل ۳-۳) فلوچارت چک کردن شرط شعاعی بودن ۲۹
شکل ۳-۴) شبکه‌ی نمونه جهت شماره‌گذاری گره‌ها ۳۰
شکل ۳-۵) الگوریتم محاسبه‌ی جریان خطوط ۳۴
شکل ۳-۶) الگوریتم محاسبه‌ی ولتاژ خطوط ۳۵
شکل ۳-۷) تبدیل شماره‌ی گره‌ها برای انجام پخش بار در حالت دینامیک ۳۸
شکل ۳-۸) فیدر ۱ شبکه، که بر اساس وضعیت کلیدهای داده شده، تغییر کرده است ۳۸
شکل ۳-۹) فلوچارت انجام پخش بار در حالت دینامیک شبکه ۳۹
شکل ۳-۱۰) الگوریتم کلی پیشنهاد شده جهت بازیابی ۴۰
شکل ۳-۱۱) مدل بار در شرایط CLPU ۴۴
شکل ۳-۱۲) شبکه‌ی نمونه جهت توصیف شرایط CLPU ۴۴
شکل ۳-۱۳) بار بازیابی شده در زمان‌های مختلف (تغذیه‌ی گام به گام بخش‌های بی‌برق)..... ۴۶
شکل ۴-۱) الگوریتم کلی پیشنهادی جهت بازیابی در محیط‌های Matlab و Excel ۵۰
شکل ۴-۲) الگوریتم کامل برنامه‌ی اصلی بازیابی ۵۱
شکل ۴-۳) شبکه‌ی نمونه جهت انجام بازیابی برای انواع خطاها ۵۸
شکل ۴-۴) تغییرات بار تغذیه شده‌ی شبکه برای رویداد خطا در خط شماره ۱ ..... ۶۱
شکل ۴-۵) تغییرات تابع هدف برای رویداد خطا در خط شماره‌ی ۱ ..... ۶۲
شکل ۴-۶) شبکه‌ی بخش‌بندی شده‌ی نمونه جهت انجام بازیابی در شرایط CLPU ۶۶
شکل ۴-۷) منحنی مقادیرتابع هدف در نسل‌های مختلف در شرایط CLPU (BDGP=0, NBDGP=0) ۶۷
شکل ۴-۸) تغییرات بار بازیابی شده در شرایط CLPU (BDGP=0, NBDGP=0) ۶۹
شکل ۴-۹) تغییرات توان کشیده شده از ترانسفورمر در شرایط CLPU (BDGP=0, NBDGP=0) ۶۹
شکل ۴-۱۰) منحنی مقادیرتابع هدف در نسل‌های مختلف ۷۱
در شرایط CLPU (BDGP=0, NBDGP=200 KVA)
شکل ۴-۱۱) تغییرات بار بازیابی شده با انجام کلیدزنی ۷۱
در شرایط CLPU (BDGP=0, NBDGP=200 KVA)
شکل ۴-۱۲) تغییرات توان کشیده شده از ترانسفورمر ۷۲
در شرایط CLPU (BDGP=0, NBDG=200 KVA)
شکل ۴-۱۳) منحنی مقادیرتابع هدف در نسل‌های مختلف با BDGP=700 KVA, NBDGP=0 ..... ۷۳
شکل ۴-۱۴) تغییرات بار بازیابی شده با انجام کلیدزنی ۷۴
در شرایط CLPU با BDGP=700 KVA, NBDGP=0
شکل ۴-۱۵) تغییرات توان کشیده شده از ترانسفورمر ۷۴
در شرایط CLPU با BDGP=700 KVA, NBDGP=0
شکل ۴-۱۶) منحنی مقادیرتابع هدف در نسل‌های مختلف با BDGP=700 KVA, NBDGP=50 KVA..... ۷۶
شکل ۴-۱۷) تغییرات بار بازیابی شده در شرایط CLPU با BDGP=700 KVA, NBDGP=50 KVA..... ۷۶
شکل ۴-۱۸) تغییرات توان کشیده شده از ترانسفورمر ۷۷
در شرایط CLPU با BDGP=700 KVA, NBDGP=50 KVA

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱) مقایسه شبکه توزیع برق سنتی و هوشمند ۴

جدول ۴-۱) اطلاعات پستها و فیدرها در SubstationFeeder-sheet در محیط اکسل..... ۵۳

جدول ۴-۲) بخشی از اطلاعات بارها و DGها در Node-sheet در محیط اکسل.. ..... ۵۴

جدول ۴-۳) اطلاعات پستها و فیدرها ۵۸

جدول ۴-۴) بخشی از اطلاعات بارها و DGها ۵۹

جدول ۴-۵) اطلاعات کلیدها ۵۹

جدول ۴-۶) اطلاعات بخش‌ها ۶۰

جدول ۴-۷) اطلاعات خطوط ۶۰

جدول ۴-۸) برنامه‌ی کلیدزنی جهت بازیابی بار ناحیه بی‌برق برای رویداد خطا در خط شماره‌ی ۱ ..... ۶۲

