شرکت توانیر
معاونت هماهنگی توزیع
دفتر مهندسی و راهبری شبکه

دستورالعمل مطالعات جایابی کلید در شبکه های توزیع

کد سند: TAV122-02/00

تاریخ : ۱۴۰۰/۶/۱۵
شماره : ۱۴۰۰/۳۱۳/۱۹۷۵
پیوست : دارد

بسمه تعالی

« عاشورا درس فداکاریست برای حفظ دین »

(مقام معظم رهبری)

شرکت توزیع نیروی برق تهران بزرگ
شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد
شرکت توزیع نیروی برق شهرستان اصفهان
شرکت توزیع نیروی برق استان اصفهان
شرکت توزیع نیروی برق استان تهران
شرکت توزیع نیروی برق شمال استان کرمان
شرکت توزیع نیروی برق جنوب استان کرمان
شرکت توزیع نیروی برق استان خراسان رضوی
شرکت توزیع نیروی برق استان همدان
شرکت توزیع نیروی برق تبریز
شرکت توزیع نیروی برق استان آذربایجان شرقی
شرکت توزیع نیروی برق استان آذربایجان غربی
شرکت توزیع نیروی برق استان فارس
شرکت توزیع نیروی برق استان مازندران
شرکت توزیع نیروی برق استان البرز
شرکت توزیع نیروی برق استان اردبیل
شرکت توزیع نیروی برق استان مرکزی
شرکت توزیع نیروی برق استان یزد
شرکت توزیع نیروی برق استان زنجان
شرکت توزیع نیروی برق استان قزوین
شرکت توزیع نیروی برق استان قم
شرکت توزیع نیروی برق استان سمنان
شرکت توزیع نیروی برق اهواز
شرکت توزیع نیروی برق استان خوزستان
شرکت توزیع نیروی برق استان خراسان شمالی
شرکت توزیع نیروی برق استان خراسان جنوبی
شرکت توزیع نیروی برق استان لرستان
شرکت توزیع نیروی برق استان چهارمحال و بختیاری
شرکت توزیع نیروی برق استان هرمزگان
شرکت توزیع نیروی برق شیراز
شرکت توزیع نیروی برق استان کهگیلویه و بویراحمد

تهران، خیابان ولیعصر(عج)، بالاتر از میرداماد، خیابان رشید یاسمی، شرکت توانیر، صندوق پستی: ۳۸۳۷-۱۹۳۹۵
تلفن: ۲۷۹۳۵۰۰۰-۲۷۹۳۸۰۰۰ پست الکترونیکی: info@Tavanir.org.ir پایگاه اینترنتی: www.Tavanir.org.ir

تاریخ : ۱۴۰۰/۶/۱۵
شماره : ۱۴۰۰/۳۱۳/۱۹۷۵
پیوست : دارد

بسمه تعالی

« **عاشورا درس فداکاریست برای حفظ دین** »
(مقام‌معظم‌رهبری)

شرکت توزیع نیروی برق استان سیستان و بلوچستان
شرکت توزیع نیروی برق استان گلستان
شرکت توزیع نیروی برق استان گیلان
شرکت توزیع نیروی برق غرب استان مازندران
شرکت توزیع نیروی برق استان کرمانشاه
شرکت توزیع نیروی برق استان کردستان
شرکت توزیع نیروی برق استان ایلام
شرکت توزیع نیروی برق استان بوشهر

موضوع: ابلاغ دستورالعمل مطالعات جایابی کلید در شبکه های توزیع

با سلام و احترام؛

با عنایت به لزوم ایجاد وحدت رویه در ملاحظات فنی و اقتصادی جهت انتخاب آرایش و مکان‌های بهینه برای نصب کلیدها در شبکه‌های توزیع، و پیرو ابلاغ مأموریت ویژه به دفتر مهندسی و راهبری شبکه با همکاری شرکت توزیع نیروی برق استان فارس، "دستورالعمل مطالعات جایابی کلید در شبکه‌های توزیع" پس از بررسی در نشست‌های تخصصی کمیته مطالعات سیستم و برنامه‌ریزی فنی شبکه با حضور خبرگان صنعت و دانشگاه تهیه و تصویب شده و بدینوسیله به تمامی شرکت های توزیع نیروی برق جهت اجرا و بهره برداری ابلاغ می‌گردد.

امید است مجموعه تحت امر آن مدیریت‌عامل محترم با بکارگیری دستورالعمل فوق الاشاره دربرنامه‌ریزی توسعه و نگهداشت شبکه توزیع کشور گام مؤثری برداشته و با ارائه نقطه نظرات مکمّل و کارآمد در جهت ارتقاء سند حاضر در آینده، همکاری مقتضی مبذول نمایند.

لازم به ذکر است نسخه الکترونیکی فایل دستورالعمل در بخش دستورالعمل‌های وب سایت دفتر مهندسی و راهبری شبکه شرکت توانیر به نشانی *https://www.tavanir.org.ir/dm/dmnezarat* قابل دسترسی می‌باشد.

تاریخ : ۱۴۰۰/۶/۱۵
شماره : ۱۴۰۰/۳۱۳/۱۹۷۵
پیوست : دارد

بسمه تعالی

« عاشورا درس فداکاریست برای حفظ دین »

ی)

غلامعلی رخشانی مهر
معاون هماهنگی توزیع

رونوشت:
- جناب آقای مهندس مدقق مدیرکل محترم دفترهوشمندسازی‌وفناوری‌های‌نوین جهت اطلاع
- جناب آقای دکتر یاقوتی مدیرکل محترم دفتر مدیریت انرژی و برنامه ریزی امور مشتریان جهت اطلاع
- جناب آقای مهندس صمدی سرپرست محترم طرح کاهش تلفات جهت اطلاع- خاتمه ماموریت ویژه
- جناب آقای مهندس داودی معاون محترم فنی و برنامه ریزی بودجه توزیع جهت اطلاع

اقدام کننده:
میلاد بی آزار-۰۲۱۲۷۹۳۵۰۸۷

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
مراجع
اعضا

شرکت مدیریت تولید، انتقال و توزیع نیروی برق ایران(توانیر)

دستور العمل مطالعات جایابی کلید در شبکه های توزیع

دریافت کنندگان سند:

- ✓معاونت هماهنگی توزیع شرکت توانیر
- ✓شرکت‌های توزیع نیروی برق ایران

کد سند	تاریخ تهیه	تاریخ بازنگری	شماره آخرین بازنگری
TAV122-02/00	۱۴۰۰/۰۵/۳۱	-	--

تهیه کننده	تائید کننده	تصویب کننده
کمیته مطالعات و برنامه ریزی فنی شبکه های توزیع	مدیرکل دفتر مهندسی و راهبری شبکه – مسعود صادقی خمامی	معاون هماهنگی توزیع غلامعلی رخشانی‌مهر
امضاء:	امضاء:	امضاء:

http://www.tavanir.org.ir/dm/dmnezarat/

فهرست مطالب

عنوان _____ **صفحه**

پیشگفتار ۱
۱- مقدمه ۲
۲- هدف و دامنه کاربرد ۲
۳- محدوده اجرا ۲
٤- مسئولیت نظارت و اجرا ۲
٥- تعاریف ۳
٥-۱- برنامه‌ریزی شبکه‌های توزیع ۳
٥-۲- برنامه‌ریزی بهره‌برداری و توسعه شبکه‌های توزیع ۳
٥-۳- مدل‌سازی یا مدل الکتریکی تجهیزات ۳
٥-٤- دک مطالعاتی ۳
٥-٥- ساختار داده (مدل داده) در دک مطالعاتی ٤
٥-٦- واسط داده ٤
٥-۷-نقطه کار شبکه ٤
٥-۸- دک به‌هنگام ٤
٥-۹- دک بهره‌برداری ٤
٥-۱۰- دک برنامه‌ریزی ٤
٥-۱۱- صحت‌سنجی پخش بار ٤
٥-۱۲- صحت‌سنجی اتصال کوتاه ٤
٥-۱۳- صحت‌سنجی قابلیت اطمینان ٥
٥-۱٤- خاموشی با برنامه ٥

فهرست مطالب

عنوان _____ **صفحه**

۵-۱۴-۱- خاموشی برنامه‌ریزی‌شده ۵
۵-۱۴-۲- خاموشی با موافقت ۵
۵-۱۴-۳- خاموشی اضطراری ۵
۵-۱۴-۴- خاموشی بی‌برنامه ۵
۵-۱۵- مانور ۵
۵-۱۶- مرحله حفاظت ۵
۵-۱۷- مرحله جداسازی ۶
۵-۱۸- مرحله بازیابی ۶
۵-۱۹-کلید ۶
۵-۱۹-۱-کلیدهای معمولاً باز (NO) ۶
۵-۱۹-۲-کلیدهای معمولاً بسته (NC) ۶
۵-۱۹-۳- قابلیت‌های کلید ۶
۵-۱۹-۳-۱- قابلیت حفاظت ۶
۵-۱۹-۳-۲- قابلیت قطع و وصل جریان بار ۶
۵-۱۹-۳-۳- قابلیت قطع و وصل به‌صورت محلی ۶
۵-۱۹-۳-۴- قابلیت قطع و وصل از راه دور (کلیدهای اسکادا یا اتوماسیون توزیع) ۶
۵-۲۰- تغییر آرایش شبکه یا فیدرها ۷
۵-۲۱- ناحیه یا زون ۷
۵-۲۲- معیار n-1: ۷
۵-۲۳- معیار n-1 اصلاح‌شده ۷
۵-۲۴- سطح قابلیت اطمینان ۷

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

فهرست مطالب

عنوان _____ **صفحه**

۵-۲۵- واحد مطالعات ۷
۶-اطلاعات مورد نیاز برای جایابی کلید و توسعه فیدر ۸
۶-۱- منابع تهیه دک بهره‌برداری و برنامه‌ریزی ۸
۶-۲- اطلاعات و الزامات مورد نیاز برای تهیه مدل داده شبکه جهت استفاده در جایابی کلید ۱۳
۶-۳- اطلاعات مورد نیاز برای مدل‌سازی بار شبکه فشار متوسط ۱۶
۶-۳-۱- اطلاعات مورد نیاز برای مدل‌سازی تغییرات زمانی بار شبکه در طول سال ۱۸
۶-۳-۲- اطلاعات مورد نیاز برای پیش‌بینی بار شبکه ۲۰
۶-۴- دک برنامه‌ریزی ۲۰
۷-مطالعات جایابی کلید ۲۲
۷-۱-فلسفه جانمایی نقاط مانوری شبکه ۲۲
۷-۲-سطح قابلیت اطمینان بارها ۲۲
۷-۳-الزامات کلید گذاری ۲۵
۷-۴- تعریف مسأله جایابی کلید و تعیین اهداف ۲۵
۷-۵-انواع مطالعات جایابی کلید ۲۶
۷-۶- پارامترهای تأثیرگذار در جایابی کلید ۲۸
۷-۷- روش انجام جایابی کلید سطح اول ۲۸
۷-۷-۱-توجه ویژه به جایابی نقاط مانور دارای قابلیت اتوماسیون ۲۸
۷-۷-۲-گام یک بررسی پوشش مخابراتی ۲۹
۷-۷-۳-گام دوم بررسی خاموشی‌های شبکه ۳۰
۷-۷-۴-گام‌های سوم، چهارم و پنجم (ساخت توپولوژی شبکه و گراف ارتباطات) ۳۰
۷-۷-۵-گام ششم اولویت‌بندی فیدرها برای انتخاب نقاط اتوماسیون ۳۳