جدول ۴-۹) برنامه‌ی کلیدزنی برای رویداد خطا در تمام DGهای فیدر شماره‌ی ۲ ..... ۶۳

جدول ۴-۱۰) برنامه‌ی بازیابی برای رویداد خطای منجر به خاموشی کلی ۶۳

جدول ۴-۱۱) ظرفیت BDGها و مقدار بار تغذیه شده توسط آنها ۶۳

جدول ۴-۱۲) اطلاعات ذخیره شده در فایل FinBDG_DR.xls ۶۴

جدول ۴-۱۳) ترتیب و زمان کلیدزنی برای شبکه‌ی شکل ۴-۳ ..... ۶۸

در شرایط CLPU (BDGP=0, NBDGP=0)

جدول ۴-۱۴) ترتیب و زمان کلیدزنی برای شبکه‌ی شکل ۴-۳ ..... ۷۰

در شرایط CLPU (BDGP = 0, NBDGP = 200 KVA)

جدول ۴-۱۵) ترتیب و زمان کلیدزنی برای شبکه‌ی شکل ۴-۳ ..... ۷۳

در شرایط CLPU با BDGP= 700 KVA, NBDGP=0

جدول ۴-۱۶) ترتیب و زمان کلیدزنی برای شبکه‌ی شکل ۴-۳ ..... ۷۵

در شرایط CLPU با BDGP=700 KVA, NBDGP=50 KVA

اختصارات

- *NCS* Normally close switch

کلیدی که در شرایط نرمال شبکه‌ی توزیع بسته است.

- *NOS* Normally open switch

کلیدی که در شرایط نرمال شبکه‌ی توزیع باز است.

- *CB* Circuit Breaker
- *DG* Distributed generations
- *BDG* Black-start DG

نوعی از DG که می‌تواند بدون انرژی خارجی استارت شود.

- *NBDG* Non black-start DG

نوعی از DG که نمی‌تواند بدون انرژی خارجی استارت شود.

- *BDGP* BDG Power
- *NBDGP* NBDG Power
- $NNBDGS_k$

تعداد NBDGهای نصب شده در بخش k

- $LoadSection_k$

کل بار بخش شماره‌ی k به

- $NnodeS_k$

تعداد گره‌های موجود در بخش k

- $LoadNode_k$

مقدار بار گره‌ی شماره‌ی k به

- *CLPU* Cold load pickup

شرایطی است که در آن مقدار بار پس از مدتی بی‌برقی، نسبت به مقدار آن قبل از قطع تغذیه، بیشتر است.

- *NCN(n)* Number of Connected Nodes

تعداد گره‌های متصل به گره‌ی n در جهت شعاعی شبکه

- *ILine(n)*

جریان در خط شماره‌ی n

- *VNode(n)*

ولتاژ گره‌ی شماره‌ی n

- $S_{Unsupplied}$

کل بار تغذیه نشده

- $S_{UnsuppliedWP}$

کل بار تغذیه نشده با اعمال تقدم بارها

- *NSwitching* Number of Switchings
- *P_Supplied*

بار تغذیه شده توسط DG

- *P_SuppliedWP*

بار تغذیه شده توسط DG با اعمال تقدم بارها

فصل اول

مقدمه

مقدمه‌ای بر شبکه‌های توزیع، تولیدات پراکنده و بازیابی بار

۱-۱) شبکه‌های توزیع سنتی و مدرن

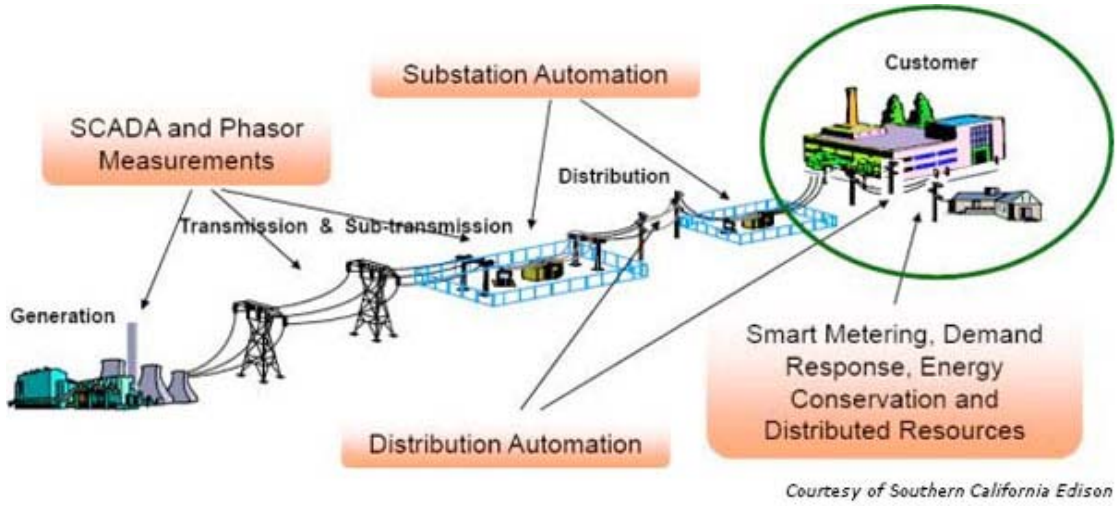
یک شبکه قدرت تشکیل شده از سه قسمت تولید، انتقال و توزیع است که انتقال، قسمتهای تولید و توزیع را به هم متصل می کند و قسمت توزیع آخرین قسمت از زنجیره شبکه قدرت است. سیستم

توزیع، انرژی را از طریق تعدادی پست توزیع به مصرف کننده می رساند. در حالی که خطـوط انتقـال و فوق‌توزیع تشکیل حلقه می دهند، فیدرهای توزیع عموما به صورت شعاعی بهره برداری می شوند. بهره-برداری شعاعی، حفاظت جریان زیاد[1] فیدرها را ساده میکند.

یک شبکه اگر مشخصات زیر را داشته باشد گفته می‌شود که در شرایط نرمال بهره‌برداری است [۱]:

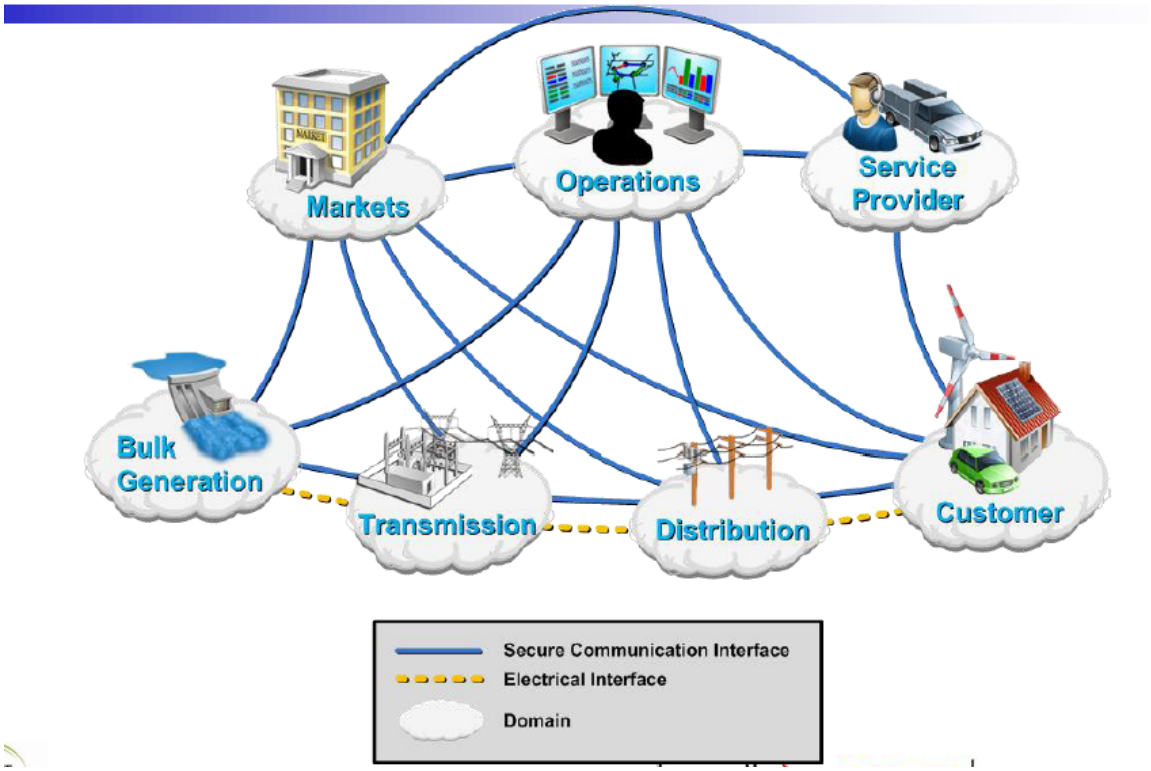
- شبکه شعاعی باشد.
- تمام بارها تغذیه شوند.
- وسایل حفاظتی هماهنگ باشند.
- خطوط و سایر تجهیزات در محدوده جریان مجاز بهره برداری شوند.
- افت ولتاژ در محدوده‌ی مجاز باشد.

در سالهای اخیر شبکه های توزیع هوشمند[2] که مبتنی بر استفاده از فناوری اطلاعـات و ارتباطـات[3] در شبکه‌های توزیع است، مورد توجه زیادی قرار گرفته است. به طور کلی برای داشتن شبکه‌ای سـازگار بـا محیط زیست، ایمن در همه سطوح و با قابلیت اطمینان و بـازدهی بـالا، اصـلاح شـبکه‌هـای سـنتی بـه شبکه‌های هوشمند الزامی است. در این شبکه‌ها از تجهیـزات هوشـمند از جملـه کنتورهـای هوشـمند، کلیدهای کنترل از راه دور، تولیدات پراکنده[4] و ... استفاده می‌شود. شکل‌های ۱-۱ تا ۱-۳ شـبکه‌هـای هوشمند و مدل فرضی سیستم قدرت مدرن آینده را نشان می‌دهند.