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

فهرست مطالب

عنوان _____ **صفحه**

۷-۷-۶- گام هفتم اعمال طرح‌های کلید گذاری روی فیدرهای منتخب ۳۴
۷-۷-۷- گام هشتم تصمیم‌گیری نهایی برای نقاط اتوماسیون و تعداد کلیدها ۳۵
۷-۸- جایابی کلید سطح دوم ۳۶
۷-۸-۱- الزامات تعیین تابع هدف ۳۸
۷-۸-۲- الزامات تعیین قیود مسئله ۳۹
۷-۸-۳- متغیرهای تصمیم ۴۱
۷-۸-۴- محاسبات مورد نیاز ۴۱
۷-۸-۵- ساده‌سازی و کاهش ابعاد جستجو ۴۲
۷-۸-۶- براورد تعداد کل فضای جستجو ۴۳
۷-۸-۷- انتخاب الگوریتم برای جستجوی متغیرهای تصمیم ۴۳
۷-۸-۸- حداقل خروجی‌های مورد انتظار ۴۴
۸-گردشکار مطالعات جایابی کلید ۴۴
۸-۱- انجام مطالعات جایابی کلید برای کل شبکه ۴۴
۸-۲- گام‌های مطالعات جایابی کلید ۴۵
۸-۲-۱- جمع‌آوری داده ۴۵
۸-۲-۲- تهیه دک مطالعاتی ۴۵
۸-۲-۳- تائید مطالعات طرح ۴۵
۸-۲-۴- ارائه نتایج مطالعات به واحد برنامه ریزی ۴۵
۸-۲-۵-خریداری و کنترل کیفی کلید ۴۶
۸-۲-۶- تعیین و بررسی شاخص‌های ارزیابی مکان کلیدها در شبکه و انتقال نتایج به واحد مطالعات ۴۶

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

پیوست الف – مدل اطلاعات مشترک ٤٨
الف-١-مدل CIM شبکه توزیع ٤٨
پیوست ب: ٦١
ب-١-طرح کلید گذاری بر روی فیدرهای بدون اتصال پشتیبان..... ٦١
ب-٢-طرح ١,٥ کلید ٦٢
پیوست ج: ٦٣
ج-١-محاسبات در حالت پایه ٨٣
ج-٢-یافتن مکان بهینه کلیدها بر روی فیدرها ٨٤
ج-٣-یافتن مکان بهینه کلیدها بر روی فیدرهای نمونه به روش سطح اول..... ٩١
٩- مراجع ٩٣
١٠- اعضای تدوین‌کننده دستورالعمل به‌ترتیب الفبا: ٩٥

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱: سامانه‌ها، سرویس‌ها، بانک‌های اطلاعاتی، ماژول‌ها و فرایند ساخت دک بهره‌برداری پیک بار جهت مطالعات مهندسی ۱۰
شکل ۲: شبکه فشار متوسط فرضی برای نمونه مدلسازی بار شبکه فشار متوسط ۱۷
شکل ۳: موارد کلان تأثیرگذار در انتخاب نقاط اتوماسیون ۲۹
شکل ٤:خلاصه گام‌های اساسی برای محاسبه مختصات نقاط اتوماسیون شبکه ۲۹
شکل ٥:شناسایی و تفکیک خاموشی‌های شبکه ۳۰
شکل ٦: مثال ۱ نحوه تکمیل جدول ارتباطات فیدر و خاموشی برای هر فیدر ۳۲
شکل ۷: مثال ۲ نحوه تکمیل جدول ارتباطات فیدر و خاموشی برای هر فیدر ۳۳
شکل ۸: گام‌های مورد نیاز برای حل مسأله بهینه جایابی کلید به روش سطح دوم ۳۷
شکل ۷: نمودار فرایند مالی پروژه نصب کلیدهای مانوری ۳۸
شکل ۱۰: تعیین مسیرهای اصلی مجموعه فیدرها ٤۳
شکل ۱۱– گردش کاری انجام مطالعات جایابی کلیدها در شبکه ٤۷
شکل ۱۲: فیدر نمونه تنها برای جایابی کلید. ٦۱
شکل ۱۳: تغییر مقدار انرژی توزیع نشده نسبت به تعداد کلید برای یک فیدر تنها. ٦۲
شکل ١٤: طرح ۱,٥ کلید برای جانمایی نقاط اتوماسیون. ٦۲
شکل ۱٥: طرح ۱,٥ کلید برای جانمایی نقاط اتوماسیون با ارتباط زون‌های ابتدایی و انتهایی. ٦۳
شکل ١٦: طرح ۱,٥ کلید برای جانمایی نقاط اتوماسیون با ارتباط زون‌های ابتدایی. ٦۳
شکل ۱۷: موقعیت فیدرهای نمونه و کلیدهای موجود بر روی این فیدرها. ٦٤
شکل ۱۸: دک بهره‌برداری فیدرهای نمونه در نرم افزار دیگسایلنت ٦٦
شکل ۱۹: محاسبات پخش بار و قابلیت اطمینان در حالت پایه، جهت دستیابی به تلفات انرژی و انرژی توزیع نشده ۸٤
شکل ۲۰: محدوده مجاز قرارگیری کلید NO ۸٦
شکل ۲۱: فلوچارت جایابی بهینه کلید در دو فیدر نمونه ۸۹
شکل ۲۲: مکان کلیدهای جدید و موجود بعد از جایابی بهینه کلید بر روی فیدرها نمونه به همراه زون‌های بوجود آمده بر روی فیدرها ۹۰
شکل ۲۳: مکان کلیدهای جایابی شده در فیدرهای نمونه به روش سطح اول ۹۱

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱: مرجع اطلاعات مورد استفاده در تهیه دک بهره‌برداری و مطالعات جایابی کلید و توسعه فیدر ۱۱
جدول ۲: جزئیات اطلاعات مورد نیاز از بانک‌های اطلاعاتی جهت استفاده در مطالعات توسعه فیدر و جایابی کلید۱۲
جدول ۳: حداقل اطلاعات مورد نیاز برای ساخت مدل داده استاندارد شبکه..... ۱٤
جدول ٤: حداقل اطلاعات نوع تجهیزات..... ۱۵
جدول ۵: پارامترهای مدل بار ۱۷
جدول ٦: انواع مدل تغییرات زمانی بار ۱۸
جدول ۷: اطلاعات مورد نیاز برای مدل‌سازی تغییرات زمانی بار ۱۹
جدول ۸: بارها و سطح قابلیت اطمینان پیشنهادی و حداقل تعداد کلیدهای مورد نیاز ۲۳
جدول ۹:حالات مختلف مطالعات جایابی کلید وابسته به نوع نیاز..... ۲۷
جدول ۱۰: ماتریس ارتباطات ۳۱
جدول ۱۱: ماتریس مشخصات نقاط ۳۱
جدول ۱۲: اولویت بارها..... ۳۱
جدول ۱۳: جدول ارتباطات فیدر..... ۳۱
جدول ۱٤: جدول ماکزیمم خاموشی طبق معیار n-1..... ۳۲
جدول ۱۵: محاسبه بار قطع‌شده و مقدار بار قابل‌انتقال طبق معیار n-1. ..... ۳۲
جدول ۱٦: معیارهای اولویت‌بندی نهایی ۳۳
جدول ۱۷:انواع طرح‌های کلید گذاری متداول در شبکه‌های فشار متوسط ۳٤
جدول ۱۸: جدول نهایی انتخاب نقاط اتوماسیون و تعداد کلیدها ۳۵
جدول ۱۲: درآمدها و هزینه‌های پروژه سرمایه‌گذاری کلیدهای مانوری ۳۸
جدول ۲۰: متغیرهای تصمیم اصلی..... ٤۱
جدول ۲۱: متغیرهای تصمیم فرعی ٤۱
جدول ۲۲: خلاصه اطلاعات فیدرهای نمونه..... ٦٤
جدول ۲۳: بررسی اولیه اطلاعات موجود و تصمیم گیری در خصوص مدل‌سازی..... ٦۵
جدول ۲٤: اطلاعات خطوط در دک بهره‌برداری..... ٦٦
جدول ۲۵: اطلاعات ترانسفورماتورهای توزیع و میزان بار آن‌ها در دک بهره‌برداری ۸۰

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۲۶: اطلاعات بار متوسط، ضریب بار، نرخ خرابی، مدت تعمیر و نرخ خرابی استخراج شده از بانک‌های اطلاعاتی ۸۳
جدول ۲۷: نتایج پخش‌بار، آنالیز تلفات و قابلیت اطمینان فیدرهای نمونه در حالت موجود و اولیه ۸۳
جدول ۲۸: بررسی گام‌های حل مسأله جایابی کلید در فیدرهای نمونه ۸٤
جدول ۲۹: انرژی توزیع نشده و تلفات شبکه و وضعیت بهره‌برداری بعد از جایابی کلید ۹۰
جدول ۳۰: نتایج پخش بار و انرژی از دست رفته در حالت جایابی کلید به روش سطح اول بر روی فیدرهای نمونه .. ۹۲

پیشگفتار

با توجه به ضرورت یکپارچه سازی روند جاری سازی مطالعات در شبکه های توزیع سطح کشور، معاونت هماهنگی توزیع شرکت توانیر اقدام به ابلاغ ماموریت ویژه به شرکت توزیع نیروی برق استان فارس برای تدوین دستورالعمل های "مطالعات جایابی کلید" و "مطالعات توسعه فیدر" در شبکه های توزیع نمود، تا در قالب دو دستورالعمل جداگانه برای ابلاغ به شرکت های توزیع تدوین گردد.

شرکت توزیع با همکاری شرکت مهندسین مشاور دانشمند و راهبری حوزه معاونت مهندسی دفتر مهندسی و راهبری شبکه شرکت توانیر، و با توجه به اهمیت مطالعات جایابی کلید برای تعیین تعداد و جانمایی کلیدها در فیدرهای فشار متوسط و به منظور بهبود شاخص‌های قابلیت اطمینان و امکان بهره‌برداری در شرایط مختلف بار شبکه با کمترین تلفات انرژی، اقدام به تدوین " **دستورالعمل مطالعات جایابی کلید در شبکه های توزیع**" نمود.

دستورالعمل در نشست های تخصصی "کمیته تخصصی مطالعات در شبکه های توزیع برق " با حضورخبرگان صنعت برق و دانشگاه کشور با محوریت شرکت توزیع نیروی برق استان کردستان مطرح، و پس از بررسی مورد تصویب قرار گرفت.

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

۱- مقدمه

به‌طورکلی در شبکه‌های توزیع از کلیدها به‌عنوان نقاط انعطاف‌پذیر شبکه، به‌منظور انجام عملیات مانور استفاده می‌شود. با افزایش تعداد کلیدها امکان بهره‌برداری با کمترین تلفات و بیشترین قابلیت اطمینان فراهم می‌گردد. در حالت ایده‌آل وجود کلید در همه نقاط ورود و خروج بارهای شبکه فشار متوسط (ترانسفورماتورهای توزیع یا مشترکین اولیه) منجر به ایجاد شبکه‌ای با معیار n-1 می‌شود. همچنین اگر تمام کلیدهای شبکه دارای قابلیت اتوماسیون باشند بهترین عملکرد شبکه ازنظر قابلیت اطمینان و انعطاف‌پذیری حاصل می‌گردد. به دلیل محدودیت‌های اقتصادی، تعداد کلیدها و فنّاوری کلیدها محدود می‌باشد. لذا مسئله تعیین تعداد و جانمایی کلیدها در فیدرهای فشار متوسط به‌منظور بهبود شاخص‌های قابلیت اطمینان و امکان بهره‌برداری در شرایط مختلف بار شبکه با کمترین تلفات انرژی یکی از چالش‌های اصلی شبکه‌های توزیع می‌باشد. بنابراین هدف از تدوین دستورالعمل مطالعات جایابی کلید تعیین یک چهارچوب و راهنما برای انجام مطالعات جایابی کلید در سطح فیدرهای فشار متوسط و الزاماتی است که در این مطالعات باید رعایت شوند.