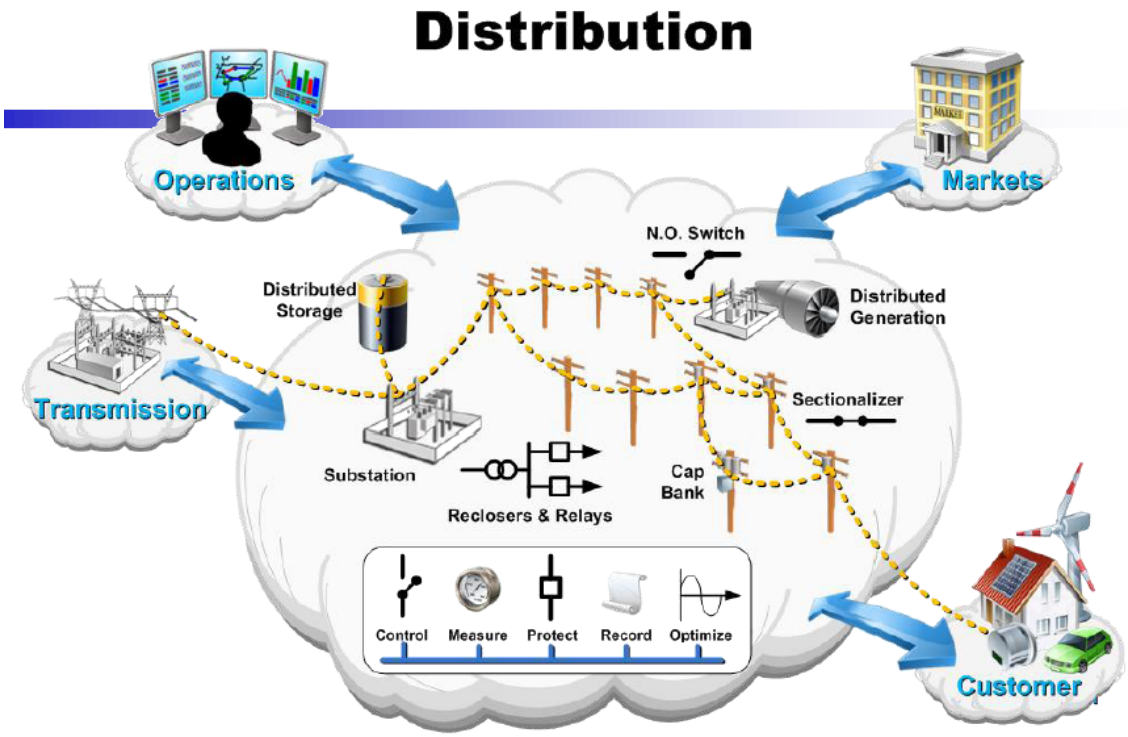


شکل ۱-۱) سیستم قدرت و شبکه توزیع هوشمند[۲]

1- Overcurrent protection
2- Smart grid
3- Information and communication technology
4- Distributed generations (DG)



شکل ۱-۲) مدل فرضی سیستم قدرت مدرن آینده[۳]



شکل ۱-۳) مدل فرضی شبکه توزیع مدرن[۳]

در جدول ۱-۱ شبکه های توزیع سنتی با شبکه های هوشمند مقایسه شده اند.

جدول ۱-۱) مقایسه شبکه توزیع برق سنتی و هوشمند[۴]

سیستم‌های توزیع سنتی	سیستم‌های توزیع هوشمند
الکترومکانیکال	دیجیتال
تولید متمرکز	تولید غیر متمرکز
شبکه بدون بازخورد	کنترل ذاتی
راه‌اندازی دستی	بازیابی خودکار
قطع گسترده در زمان بروز مشکل	قطع جزیره‌ای و محدود

۱-۲) تولیدات پراکنده

تولیدات پراکنده، منابع کوچک تولید برق هستند که به قسمت توزیع شبکه قدرت متصل می شوند. در گذشته با افزایش تقاضای برق، تمایل به توسعه قسمتهای تولید و انتقال شبکه قدرت با ایجاد نیروگاهها و

خطوط انتقال جدید بیشتر بود. در سالهای اخیربا پیشرفتهای فنی ایجاد شده در ساخت تولیدات پراکنده، که منجر به تولید آنها با قیمت کمتر شده است، تمایل به استفاده از این منابع جهت پاسخ دهی به افزایش تقاضا، روز به روز در حال افزایش است.

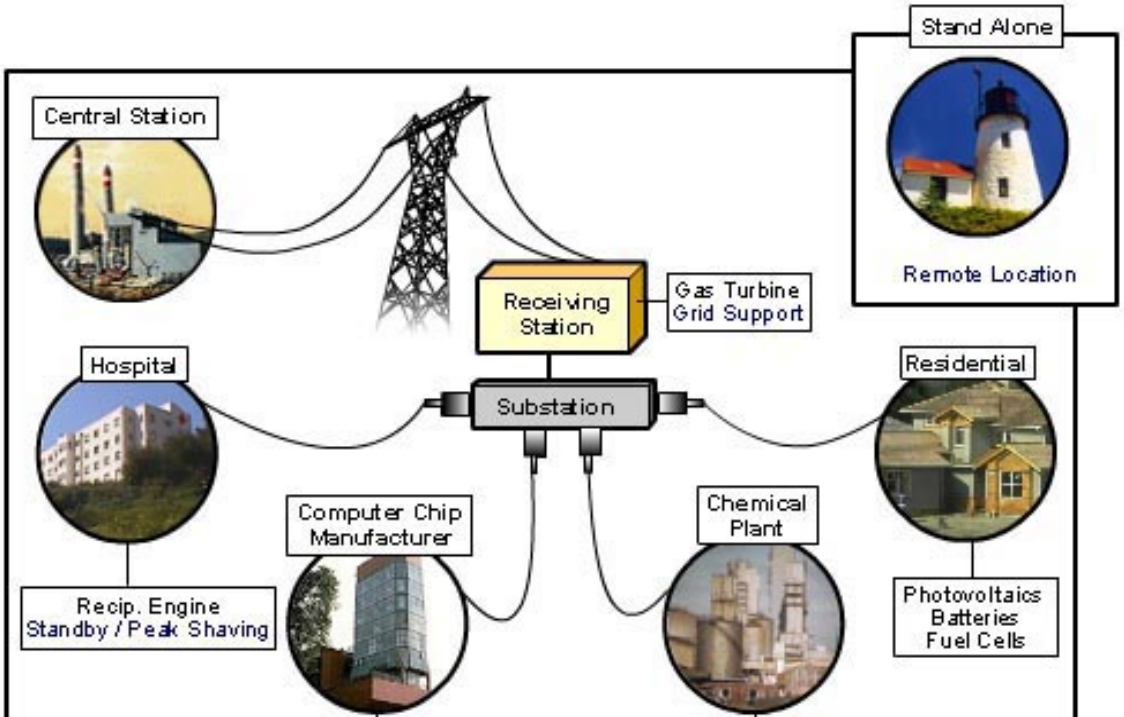
اگر چه تولیدات پراکنده در سالهای اخیر مورد توجه بیشتری قرار گرفته است، ولی قبلا نیز با نام ژنراتور پشتیبان[1] استفاده شده است. تعاریف مختلفی از تولیدات پراکنده می‌تواند ارایه شود[۵]:

- هرگونه تولید متصل به سیستم توزیع
- ژنراتورهای پشتیبان مسکونی یا صنعتی
- ژنراتورهای نصب شده در مرکز بار یا نزدیک مرکز بار

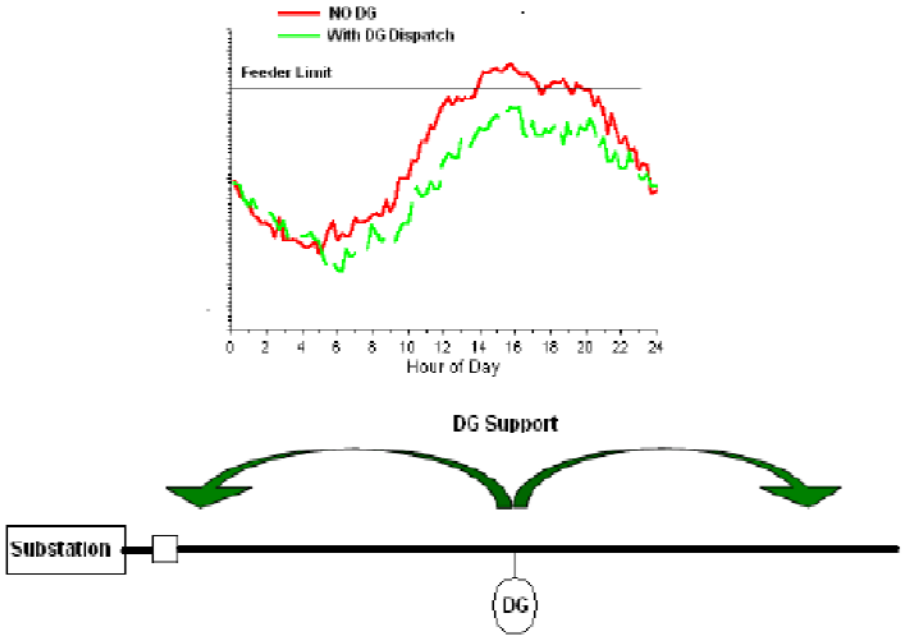
تکنولوژی تولیدات پراکنده می‌تواند موتورهای جبرانی[2]، فتوولتاییک ها، سلولهای سوختی[3]، توربین های گازی، میکروتوربین ها و توربین های بادی باشد، همانطور که در شکل ۱-۴ نیز دیده می شود.