۲- هدف و دامنه کاربرد

هدف این دستورالعمل راهنمایی برای جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز برای مطالعات جایابی کلید، نحوه انجام مطالعات و روند گردشکار آن در شرکت‌های توزیع می‌باشد. محدوده کاربرد این دستورالعمل، جایابی ریکلوزرها، سکسیونرها، دژنکتورها، فیوزها و سکشنلایزرها در فیدرهای فشار متوسط می‌باشد. لازم به‌ذکر است برای انجام مطالعات جایابی کلید نیاز به محاسبات پخش بار، اتصال کوتاه، کانورت اطلاعات از بانک اطلاعات GIS و مدل‌سازی بار برای محاسبات پخش بار می‌باشد. این موارد در محدوده این دستورالعمل نمی‌باشد و در این خصوص باید منطبق با **"دستورالعمل جاری‌سازی مطالعات شبکه در شرکت‌های توزیع، محاسبات پخش بار و اتصال کوتاه"** دفتر مهندسی و راهبری شبکه شرکت توانیر عمل شود[۱].

۳- محدوده اجرا

محدوده اجرای این دستورالعمل معاونت هماهنگی توزیع شرکت توانیر و شرکت‌های توزیع نیروی برق کشور می‌باشد.

٤- مسئولیت نظارت و اجرا

مسئولیت اجرای مفاد این دستورالعمل به عهده مدیران عامل شرکت‌های توزیع نیروی برق بوده و نظارت عالیه بر حسن اجرای آن برعهده دفتر مهندسی و راهبری شبکه معاونت هماهنگی توزیع شرکت توانیر می‌باشد. لازم به‌ذکر است که از تاریخ صدور و ابلاغ این دستورالعمل، کلیه دستورالعمل‌های مرتبط با جایابی کلید در شبکه های توزیع از درجه اعتبار ساقط و رعایت این دستورالعمل لازم الاجرا می‌باشد.

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

۵- تعاریف

۵-۱- برنامه‌ریزی شبکه‌های توزیع: به مجموعه فعالیت‌هایی برای تدوین برنامه در راستای:

- طراحی، احداث و بهره‌برداری
- تغییر وضعیت (به‌عنوان مثال تغییر حالت باز به بسته در انواع کلیدها و یا تغییر پله‌های بانک‌های خازنی، تپ اتوترانسفورماتور)
- تغییر در مقدار تولید (مربوط به تولید انرژی منابع تولید پراکنده) تجهیزات شبکه توزیع

جهت برآورده‌سازی نیازهای احتمالی آینده با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی و پایداری با شروع از یک حالت معین گفته می شود.

۵-۲- برنامه‌ریزی بهره‌برداری و توسعه شبکه‌های توزیع:[۱] برنامه‌ریزی شبکه‌های توزیع از منظر افق زمانی به برنامه‌ریزی بهره‌برداری (در مورد شبکه‌های توزیع بیشتر به تغییر آرایش شبکه یا همان تغییر وضعیت کلیدهای شبکه، برنامه‌ریزی خاموشی) و برنامه‌ریزی توسعه و تعمیرات شبکه تقسیم‌بندی می‌گردد. برنامه‌ریزی توسعه در شبکه‌های توزیع معمولاً به افق زمانی کوتاه‌مدت (یک تا سه سال)، میان مدت (سه تا پنج سال) و بلند مدت (پنج تا ده سال) تقسیم می‌گردد.

۵-۳- مدل‌سازی یا مدل الکتریکی تجهیزات: عبارت است از استخراج مدار معادل تجهیزات فیزیکی (واقعی) شبکه‌های توزیع به‌صورت مدارهای سری یا موازی از عناصر خطی و یا غیرخطی از مقاومت‌ها، سلف‌ها، خازن‌ها و ...، برای توصیف یا پیش‌بینی رفتار این تجهیزات در واقعیت تحت تأثیر ولتاژ و جریان در بازه‌های زمانی مختلف (از حالات گذرا در حدود میکروثانیه، حالات دینامیکی میلی‌ثانیه تا حالات دائم).

۵-٤- دک مطالعاتی: مهم‌ترین اقدام جهت اجرای مطالعات در شبکه‌های توزیع، تهیه و ایجاد پایگاه داده الکتریکی مورد نیاز است. پایگاه داده الکتریکی (دک) به مجموعه اطلاعات لازم جهت مدل‌سازی الکتریکی تجهیزات به‌منظور انجام محاسبات پخش‌بار، اتصال کوتاه، قابلیت اطمینان، هماهنگی حفاظتی، پایداری دینامیکی و گذرای شبکه توزیع در یک نرم‌افزار، طی شرایط مختلف بهره‌برداری گفته می‌شود.

---

[۱] برنامه‌ریزی بهره‌برداری در واقع برنامه‌هایی است که در افق کوتاه مدت و نزدیک به زمان واقعی و زمان اجرای شبکه انجام می‌شود به‌عنوان مثال تغییر آرایش شبکه به‌صورت فصلی برای کاهش تلفات انرژی و مدیریت بار. در این حالت عدم‌قطعیت‌های شبکه و بار کم شده و نیاز است نسبت به تغییرات برنامه‌ریزی گردد.

تفاوت بین برنامه‌ریزی بهره‌برداری از شبکه و برنامه‌ریزی توسعه شبکه دراین است که، در برنامه‌ریزی بهره‌برداری شبکه فرض می‌شود تجهیزات موجود قادر به تأمین کل باردرخواستی همراه با پوشش دادن قیود می‌باشند و نیازی به افزودن تجهیزات جدید به شبکه نمی‌باشد. به عبارت دیگر، فرض برکفایت تجهیزات موجود می‌باشد. درحالی که هدف در مطالعات برنامه‌ریزی توسعه، بازگرداندن کفایت به مجموعه شبکه است. به عبارت دیگر، رشد بار درخواستی مصرف‌کنندگان به‌همراه دلایل دیگر فنی و اقتصادی ممکن است باعث عدم کفایت شبکه برق موجود گردد. بنابراین همان‌طور که اشاره شد، هدف از مطالعات برنامه‌ریزی توسعه شبکه، تعیین ویژگی‌ها و زمان نیاز به تجهیزات جدید است به‌گونه‌ای‌که، با حفظ کفایت و قیود، تابع هدف مساله نیز بهینه گردد.

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

۵-۵- ساختار داده (مدل داده) در دک مطالعاتی: نحوه ذخیره‌سازی و نگهداری، ارتباطات، خصوصیات و ویژگی‌های الکتریکی، شکل و مکان جغرافیایی اجزای شبکه توزیع را درون پایگاه داده الکتریکی، مدل داده می‌گویند. مدل داده در نرم‌افزارهای مختلف استانداردهای مختلفی دارد.

۵-٦- واسط داده: در نرم‌افزارهای مختلف مدل داده در دک‌های مطالعاتی متفاوت می‌باشد. برنامه‌ای که مدل‌های داده را در نرم‌افزارهای مختلف به یکدیگر تبدیل و قابل استفاده می‌کند، واسط داده نام دارد. معمولا نرم‌افزارهای مطالعات قدرت از مدل داده مشترک (CIM) طبق استانداردهای IEC61968، IEC61970، IEC62325 برای تبادل به دیگر نرم‌افزارها پشتیبانی می‌کنند. این مدل داده تحت ساختارهای مختلف ENTSO-E، CGMES، UCTE و CDPSM پیاده‌سازی شده‌است.

۵-۷-نقطه کار شبکه: به وضعیت واقعی شبکه از نظر توپولوژی و ارتباطات، وضعیت کلیدها و مقدار بار در یک لحظه مشخص گفته می شود.

۵-۸- دک به‌هنگام: عبارت است از دکی که از داده‌های اندازه‌گیرهای شبکه و سیستم اسکادا به‌صورت زمان واقعی تهیه می‌شود. از این دک برای مطالعات پیشامد و برای بررسی تاثیر اتفاقات شبکه و اتخاذ تصمیم به‌موقع استفاده می‌گردد.

۵-۹- دک بهره‌برداری: عبارت است از دکی که برای انجام مطالعات بهره‌برداری شبکه‌های توزیع برای شرایط خاصی (یک نقطه کار مشخص) از شبکه در طول سال تهیه می‌شود. این شرایط معمولا برای پیک بار یک یا مجموعه‌ای از فیدرها، یک یا مجموعه‌ای از پست‌های فوق‌توزیع تعریف می‌گردد. دکی که از شرایط شبکه در بار متوسط ساخته می‌شود و وضعیت کلیدها در آن به حالت دائم هستند دک پایه نامیده می‌شود.

۵-۱۰- دک برنامه‌ریزی: دکی که برای انجام مطالعات برنامه‌ریزی توسعه شبکه‌های توزیع در افق‌های زمانی آینده شبکه از روی دک پایه بهره‌برداری ساخته می‌شود را دک برنامه‌ریزی می‌گویند. در این دک بار شبکه متناسب با پیش‌بینی انجام‌شده رشد داده می‌شود. معمولا این پیش‌بینی برای پیک بار انجام می‌گردد. در این دک همواره عدم‌قطعیت از نظر توپولوژی و مقدار بار شبکه وجود دارد.

۵-۱۱- صحت‌سنجی پخش بار: به تطبیق نتایج محاسبات پخش بار روی دک بهره‌برداری شبکه در یک نقطه کار معین (معمولا پیک بار)، از نظر ولتاژ گره‌ها و جریان عبوری از خطوط با مقادیر اندازه‌گیری شده از شبکه گفته می شود. از آنجا که در شبکه‌های توزیع فشار متوسط روی تمام ترانسفورماتورهای توزیع و کلیدهای شبکه تجهیزات اندازه‌گیری همگام (همزمان) وجود ندارد، صحت‌سنجی به صورت تقریبی و با خطای معین قابل انجام است.

۵-۱۲- صحت‌سنجی اتصال کوتاه: به تطبیق نتایج محاسبات اتصال کوتاه روی دک بهره‌برداری شبکه از نظر انواع جریان اتصال کوتاه (تک‌فاز، دوفاز، سه‌فاز و غیره) عبوری در نقاط کلیدهای شبکه با شدت اتصال کوتاه

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

واقعی ثبت شده در این نقاط گفته می شود. معمولا کلیدهایی که برای صحت‌سنجی اتصال کوتاه انتخاب می‌شوند باید دارای رله و تابلوی کنترل جهت ذخیره‌سازی جریان و ولتاژهای لحظه‌ای در قبل و بعد از وقوع اتصال کوتاه باشند.

۵-۱۳- صحت‌سنجی قابلیت اطمینان: معمولاً به تطبیق نتایج محاسبات پیش‌بینی قابلیت اطمینان شبکه روی دک بهره‌برداری شبکه، از نظر شاخص انرژی توزیع نشده با مقادیر واقعی ثبت شده در سامانه ثبت خاموشی‌ها گفته می شود.