تولیدات پراکنده به خاطر آلودگی و سطح نویز پایین و بازدهی بالا نیز مورد توجه قرار گرفته اند. تولیدات پراکنده نقش مهمی در افزایش قابلیت اطمینان شبکه، کاهش تلفات، بهبود پروفایل ولتاژ و بهبود کیفیت توان خواهند داشت اگر انتخاب توان و مکان نصب[4] آنها به خوبی انجام شود. با این حال وجود تولیدات پراکنده باعث جاری شدن دو طرفه جریان در خطوط می‌شود که نیازمند تغییر طرح‌های حفاظتی خواهد بود[۶]. شکل ۱-۵ تاثیر تولیدات پراکنده را بر کاهش بار فیدر در اوج مصرف نشان می‌دهد.

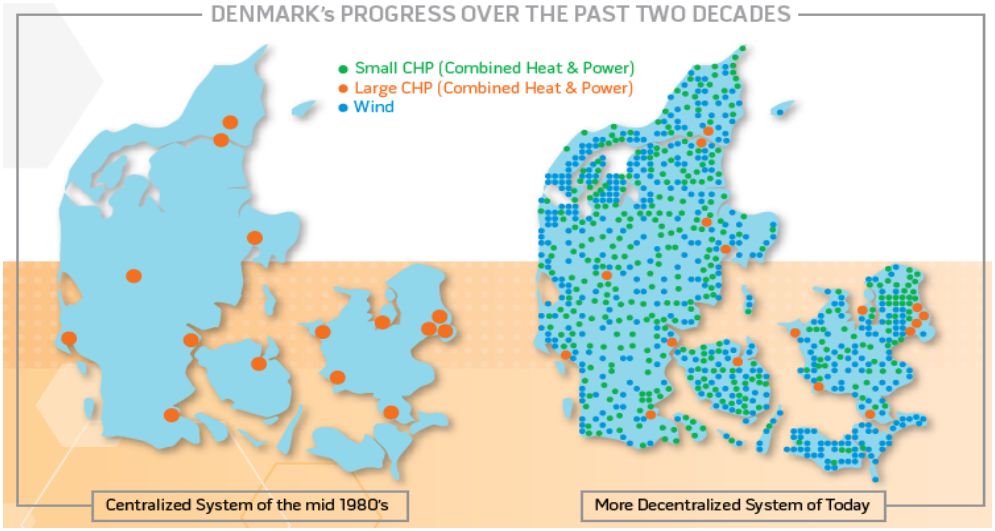
تولیدات پراکنده بصورت منابعی برای تامین همزمان حرارت و انرژی برق نیز تولید و استفاده می شوند. شکل ۱-۶ گستردگی استفاده از این منابع را در شبکه برق کشور دانمارک نشان می دهد. همچنین در این شکل دیده می‌شود که شبکه‌های توزیع مدرن، از حالت متمرکز گذشته، به غیرمتمرکز تبدیل شده‌اند.



شکل ۱-۴) DGهای با تکنولوژی و کاربردهای مختلف[۷]



شکل۱-۵) DG موازی با شبکه اصلی ومنحنی کاهش جریان فیدر در اوج مصرف[۶]



شکل ۱-۶) مقایسه منابع تولید انرژی در گذشته و حال در کشور دانمارک[۸]

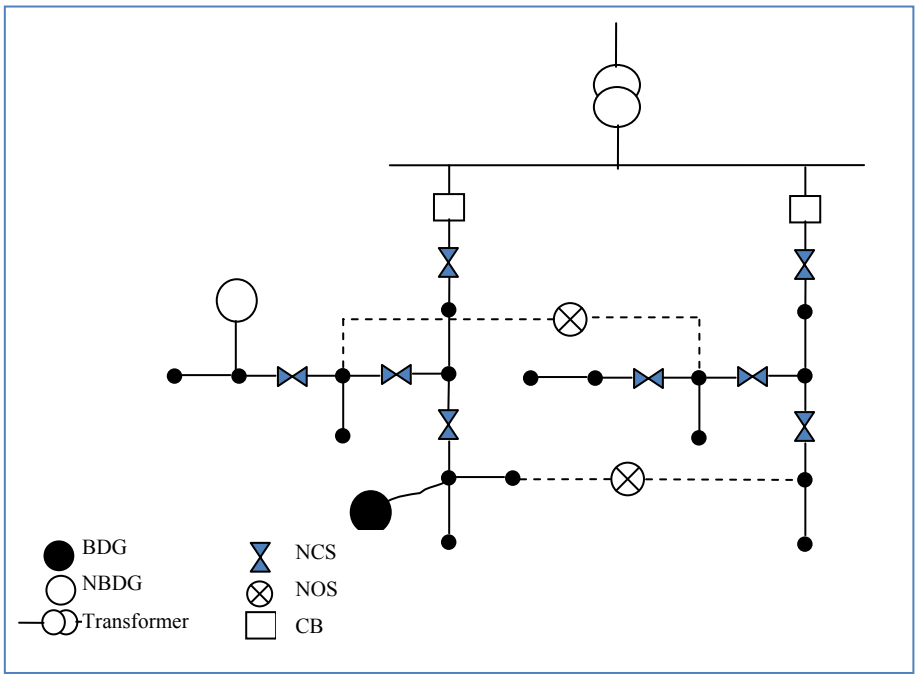
۱-۳) مساله‌ی بازیابی بار در شبکه‌های توزیع

تجهیزات و المانهایی از شبکه توزیع ۲۰ کیلوولت که در بحث بازیابی بار باید در نظر گرفته شوند، به شرح زیر می باشند:

- ترانسفورمرهای پست توزیع
- خطوط
- کلیدهای شبکه شامل کلید قدرت، کلیدهای جداکننده[۱] و کلیدهای مانور[۲]
- بارها، که در شبکه می‌توانند به صورت گره در نظر گرفته شوند.
- تولیدات پراکنده

به طور مثال دیاگرام شبکه ای که در آن موضوع بازیابی بار مورد مطالعه قرار می‌گیرد، می‌تواند به صورت شکل ۱-۷ باشد:

1- Normally close switch 2- Normally open switch



شکل ۱-۷) دیاگرام شبکه نمونه جهت بررسی موضوع بازیابی

آرایش نرمال شبکه، آرایشی است که تمام کلیدهای جداکننده، بسته و تمام کلیدهای مانور، باز هستند. وقتی در یک شبکه به هر دلیلی بخشی از بارها بی‌برق شوند، ممکن است آرایش جدیدی از شبکه وجود داشته باشد به گونه‌ای که با اجرای این آرایش، تغذیه بارهای بی‌برق انجام شود. بازآرایی شبکه، به خاطر کاهش تلفات، متعادل کردن بار یا افزایش قابلیت اطمینان شبکه نیز انجام می‌شود.

وقتی خطائی در شبکه توزیع اتفاق می افتد، این خطا منجر به واکنش یک وسیله حفاظتی و بی برق شدن بخشی از شبکه توزیع می شود. اگر این خطا در یک فیدر اتفاق افتد بخشی از فیدر بی‌برق می شود و اگر در یک ترانسفورمر اتفاق افتد فیدرهای تغذیه شده از ترانسفورمر، بی‌برق می‌شوند. بی‌برق ماندن بخشی از شبکه توزیع می‌تواند در اثر خرابی سایر تجهیزات، از جمله کلیدها، و برنامه‌های تعمیر و نگهداری تجهیزات شبکه نیز اتفاق افتد. بعضی از اتفاقات در شبکه قدرت ممکن است منجر به خروج یک یا چند پست توزیع از شبکه شود و یا در مواقعی خاموشی کلی اتفاق افتد.

اگر ساختار شبکه به گونه‌ای باشد که قبل از تعمیر تجهیز یا رفع خطا، امکان برق رسانی به ناحیه بی‌برق وجود نداشته باشد، بحث بازیابی بار نیز در اینگونه موارد جایگاهی ندارد. ولی در شبکه های توزیع، بسته به میزان اهمیت بارها نقاط مانوری جهت ایجاد امکان تغذیه ناحیه بی‌برق در نظر گرفته می‌شود. همچنین با

توجه به اینکه در شبکه توزیع با وجود تولیدات پراکنده، یک عنصر تامین کننده‌ی انرژی به شبکه اضافه شده است باید از قابلیتهای آن جهت بازیابی بار، بعد از وقوع خطا، استفاده کرد. اهمیت موضوع بازیابی زمانی آشکار می‌شود که یک شبکه‌ی بزرگ با تعداد زیادی کلید داشته باشیم.

بازیابی بار در واقع تمام اعمالی است که پس از بی‌برق شدن ناحیه‌ای از شبکه، در اثر وقوع خطا یا برنامه ریزی قبلی جهت تعمیرات، برای تغذیه حداکثر بارهای بی‌برق تحت قیود شبکه در کمترین زمان ممکن، باید انجام داد. این هدف با بدست آوردن یک آرایش جدید مناسب و اجرای آن برآورده می‌شود.

شبکه توزیع بارهای مختلفی را از قبیل تجهیزات تهویه هوا، روشنائی، انواع یخچالها، تجهیزات برقی و غیره، تغذیه می‌کند. در یک دسته‌بندی بارهای شبکه را می‌توان به دو نوع بارهای دوره‌ای[1] و غیردوره‌ای[2] تقسیم کرد. بارهای دوره‌ای همچون تجهیزات تهویه هوا و یخچالها عموما توسط ترموستات کنترل می‌شوند ولی بارهای غیردوره‌ای از قبیل بارهای روشنایی و تجهیزات برقی – الکترونیکی، به صورت دستی روشن و خاموش می‌شوند. در شرایط عادی شبکه، وجود پراکندگی[3] بین بارها، مقدار کل بار را در محدوده مجاز ظرفیت پست حفظ می‌کند. ولی در صورت وجود یک قطع برق طولانی مدت، پراکندگی میان بارهای دوره-ای از بین رفته و مقدار بار با توجه به مدت قطع برق، شرایط آب و هوایی و نوع بارهای شبکه، به میزان ۲ تا ۵ برابر افزایش می‌یابد. این شرایط، شرایط CLPU نامیده می‌شود[۱۰] ، [۹]. موضوع بازیابی می‌تواند با فرض ثابت بودن بار یا با در نظر گرفتن شرایط CLPU بررسی شود.