۵-۱۴- خاموشی با برنامه: هرگونه قطع برق مشترکین با قصد قبلی (برنامه‌ریزی‌شده ، با موافقت و یا به‌صورت اضطراری) را خاموشی با برنامه در حوزه مربوطه می‌گویند. که به سه دسته‌ی زیر تقسیم می‌شوند.

۵-۱۴-۱- خاموشی برنامه‌ریزی‌شده: به هرگونه خاموشی با قصد قبلی به‌منظور سرویس، تنظیم، تعمیرات دوره‌ای و پیشگیرانه، اصلاح، جابجایی بار، توسعه تأسیسات و تجهیزات در محدوده مرزهای فیزیکی تعیین‌شده که باعث قطع برق مشترکین گردد، خاموشی برنامه‌ریزی‌شده می‌گویند.

۵-۱۴-۲- خاموشی با موافقت: درصورتی‌که تجهیزی دارای مشکل شود و یا نیاز به انجام کاری خارج از برنامه‌های تعریف شده دارد، بطوریکه نیاز به اعمال خاموشی اضطراری نبوده و از طرفی امکان رفع مشکل مطابق بازه زمانی تعریف‌شده به‌صورت با برنامه نیز نباشد، و اپراتور پست، اکیپ تعمیرات، سرویس و یا واحدهای ذی‌ربط دیگر درخواست سرویس، اصلاح، تعمیر و یا تنظیم نماید، و خاموشی اعمال شود، این‌نوع خاموشی را خاموشی با موافقت می‌گویند.

۵-۱۴-۳- خاموشی اضطراری: درهرگونه اعمال خاموشی به‌صورت دستی که زمان لازم برای اخذ موافقت‌های موردنیاز جهت رفع مشکل وجود نداشته باشد، و عدم قطع برق به‌صورت فوری باعث بروز خسارت یا آسیب گردد، خاموشی اضطراری می‌گویند.

۵-۱۴-۴- خاموشی بی‌برنامه: به هرگونه خاموشی پیش‌بینی‌نشده در تأسیسات و تجهیزات که منجر به قطع برق مشترکین شود، خاموشی بی‌برنامه می‌گویند.

۵-۱۵- مانور : به‌هرگونه عملیات قطع و وصل تجهیزات شبکه برای برق‌دار یا بی‌برق کردن و جابجایی بار را مانور می‌گویند. مانورها به دلایل مدیریت بار یا شرایط اضطراری شبکه، اعمال خاموشی‌های با برنامه، توسعه و بهسازی شبکه و بعد از وقوع خطا در شبکه انجام می‌گردد. یک مانور کامل به دلیل وقوع خطا شامل مراحل زیر است:

۵-۱۶- مرحله حفاظت[1]: به عملیات خودکار حفاظت و قطع شبکه بعد از وقوع خطا به‌منظور جلوگیری از آسیب به شبکه مرحله حفاظت می‌گویند. این عملیات معمولاً توسط مدارشکن، ریکلوزر یا کات اوت فیوز در شبکه‌های توزیع انجام می‌شود.

[1] *Protection*

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

۵-۱۷- مرحله جداسازی[۱]: کلیه‌ی عملیات مربوط به شناسایی و جدا کردن محل خطا از بقیه شبکه را مرحله جداسازی می‌گویند. این عملیات بعد از عملکرد حفاظت شبکه انجام می‌شود.

۵-۱۸- مرحله بازیابی[۲]: به بازگرداندن یا برق‌دار کردن قسمت سالم شبکه (بدون خطا) بعد از عملیات جداسازی مرحله بازیابی می‌گویند.

۵-۱۹-کلید[۳]: در این دستورالعمل منظور از کلید هرگونه تجهیزی است که قابلیت قطع و وصل را در شبکه داشته و می‌تواند در مانور استفاده شود. در این تعریف مدارشکن، ریکلوزر، سکشنلایزر، سکسیونر و کات اوت فیوزها جزء کلیدها هستند. در این دستورالعمل جمپرها به‌عنوان کلید محسوب نمی‌گردند. کلیدها ازنظر نوع به‌صورت زیر تقسیم‌بندی می‌شوند:

۵-۱۹-۱-کلیدهای معمولاً باز (NO)[۴]: این کلیدها در حالت دائم در وضعیت باز قرار دارند و برای عملیات بازیابی بار استفاده شده و به Tie Switch نیز معروف هستند.

۵-۱۹-۲-کلیدهای معمولاً بسته (NC)[۵]: این کلیدها در حالت دائم در وضعیت بسته قرار دارند و در عملیات جداسازی استفاده شده و به Sectionalizing Switch نیز معروف هستند.

۵-۱۹-۳- قابلیت‌های کلید: در این دستورالعمل هر کلید دارای بعضی از قابلیت‌هایی است که در عملیات مانور تأثیرگذار است[۶] این خصوصیات به شرح ذیل می‌باشد:

۵-۱۹-۳-۱- قابلیت حفاظت: کلیدهایی که قدرت قطع جریان اتصال کوتاه را دارند و مجهز به یک رله (غیر از کات اوت فیوز) برای تشخیص جریان اتصال کوتاه هستند.

۵-۱۹-۳-۲- قابلیت قطع و وصل جریان بار: کلیدهایی که توانایی قطع و وصل جریان بار را دارند و می‌توانند به‌صورت دستی یا با فرمان از راه دور یا محلی یا از طریق یک کنترل‌کننده این عملیات را انجام دهند.

۵-۱۹-۳-۳- قابلیت قطع و وصل به‌صورت محلی: کلیدهایی که بر اساس منطق‌های محلی به‌صورت خودکار باز یا بسته شوند.

۵-۱۹-۳-٤- قابلیت قطع و وصل از راه دور (کلیدهای اسکادا یا اتوماسیون توزیع): کلیه کلیدهای شبکه که از طریق IED یا RTU و یک پروتکل ارتباطی و از طریق یک بستر مخابراتی به سیستم اسکادا وصل بوده، و فرمان قطع یا وصل را دریافت نموده، و باز یا بسته می‌شوند.

---

[۱] *Isolation*
[۲] *Restoration*
[۳] *Switch*
[٤] *Normally Open*
[۵] *Normally Close*

[۶] اگر کلیدی هیچ قابلیتی نداشته باشد، فرض می‌گردد که غیرقابل قطع زیر بار است.

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

۵-۲۰- تغییر آرایش شبکه یا فیدرها[۱]: به عملیاتی که منجر به تغییر وضعیت کلیدهای NO و NC در یک مجموعه فیدر شده و محدوده تحت پوشش فیدرها را تغییر می‌دهد،گفته می شود. این تغییر آرایش به‌منظور مدیریت بار، امکان انتقال بار یا کاهش هزینه‌های بهره‌برداری (تلفات شبکه) انجام می‌شود.

۵-۲۱- ناحیه یا زون[۲]: در این دستورالعمل منظور از زون آن قسمت شبکه فشار متوسط به همراه تمام تجهیزات و بارهای آن بوده که محدود به یک یا چند کلید می‌شود.

۵-۲۲- معیار n-1: اگر در یک یا قسمتی از یک شبکه توزیع بعد از وقوع یک پیشامد، تمام بارهای آن بعد از مدت‌زمانی کمتر از ۳۰ دقیقه[۳]برقدار بوده و تمام تجهیزات به‌غیراز تجهیز آسیب‌دیده تحت محدودیات بهره‌برداری (ولتاژ، بارگذاری تجهیزات) باشند، آنگاه معیار n-1 برای آن شبکه یا آن قسمت از شبکه برقرار است.

۵-۲۳- معیار n-1 اصلاح‌شده: اگر در یک یا قسمتی از یک شبکه توزیع بعد از وقوع یک پیشامد در یک زون، تمام بارهای آن در زون‌های دیگر بعد از مدت زمانی کمتر از ۳۰ دقیقه[۴]برقدار بوده و تمام تجهیزات زون‌های دیگر تحت محدودیات بهره‌برداری (ولتاژ، بارگذاری تجهیزات) برق‌دار باشند، آنگاه معیار n-1 اصلاح‌شده برای آن شبکه برقرار است.

۵-۲۴- سطح قابلیت اطمینان: منظور از سطح قابلیت اطمینان در این دستورالعمل برآورده شدن معیارهای n-1 یا n-1 اصلاح‌شده در سطح شبکه فشار متوسط می‌باشد.

۵-۲۵- واحد مطالعات: واحد مطالعات واحدی زیر مجموعه حوزه معاونت مهندسی می باشد که وظیفه انجام مطالعات بر روی شبکه های توزیع و از آنجمله توسعه فیدر و جایابی کلید و سایر موارد مرتبط با مطالعات شبکه های توزیع را برعهده دارد.این واحد به منظور انجام مطالعات بهینه وایجاد تعاملات و هماهنگی لازم برای توسعه و بهینه سازی شبکه، مسئولیت هماهنگی با واحد های مهندسی، بهره برداری، خدمات مشترکین، برآورد بار و سایر بخش های مرتبط در تدوین طرح های مطالعاتی را بر عهده دارد.

---

[۱] *Feeder Reconfiguration*

[۲] *Zone*

[۳] مقدار ۳۰ دقیقه می‌تواند برای شرکت‌های توزیع و شبکه‌های مختلف تعدیل شود.

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

٦-اطلاعات مورد نیاز برای جایابی کلید و توسعه فیدر

٦-١- منابع تهیه دک بهره‌برداری و برنامه‌ریزی

برای انجام مطالعات توسعه فیدر، جایابی کلید و محاسبات مورد نیاز مانند محاسبات پخش‌بار، اتصال کوتاه و قابلیت اطمینان نیاز به تهیه‌ی دک بهره‌برداری و برنامه‌ریزی شبکه توزیع می‌باشد. از آنجایی که این مطالعات در شبکه برای بررسی تأثیر اقدامات توسعه‌ای، اصلاحی، حذف یا جابجایی تجهیزات شبکه در آینده صورت می‌گیرد. لازم است این دک‌ها در یک نرم‌افزار مطالعاتی یا یک پایگاه داده مناسب هر سال و بعد از پیک بار شبکه توزیع تهیه و بروزرسانی شوند. اعتبار تهیه این دک‌ها برای مدت یکسال می‌باشد.

برای تهیه دک بهره‌برداری و برنامه‌ریزی و دیگر موارد مرتبط نیاز به وجود بانک‌های اطلاعاتی، بسترهای ارتباطی بین بانک‌ها و نرم‌افزارهای مناسب برای بهره‌گیری از آن‌ها می‌باشد. نحوه‌ی تبادل و دریافت اطلاعات و بسترهای مبادله بین این نرم‌افزارها یا سامانه‌ها در حوزه‌ی این دستورالعمل نیست. این موارد در دستورالعمل دیگری با نام دستورالعمل الزامات نرم‌افزار مطالعات جایابی کلید و توسعه فیدر توسط دفتر مهندسی و راهبری شبکه شرکت توانیر در حال توسعه می‌باشد. در این دستورالعمل تنها مراجع دریافت اطلاعات شناسایی و نحوه استفاده از اطلاعات و صحت‌سنجی آن‌ها برای تهیه‌ی دک‌های بهره‌برداری و برنامه‌ریزی تشریح می‌گردد.

برای تهیه‌ی دک بهره‌برداری شبکه‌ی توزیع اقدامات زیر نیاز است:

۱-تهیه مدل الکتریکی شبکه

۲-تهیه اطلاعات تایپ تجهیزات مناسب برای محاسبات پخش بار

۳-تهیه اطلاعات مدل بار نقاط مختلف شبکه

برای استفاده از دک بهره‌برداری برای محاسبات قابلیت اطمینان و اتصال کوتاه به حداقل اطلاعات زیر نیاز است:

۱-اطلاعات تایپ تجهیزات مناسب برای محاسبات اتصال کوتاه

۲-اطلاعات نرخ خرابی و متوسط زمان تعمیر

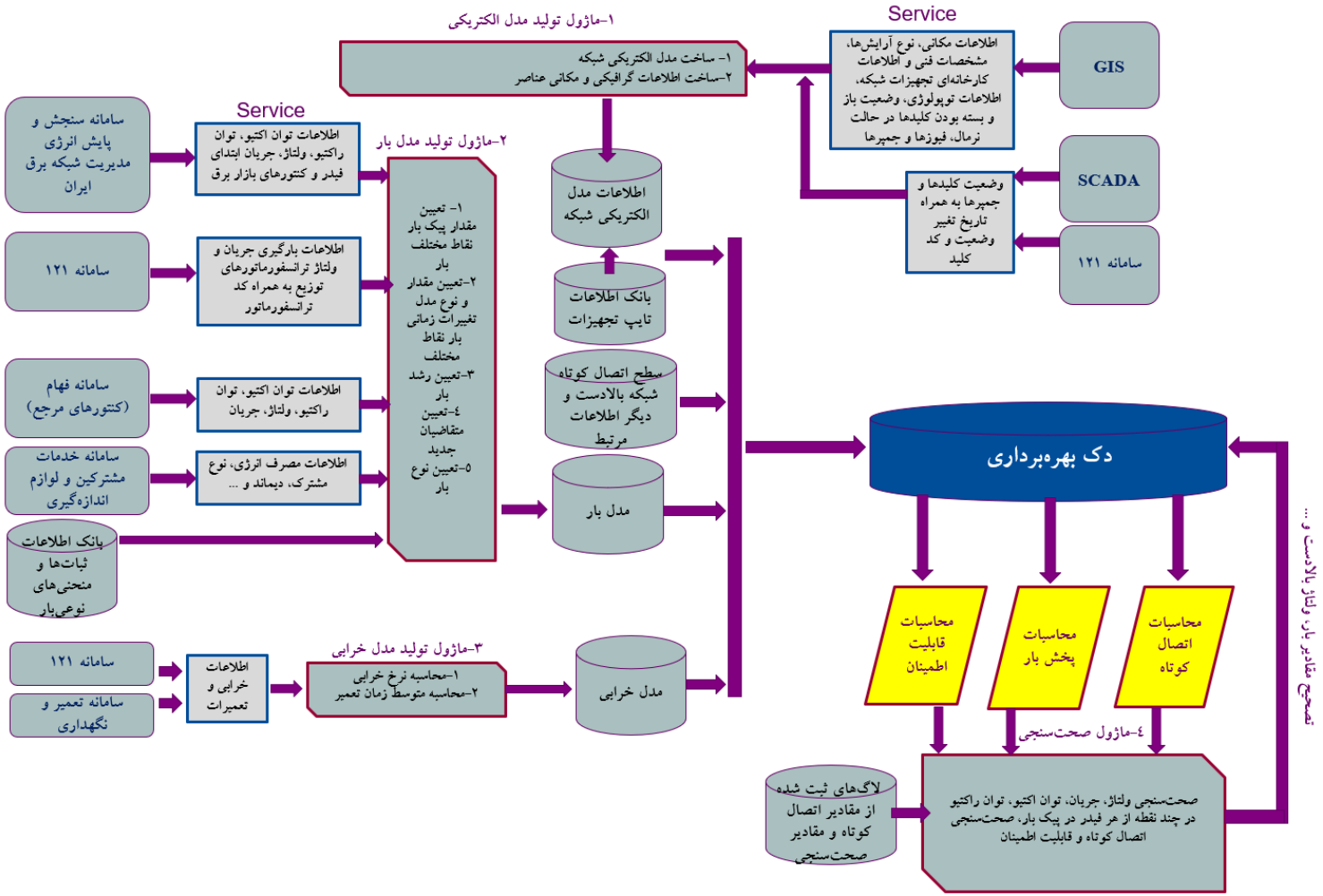
برای صحت سنجی محاسبات پخش‌بار، اتصال کوتاه و قابلیت اطمینان به اطلاعات اضافه دیگری نیاز است که در ادامه دستورالعمل تشریح می‌گردد.

در شکل ۱ سامانه‌ها، ماژول‌ها، سرویس‌ها و بانک‌های اطلاعاتی مرتبط با تهیه اطلاعات مورد نیاز برای دک بهره‌برداری شبکه نشان داده شده است. در این شکل مرجع داده برای تهیه‌ی مدل الکتریکی شبکه، مدل بار، مدل خرابی جهت تهیه دک بهره‌برداری مشخص شده است.

برای دریافت اطلاعات از مراجع مشخص‌شده نیازمند وب سرویس‌های تعیین‌شده است. بعضی از مراجع داده در حال حاضر دارای استاندارد مشخصی جهت نگهداری و بروزرسانی نمی‌باشد و داده‌های آن معمولا به‌صورت پراکنده ذخیره و نگهداری می‌شوند. این مراجع داده مانند بانک اطلاعات ثبات و لاگ‌های ثبت شده از مقادیر اتصال

کوتاه است. برای استفاده از داده‌های دریافت شده از طریق وب‌سرویس‌ها نیازمند ماژول‌هایی و واسط‌هایی برای آماده‌سازی داده‌های دریافت‌شده می‌باشد. این ماژول‌ها حداقل شامل ماژول تولید مدل الکتریکی، ماژول تولید مدل بار، ماژول تولید مدل خرابی و ماژول صحت‌سنجی باید باشند. بانک اطلاعات تایپ تجهیزات شامل مشخصات مدل الکتریکی تجهیزات است. مقدار تولیدی توان اکتیو و راکتیو و اطلاعات سنجش و اندازه‌گیری واحدهای تولید پراکنده متصل به شبکه فشار متوسط از طریق سامانه فهام در دسترس قرار خواهد گرفت. در ادامه واحد ارائه دهنده این مراجع آورده شده است.

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا



شکل ۱: سامانه‌ها، سرویس‌ها، بانک‌های اطلاعاتی، ماژول‌ها و فرایند ساخت دک بهره‌برداری پیک بار جهت مطالعات مهندسی

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

درجدول ۱ بانک‌های اطلاعاتی مورد نیاز مطالعات توسعه فیدر و جایابی کلید و موارد استفاده هریک شرح داده شده است. در جدول ۲ جزئیات اطلاعات برای واکشی از بانک‌های اطلاعاتی مراجع داده آورده شده است. طبق جدول دوره‌های تاریخی اطلاعات پیشنهادی است. بعضی از اطلاعات که نیازمند اطلاعات مختصات مکانی است به‌صورت اختیاری می‌باشد.

جدول ۱: مرجع اطلاعات مورد استفاده در تهیه دک بهره‌برداری و مطالعات جایابی کلید و توسعه فیدر

ردیف	نام واحد ارائه‌دهنده اطلاعات	مرجع اطلاعات	موارد استفاده
۱	مشترکین	بانک اطلاعات جامع مشترکین (بیلینگ)	مطالعات بار، تحلیل چگالی انرژی و رشد بار، دسته‌بندی مشترکین، محاسبه سرانه مصرف مشترکین در مناطق مختلف، محاسبات تلفات انرژی
۲	مشترکین	بانک اطلاعات کنتورهای فهام(مرجع)	مطالعات بار، شناسایی رفتار بار، رویت‌پذیری شبکه، تخمین حالت، مقدار توان تولیدی منابع تولید پراکنده
۳	مهندسی	بانک اطلاعات GIS	تهیه گراف الکتریکی شبکه جهت محاسبات پخش‌بار، اتصال کوتاه و غیره
٤	مهندسی	بانک اطلاعات مشخصات فنی تجهیزات (تایپ)	تهیه بانک اطلاعات مشخصات الکتریکی تجهیزات برای انجام محاسبات پخش‌بار و اتصال کوتاه
٥	مهندسی	بانک اطلاعات ثبات	مطالعات بار، محاسبه ضرایب همزمانی و مشارکت، تفکیک مولفه‌های بار و استخراج منحنی‌های نوعی بار، کلاس‌بندی مشترکین، محاسبات تلفات و غیره
٦	بهره‌برداری	بانک اطلاعات بارگیری تجهیزات (سامانه ۱۲۱)	تخصیص بار، رویت‌پذیری
۷	بهره‌برداری	بانک اطلاعات نگهداری و تعمیرات(نت) و PM	محاسبات قابلیت اطمینان، تهیه نرخ خرابی و تعمیرات
۸	بهره‌برداری	بانک اطلاعات اتفاقات و خاموشی‌ها (سامانه ۱۲۱)	محاسبات قابلیت اطمینان، تهیه نرخ خرابی و تعمیرات، وضعیت تاریخی کلیدها در تاریخ‌های مشخص
۹	بهره‌برداری	بانک لاگ خطاهای اتصال کوتاه	صحت‌سنجی اتصال کوتاه
۱۰	بهره‌برداری	نرخ خرید انرژی	بررسی قیمت تلفات
۱۱	مدیریت شبکه (خارج از شبکه توزیع)	بانک اطلاعات بازار برق و اندازه‌گیرهای ابتدای فیدر	مدل‌سازی بار
۱۲	بانک مرکزی و مرکز آمار ایران (خارج از شبکه توزیع)	نرخ بهره و تورم	بررسی اقتصادی طرح و نتیجه مطالعه
۱۳	وزارت نیرو (خارج از شبکه توزیع)	تعرفه‌های برق و مقررات فروش	بررسی قیمت انرژی از دست‌رفته

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

ادامه جدول ۱ : مرجع اطلاعات مورد استفاده در تهیه دک بهره‌برداری و مطالعات جایابی کلید و توسعه فیدر

ردیف	نام واحد ارائه‌دهنده اطلاعات	مرجع اطلاعات	موارد استفاده
۱٤	سازمان برنامه و بودجه (خارج از شبکه توزیع)	فهرست بها	تخمین هزینه اجرای طرح‌ها و محاسبات اقتصادی
۱۵	شرکت شهرک‌های صنعتی، شهرداری‌ها، سازمان صنعت و معدن، سازمان جهاد و کشاورزی، شرکت نفت و گاز و آب و پالایشگاها	پروانه‌های تجاری و صنعتی در حال ساخت، مشترکین بزرگ متقاضی برق	پیش‌بینی مقدار و مکان بارهای شبکه توزیع

جدول ۲: جزئیات اطلاعات مورد نیاز از بانک‌های اطلاعاتی جهت استفاده در مطالعات توسعه فیدر و جایابی کلید

ردیف	موارد استفاده	اطلاعات مورد نیاز
۱	بررسی، تحلیل بار شامل شناسایی تغییرات زمانی بار(پروفیل بار سالانه)، ضریب بار، ضریب توان، نوع بار، رشد بار، چگالی بار و غیره	۱-اطلاعات ثبات‌های موجود در شبکه شامل مکان، محدوده جغرافیایی تحت پوشش، شماره اشتراک مشترکین تحت پوشش، اطلاعات توان اکتیو، راکتیو، آمپر، ولتاژ ۲-اطلاعات دیماند، کنتورهای فهام، مکان و نوع فعالیت مشترکین دیماندی موجود در فیدرهای منتخب ۳-اطلاعات بیلینگ شامل شماره اشتراک، کد GIS، شماره تعرفه، میران دیماند، مقدار ولتاژ، میزان مصرف انرژی اکتیو و راکتیو دوره به دوره و زمان‌های قرائت قبلی و فعلی به تفکیک تعرفه طی ٦ سال اخیر
۲	تهیه اطلاعات پایه دک بهره‌برداری و برنامه‌ریزی جهت محاسبات پخش بار، اتصال کوتاه، قابلیت اطمینان و صحت‌سنجی محاسبات	۱-اطلاعات توان اکتیو، راکتیو، آمپر و ولتاژ کنتورهای بازار برق پست‌های فوق‌توزیع و اندازه‌گیرهای ابتدای فیدرهای فشار متوسط طی دو سال اخیر ۲-اطلاعات بارگذاری ترانسفورماتورهای عمومی و خصوصی شامل ظرفیت، کد GIS، آمپر، ولتاژ ۳-اطلاعات آمپر و ولتاژ اندازه‌گیری شده توسط ریکلوزرها و سکسیونرهای دارای تابلوی اندازه گیری در طول فیدر فشار متوسط، طی یک سال اخیر به همراه کد GIS و مختصات مکان جغرافیایی ٤-اطلاعات پخش‌باری و تایپ تجهیزات فیدرهای منتخب فشار متوسط موجود در GIS شامل پست‌های فوق‌توزیع، ترانسفورماتورهای فوق‌توزیع، خط هوایی و زمینی، پست‌های زمینی، ترانسفورماتور هوایی و زمینی، پایه، خازن، مقره، سکسیونر، سکشنالایزر، جداساز، کات اوت فیوز، ریکلوزر، خازن ۵-اطلاعات منابع تولید پراکنده متصل به شبکه به‌صورت آنلاین شامل نوع (دیزل، خورشیدی و غیره)، ظرفیت، تکنولوژی، فانکشن‌های حفاظتی نقطه PCC، توان اکتیو، راکتیو، ولتاژ

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

ادامه جدول ۲ : جزئیات اطلاعات مورد نیاز از بانک‌های اطلاعاتی جهت استفاده در مطالعات توسعه فیدر و جایابی کلید

ردیف	موارد استفاده	اطلاعات مورد نیاز
۳	محاسبات قابلیت اطمینان، بررسی،تحلیل و شناسایی اتفاقات شبکه	۱-اطلاعات خاموشی فیدرهای نمونه، شامل زمان خروج، زمان وصل، مدت خروج، نوع اشکال، علت اشکال، نوع خروج (اضطراری، طبق برنامه و غیره)، نوع کلید عمل‌کننده، نوع فانکشن حفاظتی عمل‌کننده، آدرس مکان اشکال و بار متاثر از خروج طی ٦ سال گذشته ۲-اطلاعات چک‌لیست‌های بازدید و تعمیرات پیشگیرانه تجهیزات شبکه، شامل مشخصات نامی، کد کالا، فضای نصب، آدرس (مختصات مکان جغرافیایی در صورت وجود)، نام فیدر، نام پست، تاریخ ساخت، تاریخ نصب، تاریخ بازدید، نوع عیب، اولویت عیب، تاریخ تعمیر، تاریخ تعویض، تاریخ شستشو یا سرویس و غیره طی حداقل ٦ سال گذشته ۳-نقشه‌های مانوری و کلیدزنی، اطلاعات عملیات مانور و سناریوهای مانوری در فیدرهای منتخب
٤	تحلیل هزینه فایده و محاسبات اقتصادی برای انواع روش‌های بهبود قابلیت‌اطمینان	۱-اطلاعات طرح‌های تفصیلی و جامع شهری، درخواست‌ها و متقاضیان جدید دیماندی دارای پروانه، طرح‌های توسعه، تقویت و بهینه‌سازی و کاهش تلفات در دست اقدام یا در حال برنامه‌ریزی ۲-نرخ خرید انرژی از بازار برق، نرخ تعرفه‌ها ۳-نرخ بهره، نرخ تورم ٤-فهرست‌بهای جاری
٥	بررسی وضعیت هماهنگی حفاظتی و حفاظت شبکه	۱-گزارشی از آمار اطلاعات عدم هماهنگی حفاظتی بین فیوز و رله بالا دست، ریکلوزر- ریکلوزر، ریکلوزر-رله و ... ۲-نقشه تک خطی پست فوق‌توزیع فیدرهای منتخب شامل سطح اتصال کوتاه شینه فشار متوسط پست، ظرفیت ترانسفورماتورها ۳-اطلاعات لاگ خطاهای شبکه در ریکلوزرها و رله‌های ابتدای فیدر، فایل تنظیمات فانکشن‌ها

٦-۲- اطلاعات و الزامات مورد نیاز برای تهیه مدل داده شبکه جهت استفاده در جایابی کلید

اطلاعات اصلی در تهیه مدل داده (مدل الکتریکی) شبکه در بانک اطلاعات GIS می‌باشد. برای استفاده از این بانک جهت تهیه مدل الکتریکی لازم است تبدیل به یک ساختار استاندارد گردد. ساختار استاندارد، نمایه‌ها (Profileهای)[۱] مبتنی بر مدل داده مشترک (CIM)[۲] می‌باشد. ساختارهای مورد تأیید یکی از ساختارهای ENTSO-E، CGMES، UCTE و CDPSM می‌باشد. لازم به‌ذکر است ساختار CDPSM در استاندارد IEC 61968-13 و IEC 61968-11 ارائه شده است. این ساختار در پیوست الف این دستورالعمل آورده شده است. علاوه بر مدل‌های ارائه شده مبتنی بر CIM، استفاده از مدل‌های مخصوص ارائه شده در نرم‌افزارهای PowerFactory، CYME و ETAP بلامانع است. استفاده از مدل‌های نرم‌افزارهای متن‌باز یا مدل‌های دیگر تنها با رعایت الزامات این بخش قابل قبول هستند.

[۱] با توجه به اینکه *CIM* برای اهداف مختلفی استفاده می‌شود، *Profile*های مخصوصی برای هر کاربرد تعریف می‌شود. این *Profile*ها بیانگر زیرمجموعه‌ای از یک مدل بوده که برای کاربردهایی که توسط پروفایل پوشش داده می‌شوند قابل استفاده هستند. در واقع پروفایل مجموعه‌ای از کلاس‌ها، مشخصه‌ها و ارتباطات *CIM* است که برای انجام کاربرد مربوطه ضروری هستند.

[۲] *Commen Information Model*

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

مدل‌ها باید از سه قسمت مختلف به شرح ذیل تشکیل گردند:

- داده‌های عنصر (element data)
- داده‌های نوع (type data)
- داده‌های گرافیکی (graphic data)

دو نوع اول به‌ترتیب ویژگی‌های اصلی و نحوه‌ی ارتباطات و خصوصیات مدل الکتریکی المان‌های شبکه را مشخص می‌کنند و نوع سوم شکل و محل قرارگیری آن‌ها را نشان می‌دهند. داده‌های نوع (Type) اطلاعات کارخانه‌ای تجهیزات را ذخیره می‌کند و داده‌های عنصر وضعیت بهره‌برداری و خصوصیات هر تجهیز را در بردارد. به‌عنوان مثال، مقاومت و راکتانس در واحد طول (ohm/km)، ویژگی‌های نوع یک کابل هستند. نوع کابل، طول کابل و وضعیت سرویس‌دهی کابل از ویژگی‌های عنصر کابل هستند.

در جدول ۳ و جدول ٤ حداقل اطلاعات مورد نیاز برای تهیه مدل داده شبکه با استفاده از مدل مفهومی GIS (دستورالعمل مدل مفهومی GIS صنعت توزیع برق) و حداقل اطلاعات نوع داده مخصوص محاسبات پخش بار آورده شده است.

جدول ۳: حداقل اطلاعات مورد نیاز برای ساخت مدل داده استاندارد شبکه

نام المان در مدل داده	نام المان یا لایه معادل در GIS	نوع المان از نظر ارتباطات در مدل داده	اطلاعات عنصر
ترمینال	مقره، سرکابل، مفصل	گره	ولتاژ
شینه	شینه فشار متوسط	گره	ولتاژ
خط	خط هوایی، خط زمینی، کابل خودنگهدار، کابل زمینی	خط (دوسر)	ولتاژ، طول، گره ابتدا و انتها، نوع تایپ
خط	جمپر	خط (دوسر)	ولتاژ، طول، گره ابتدا و انتها، نوع تایپ، وضعیت باز یا بسته بودن
ترانسفورماتور	ترانسفورماتور	خط (دوسر)	ولتاژ نامی اولیه، ولتاژ نامی ثانویه، گره ابتدا و انتها، نوع اتصال سیم‌پیچی، نوع تایپ
خازن	خازن	شنت (تک‌سر)	مقدار ظرفیت، ولتاژ نامی، تعداد پله‌ها، ظرفیت هر پله، گره ابتدا
بار مشترکین اولیه	مشترکین سنگین، MOF[1](تنها مشترکینی که مستقیما به ثانویه ترانسفورماتور متصل هستند یا بعد از تابلو اندازه‌گیری MOF قرار می‌گیرند.)	شنت (تک‌سر)	گره ابتدا، مدل بار

[1] *Metering Out fit Transformers*

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

ادامه جدول ۳ : حداقل اطلاعات مورد نیاز برای ساخت مدل داده استاندارد شبکه

نام المان در مدل داده	نام المان یا لایه معادل در GIS	نوع المان از نظر ارتباطات در مدل داده	اطلاعات عنصر
بار	ندارد–به‌صورت خودکار برای ثانویه ترانسفورماتورها درنظر گرفته می‌شود	شنت (تک‌سر)	گره ابتدا، مدل بار
کلید	سکسیونر، ریکلوزر، سکشنالایزر، دژنکتور، فیوز	خط (دوسر)	گره ابتدا و انتها، وضعیت باز یا بسته بودن، نوع تایپ، نوع عملکرد
اتوبوستر	اتوبوستر	خط (دوسر)	ولتاژ نامی اولیه، ولتاژ نامی ثانویه، گره ابتدا و انتها، حالت اتوماتیک یا دستی، نوع تایپ، ولتاژ نقطه کار اتوماتیک و محل اعمال (اولیه و ثانویه)
ترانسفورماتور فوق‌توزیع	ترانسفورماتور فوق‌توزیع	خط (دوسر)	ولتاژ نامی اولیه، ولتاژ نامی ثانویه، گره ابتدا و انتها، نوع تایپ
واحد تولید پراکنده	واحد تولید پراکنده	شنت (تک‌سر)	گره ابتدا، نوع واحد، ظرفیت نامی، ولتاژ نامی، نوع کنترل (توان راکتیو، ولتاژ)، تنظیم ولتاژ، نوع مدل دینامیکی، وضعیت سرویس
فیدر[1](المان الکتریکی نیست)	ابتدای فیدر	–	–
منبع	ندارد (می‌تواند المان ابتدای فیدر هم باشد)	شنت (تک‌سر)	ولتاژ نامی، گره ابتدا، حداقل توان اکتیو و راکتیو، ولتاژ تنظیمی، سطح اتصال کوتاه بیشینه و کمینه، نسبت r/x شبکه بالا دست، مقدار نسبت مولفه منفی به مثبت امپدانس بالا دست

جدول ٤: حداقل اطلاعات نوع تجهیزات

نام المان در مدل داده		اطلاعات تایپ مخصوص محاسبات پخش‌بار
خط	نوع هندسی[2]	در این حالت نوع هادی بکار رفته شامل مقاومت واحد طول در دمای مشخص، جریان نامی، آرایش هندسی فازهای خط هوایی در کراس‌آرم نسبت به سر تیر، قطر، ضریب دمایی مقاومت ویژه، بیشترین دمای عملکرد هادی‌های فاز، ترانسپوز شدن خط، هدایت زمین زیر خط بر طول مشخص می‌شود. سپس براساس مختصات فضایی قرارگیری هادی‌های فاز ماتریس امپدانس مشخصه خط محاسبه می‌گردد.
	نوع معمولی	جریان نامی، مقاومت واحد طول در دمای مشخص، ضریب دمایی مقاومت ویژه، راکتانس و سوسپنانس واحد طول
	کابل	مشخصات آرایش فضایی کابل و هادی‌های فاز، نوع زمین، ضریب هدایت گرمایی و الکتریکی زمین، عمق دفن، نوع عایق، مشخصات لایه‌های کابل به همراه قطر هر لایه، مقاومت واحد طول هادی مشخص می‌شود سپس جریان نامی تصحیح شده، مقاومت و راکتانس و سوسپتانس واحد طول محاسبه می‌گردد.

[1] منظور از فیدر عبارت است از یک شبکه پیوسته از تجهیزات، خطوط هوایی و زمینی که از ابتدای سرکابل متصل به کلیدهای خروجی فشار متوسط پست فوق توزیع شروع می‌شود و به ترانسفورماتوهای توزیع ختم می‌گردد.

[2] در این نوع مدل‌سازی محل قرارگیری فازهای خط در فضا به‌صورت مختصات مکانی مدل می‌شوند.

ادامه جدول ٤ : حداقل اطلاعات نوع تجهیزات

نام المان در مدل داده	اطلاعات تایپ مخصوص محاسبات پخش‌بار
ترانسفورماتور	تلفات آهنی، تلفات مسی، امپدانس درصد، درصد جریان بی‌باری، ظرفیت نامی، ولتاژ نامی اولیه و ثانویه، مشخصات تپ شامل محدوده تنظیم ولتاژ نامی، درصد دامنه تغییر ولتاژ، تعداد پله رو به بالا، تعداد پله رو به پایین
کلید	-
بار	مدل پیک بار، مدل تغییرات زمانی بار
خازن	-
واحد تولید پراکنده	منحنی محدودیت‌های عملکردی
اتوبوستر	محدوده تنظیم ولتاژ نامی، درصد دامنه تغییر ولتاژ، تعداد پله رو به بالا، تعداد پله رو به پایین، تلفات مسی، تلفات آهنی، درصد جریان بی‌باری، امپدانس درصد

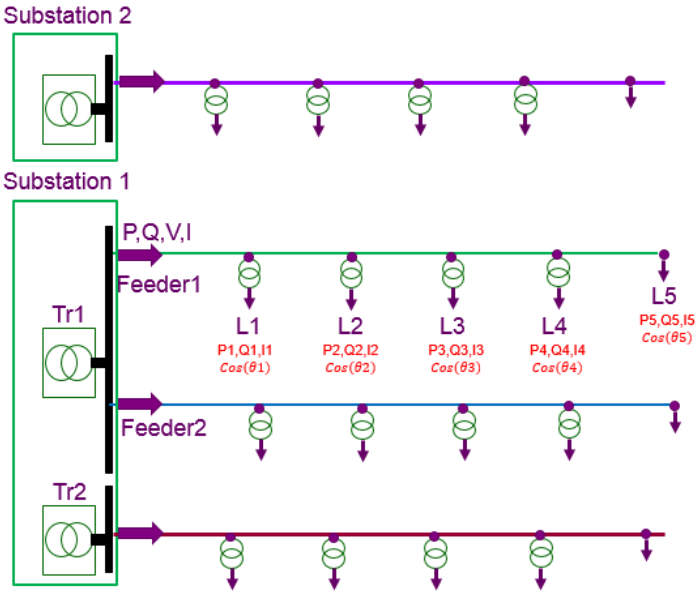
٦-۳- اطلاعات مورد نیاز برای مدل‌سازی بار شبکه فشار متوسط

در تهیه دک‌های برنامه‌ریزی و بهره‌برداری، بارهای شبکه فشار ضعیف به‌همراه تلفات خطوط فشار ضعیف به‌صورت مجتمع به ثانویه ترانسفورماتورهای توزیع عمومی و خصوصی یا مستقیما به شبکه فشار متوسط (مشترکین اولیه) متصل می‌گردند. به‌طور خلاصه نکات زیر در مدل‌سازی بار شبکه فشار متوسط باید رعایت گردد.

- مشخص شدن زمان بررسی طرح در سال‌های آتی (به‌عنوان مثال پیک بار سال افق، میان‌باری سال افق، کم‌باری سال افق)
- آمپر یا توان اکتیو مصرفی
- ضریب توان یا توان راکتیو مصرف
- ضرایب وابستگی ولتاژ مشترک بخصوص برای مشترکین دیماندی
- نوع مدل بار مشترک برای مشترکین بزرگ و صنعتی (موتوری، روشنایی)
- منحنی نوعی بار برای بررسی تلفات انرژی
- نوع مدل بار هارمونیکی برای مشترکین بزرگ صنعتی در صورت نیاز به بررسی کیفیت توان (مدل منبع جریانی، مدل امپدانس ثابت)
- توجه به وجود عملیات مانور موقت یا خاموشی (در زمان پیک بار و مبنای دک بهره‌برداری) و نقطه مانور و مقدار بار مانور شده در استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده در ابتدای فیدر

نکته اساسی در مدل‌سازی بار شبکه فشار متوسط در دک بهره‌برداری همزمانی بارهای محدوده مورد بررسی در نقطه کار مشخص است. این محدوده می‌تواند در سطح یک فیدر، چندین فیدر، یک پست یا چندین پست فوق‌توزیع باشد. برای روشن‌تر شدن موضوع در شکل ۲ یک شبکه فشار متوسط فرضی به‌همراه بارهای آن که تا سطح ثانویه (L1 الی L4) ترانسفورماتورهای توزیع یا اولیه (L5) مدل شده‌اند، نشان داده شده است. باتوجه

به شکل اطلاعات و الزامات مورد نیاز برای پارمتر بارهای شبکه به شرح جدول ۵ است. در استفاده از این جدول در حالت کلی به‌صورت زیر عمل گردد:



شکل ۲: شبکه فشار متوسط فرضی برای نمونه مدلسازی بار شبکه فشار متوسط

جدول ۵: پارامترهای مدل بار

ردیف	هدف از استفاده	پارامترها	توضیحات
۱	دک بهره‌برداری در پیک بار فیدر یک	در این حالت برای مدل‌سازی بار شبکه در حالت متقارن به مقادیر P، Q توان اکتیو و راکتیو بارهای یک فیدر در لحظه پیک بار آن نیاز است. در حالت نامتقارن از مقادیر Pa، Pb، Pc، Qa، Qb، Qc به ترتیب توان اکتیو و راکتیو فازهای a، b، c استفاده می‌شود.	۱- حداکثر تاخیر مجاز در همزمانی بارهای شبکه در این حالت با مقدار پیک بار فیدر ۶۰ دقیقه می‌باشد. ۲- درصورتی که امکان فراهم‌آوری اطلاعات بارها با تاخیر در همزمانی مجاز وجود نداشته باشد می‌توان از روش‌های تقریبی استفاده نمود. ۳- می‌توان بجای پارامترهای P,Q از زوج‌های I، $Cos(\theta)$ و یا P، $Cos(\theta)$ وابسته به مقادیر در دسترس نیز استفاده نمود. (برای تبدیل این مقادیر به‌یکدیگر می‌توان از مقدار ولتاژ نامی استفاده نمود.)
۲	دک بهره‌برداری در پیک بار همزمان فیدر یک و دو	در این حالت به پارامترهای بارهای فیدر یک و دو در لحظه پیک بار مجموع فیدرهای یک و دو نیاز است.	همانند شرایط ردیف یک می‌باشد.
۳	دک بهره‌برداری در پیک بار همزمان پست یک	در این حالت به پارامترهای بارهای فیدر یک در لحظه پیک بار مجموع فیدرهای پست یک نیاز است.	همانند شرایط ردیف یک می‌باشد.

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

ادامه جدول ۵ : پارامترهای مدل بار

ردیف	هدف از استفاده	پارامترها	توضیحات
٤	دک بهره‌برداری در پیک بار همزمان پست یک و دو	در این حالت به پارامترهای بارهای فیدر یک و دو در لحظه پیک بار مجموع فیدرهای پست یک و دو نیاز است.	همانند شرایط ردیف یک می‌باشد.
٥	دک برنامه‌ریزی در پیک بار	در این حالت علاوه بر اطلاعات بار دک بهره‌برداری در پیک بار به درصد رشد بار نقاط بار موجود در دک بهره‌برداری و مقدار بار نقاط جدید در افق مطالعاتی مورد نظر نیاز است.	رشد بار نقاط باید پیک بار همزمان را پیش‌بینی کند. لذا ابتدا بهتراست پیک بار همزمان پیش‌بینی شود و سپس رشد بار نقاط اعمال شود.
٦	انجام مطالعات پخش‌بار شبه‌دینامیکی	در این حالت علاوه بر اطلاعات دک بهره‌برداری در پیک بار به پروفیل بار مقیاس شده تمامی بارها با دقت یکسان در یک بازه زمانی (روزانه، ماهانه، سالانه) نیاز است	پروفیل بار می‌تواند به‌صورت پیوسته یا در چند سطح باشد.
۷	انجام مطالعات قابلیت اطمینان	در این حالت علاوه بر اطلاعات دک بهره‌برداری در پیک بار به اطلاعات منحنی تداوم بار همزمان شده در طول یک سال نیز نیاز است	۱-می‌توان از پروفیل بار یکساله نیز استفاده نمود. ۲-می‌توان بجای منحنی تداوم بار از مقدار بار متوسط نیز استفاده نمود. در این حالت به ضریب بار نیاز است.

٦-۳-۱- اطلاعات مورد نیاز برای مدل‌سازی تغییرات زمانی بار شبکه در طول سال

به‌منظور محاسبات قابلیت اطمینان، بررسی وضعیت شبکه در نقاط کاری مختلف و یا محاسبه تلفات نیاز است تقریب مناسبی از تغییرات زمانی بار شبکه فشار متوسط به‌دست آید. به‌منظور یکسان نمودن مدل تغییرات زمانی دردک بهره‌برداری باید مطابق جدول ٦ عمل گردد. در ادامه دستورالعمل به هر مدل با شماره آن اشاره می‌گردد.

جدول ٦: انواع مدل تغییرات زمانی بار

شماره مدل	نوع مدل تغییرات زمانی	پارامترهای مدل	کاربرد
۱	استفاده از ضریب متوسط بار (مدل تک سطحی بار)	متوسط بار شبکه مورد مطالعه (یک فیدر، چندین فیدر یا چند پست) با یک ضریب یکسان برای یکایک نقطه بارهای موجود در شبکه از بار پیک به بار متوسط تبدیل می‌شوند. این ضریب بین صفر تا یک می‌باشد و در بار پیک هر نقطه بار ضرب می‌گردد.	استفاده در پیش‌بینی قابلیت اطمینان
۲	استفاده از ضریب بار چند سطحی به همراه مدت تداوم مربوطه به‌صورت یکسان برای کل شبکه	در این حالت بار شبکه با ضریب‌های یکسان برای هر نقطه بار به یک سطح بار (s_i) تبدیل می‌گردد. علاوه بر سطح بار عددی مبنی بر مدت تداوم آن سطح یا احتمال وقوع آن سطح در طول سال (t_i) ذکر می‌گردد، به‌طوریکه $s_i \leq 1$ و $\sum t_i = 1$. با ضرب s_i در پیک بار هر نقطه مقدار بار هر نقطه در سطح i مشخص می‌گردد.	استفاده در پیش‌بینی قابلیت اطمینان و محاسبات تلفات انرژی

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

ادامه جدول ٦ : انواع مدل تغییرات زمانی بار

شماره مدل	نوع مدل تغییرات زمانی	پارامترهای مدل	کاربرد
۳	استفاده از منحنی بار پریونیت شده برای هر نقطه بار در طول سال	در این حالت به هر نقطه بار (L) یک منحنی بار (C_L) منتسب می‌گردد. در این حالت باید برای تمام نقاط بار شرط $Max(C_L) = 1$ صادق باشد و همچنین بازه‌های زمانی در تمام منحنی‌ها باید یکسان باشد. به عنوان مثال در تمام منحنی‌ها بازه‌ی زمانی یک ساعته باشد.	استفاده در پیش‌بینی قابلیت اطمینان و محاسبات تلفات انرژی

مهمترین نکته در مدل‌سازی تغییرات زمانی بار همزمان بودن اطلاعات در مجموعه فیدر و یا پست‌های مورد بررسی است. در جدول ۷ اطلاعات مورد نیاز و روش استفاده از این اطلاعات برای دستیابی به مدل‌های تغییرات زمانی بار ذکر شده است.

جدول ۷: اطلاعات مورد نیاز برای مدل‌سازی تغییرات زمانی بار

شماره مدل	اطلاعات مورد نیاز	بانک اطلاعاتی	روش استفاده	خروجی مورد انتظار
۱	اطلاعات اندازه‌گیرهای ابتدای فیدر	بانک اطلاعات اندازه‌گیرهای ابتدای فیدر (سامانه سنجش و پایش انرژی مدیریت شبکه برق ایران)	برای تمامی فیدرهای شبکه مورد مطالعه منحنی بار فیدر در طول سال با بازه‌های زمانی یکسان (معمولا یک‌ساعته) استخراج می‌گردد. سپس تمامی منحنی‌ها پردازش می‌گردند. ممکن است به‌دلیل وجود خاموشی یا عملیات مانور مقدار بار ابتدای بعضی از فیدرها صفر بوده یا به‌طور ناگهانی جهش داشته باشد، که قبل از استفاده باید اصلاح گردد. بعد از استخراج و اصلاح منحنی‌های بار، تمام منحنی‌های بار باهم جمع شده و نسبت مقدار متوسط منحنی حاصل به مقدار پیک به‌عنوان ضریب متوسط بار لحاظ می‌گردد.	ضریب متوسط بار مجموعه بارهای شبکه
۲			همانند اقدامات مدل یک بعد از محاسبه منحنی بار مجموع فیدرها، منحنی تداومی بار مجموع محاسبه می‌گردد و به تعداد سطوح مورد نیاز به‌صورت پله‌ای تقریب زده می‌شود. نسبت بار هر سطح به پیک بار به‌عنوان ضریب سطح s_i و مقدار طول پله به نسبت کل زمان منحنی تداوم بار برابر با احتمال وقوع آن t_i است.	جدول ضریب سطح و احتمال وقوع سطح
۳	اطلاعات اندازه‌گیری کنتورهای فهام (مرجع)، اطلاعات اندازه‌گیرهای ثبات	بانک سامانه فهام، بانک مطالعات بار	در این روش از دو طریق می‌توان منحنی‌های بار را به‌دست آورد: ۱-استفاده مستقیم از اندازه‌گیرهای فهام (در خصوص داده‌های ثبت نشده که ممکن است به علت خاموشی کنتور یا موارد دیگر باشد لازم است داده‌ها تصحیح گردد) ۲-استفاده از نتایج مطالعات بار و استفاده از منحنی‌های نوعی بار برای هر نقطه بار	منحنی‌های بار همزمان شده در طول سال برای هر نقطه بار

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

٦-٣-٢- اطلاعات مورد نیاز برای پیش‌بینی بار شبکه

برای تهیه دک برنامه‌ریزی نیاز به مقدار بار شبکه در سال افق و نقاط بار جدید وجود دارد. به این منظور لازم است درصد رشد بار شبکه برای نقاط بار مختلف شناسایی شود که اطلاعات زیر مورد نیاز است:

- میزان بار گذشته نقاط بار (اطلاعات تاریخی مربوط به نقاط بار)
- اطلاعات بار مناطق مشابه: از این اطلاعات می‌توان پیش‌بینی نقاط بار جدید مشابه نقاط بار موجود را در دستور کار قرار داد.
- نوع مشترکین
- درخواست انشعابات ثبت شده در شرکت توزیع
- طرح‌های توسعه شهری
- پروانه‌های صنعتی و ساختمانی صادر شده در مناطق مختلف.

٦-٤- دک برنامه‌ریزی

دک برنامه‌ریزی براساس دک بهره‌برداری تهیه می‌گردد. لذا بعد از تهیه دک بهره‌برداری اقدامات زیر برای تهیه‌ی دک برنامه‌ریزی انجام شود.

۱- تعیین سال افق برنامه‌ریزی و تعیین میزان رشد بار نقاط بار موجود در افق زمانی

۲- اعمال رشد بار نقاط موجود

۳- تعیین مکان نقاط بار در حال پیدایش در افق زمانی برنامه‌ریزی

٤- ایجاد نقاط بار جدید در دک بهره‌برداری

٥- تعیین مدل و مقدار بار نقاط جدید

٦- بروزرسانی توپولوژی شبکه موجود در سال افق بر اساس طرح‌های در دست اجرای شرکت توزیع تا سال افق:

- پیاده کردن طرح‌های در دست احداث تا سال افق در دک. این طرح‌ها شامل تصمیمات اتخاذ شده توسط شرکت برای اجرا تا سال افق برنامه‌ریزی است. به طور مثال بکارگیری بانک خازنی و رگولاتور ولتاژ در نقاطی از شبکه، نصب انواع کلید و تجهیزات حفاظتی در شبکه، نصب واحدهای تولید پراکنده در شبکه، احداث پست فوق‌توزیع، احداث فیدر/ تکه فیدر و ... . المان‌های جدید باید به صورت دقیق در مکان مشخص به دک اضافه شده و مشخصات آن‌ها به صورت کامل وارد شوند.

- اجرای تغییرات برنامه‌ریزی شده در شبکه تا سال افق، به طور مثال حذف المانی از شبکه، حذف نقطه بار، جایگزینی تجهیزات با تجهیزات جدید، تغییر مکان و نوع کلیدهای موجود و سایر تغییرات. در اجرای این تغییرات باید تغییرات دقیق و مشخصات دقیق تجهیزات تغییر یافته در دک پیاده‌سازی شوند.

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

۷-مطالعات جایابی کلید

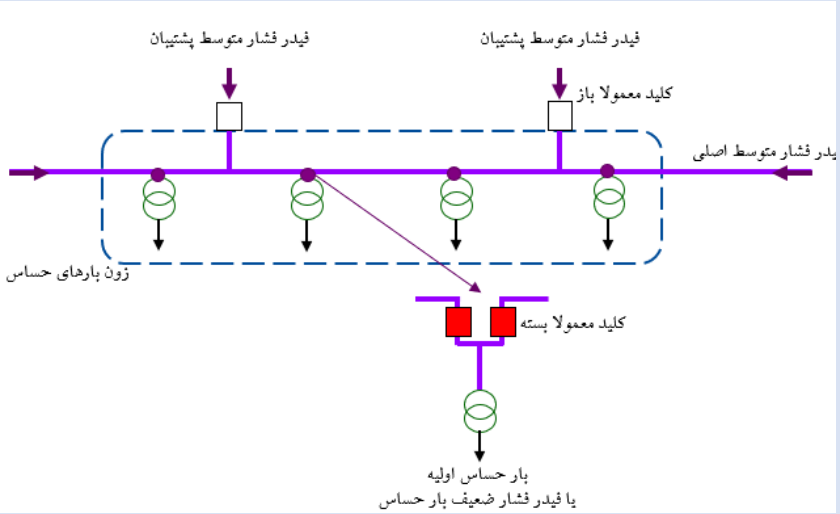
۷-۱-فلسفه جانمایی نقاط مانوری شبکه

فلسفه جانمایی نقاط مانوری درواقع تعیین سطح قابلیت اطمینان مورد نیاز برای بارهای شبکه در طول فیدرهای فشار متوسط است به‌طوری‌که با قراردادن نقاط مانور از نوع *NO* و *NC* در طول فیدر و تعیین حداقل تعداد و نوع آن‌ها، تعیین ظرفیت‌های رزرو فیدر اصلی و پشتیبان، تعیین تعداد ارتباطات یک فیدر با دیگر فیدرها، تعیین تعداد فیدرهای پشتیبان یک زون، تعیین سطح موردنظر از قابلیت اطمینان بار به دست آید.

۷-۲-سطح قابلیت اطمینان بارها

در تعیین فلسفه جانمایی نقاط مانور توجه به نوع بارها و سطح قابلیت اطمینان برای هر بار از موارد اساسی می‌باشد. بدین منظور برای تعیین حداقل سطح قابلیت اطمینان برای بارهای شبکه توزیع در زمان طراحی شبکه و تعیین نقاط مانور توصیه می‌شود حداقل سطوح قابلیت اطمینان جدول ۸ رعایت گردد. در جدول ۸ بارهای مختلف شبکه توزیع ازنظر اهمیت تقسیم‌بندی شده و سطح قابلیت اطمینان و حداقل تعداد کلیدها و شرایط ظرفیت رزرو فیدرهای پشتیبان برای هر یک از انواع بارها پیشنهاد شده است. در زون‌هایی که چندین نوع بار وجود دارد، بار با اولویت بالاتر برای تعیین سطح قابلیت اطمینان انتخاب گردد.

جدول ۸: بارها و سطح قابلیت اطمینان پیشنهادی و حداقل تعداد کلیدهای مورد نیاز

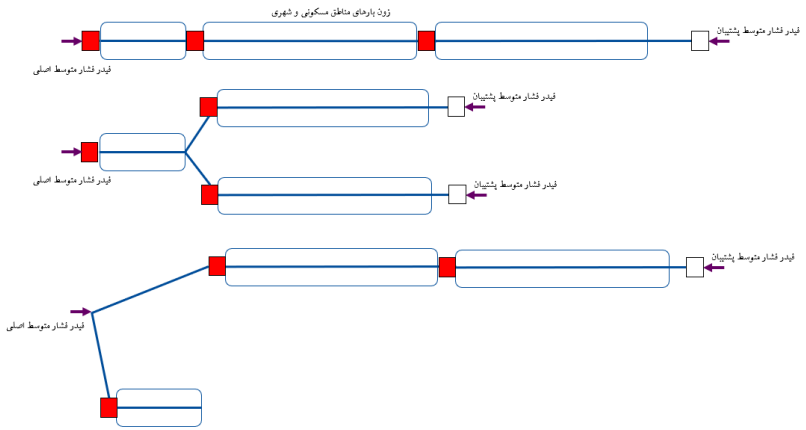