۱-۴) الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک یک روش حل انواع مسایل بهینه‌سازی است که برگرفته از تئوری تکامل است. هر جواب فرضی مساله، رشته‌ای از 0 و 1 است که کروموزوم نامیده می‌شود. مجموعه‌ای از کروموزوم‌ها تشکیل یک

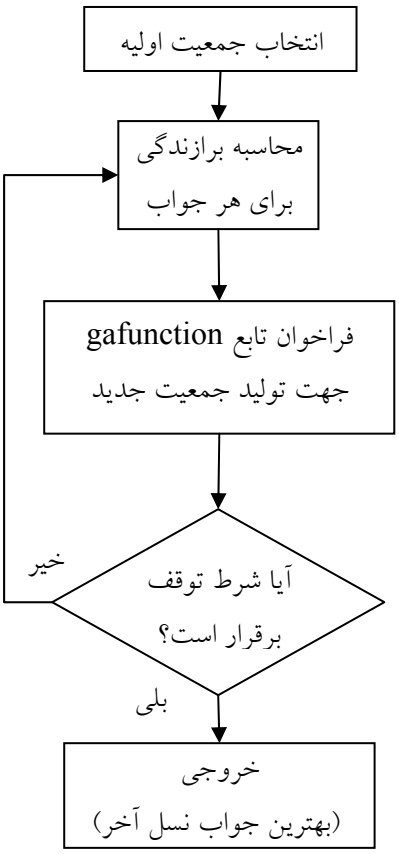
1- Cyclic 2- Non cyclic
3- Diversity

جمعیت می‌دهند. الگوریتم ژنتیک سه مرحله‌ی اصلی دارد: ۱) تولید جمعیت اولیه جوابها ۲) محاسبه‌ی برازندگی[1] برای هر جواب و ۳) تولید جمعیت جدید.

شکل ۱- ۸ مراحل الگوریتم ژنتیک را نشان می‌دهد. تولید جمعیت جدید با استفاده از اپراتورهای انتخاب[2]، برش[3]، جهش[4] و نخبه‌گرایی[5] انجام می‌شود که در الگوریتم شکل ۱- ۸ با gafunction مشخص شده است. هر جمعیت جدید، نسل جدیدی از جوابها است. با توجه به اینکه جواب‌های با برازندگی بالاتر شانس بالاتری جهت انتخاب شدن توسط اپراتور انتخاب دارند و اینکه قابلیت تولید جواب‌های بهتر توسط اپراتورهای برش و جهش وجود دارد نسل به نسل جواب‌ها به سمت جواب بهینه همگرا می‌شود. اپراتور نخبه‌گرایی، یک یا دو جواب با بیشترین برازندگی را مستقیما به نسل بعد منتقل می‌کند.

روش الگوریتم ژنتیک برای حل مسایل بهینه‌سازی پیچیده، که امکان حل آنها با استفاده از روشهای ریاضی غیرممکن یا بسیار سخت است، روش کارایی می‌باشد. با توجه به اینکه مساله بازیابی بار، یک مساله‌ی ترکیبی[6] است، بدست آوردن جواب بهینه‌ی سراسری با استفاده الگوریتم ژنتیک ممکن است.

1- Fitness
2-Selection
3- Crossover
4- Mutation
5- Elitism
6- Combinatorial problem



شکل ۱-۸) الگوریتم استفاده از GA جهت یافتن جواب بهینه

۱- ۵) معرفی فصل‌های پایان‌نامه

در فصل دوم تحقیقات گذشته در موضوع بازیابی بار و زمینه‌ی تحقیق و اهداف این پایان‌نامه شرح داده شده است. فصل سوم به توصیف و فرمول‌بندی مساله‌ی بازیابی در شرایط عادی و CLPU اختصاص یافته است. در این فصل الگوریتم‌های لازم برای پخش بار و محدودیت‌های ساختاری شبکه همچنین الگوریتم پیشنهادی برای بازیابی کامل بار تا استقرار شبکه در حالت عادی آمده است. در فصل چهارم نتایج بازیابی برای شبکه نمونه برای انواع خطاها در شرایط مختلف بار ارایه و بحث شده است و نهایتا در فصل پنجم نتیجه‌گیری از تحقیق انجام شده در این پایان‌نامه و پیشنهاداتی برای ادامه این کار آمده است.

فصل دوم

مروری بر تحقیقات انجام شده

با توجه به تحقیقاتی که در زمینه‌ی بازیابی بار در شبکه‌های توزیع انجام شده است، می‌توان موضوع بازیـابی را برای بار در دو شرایط مختلف دسته‌بندی کرد: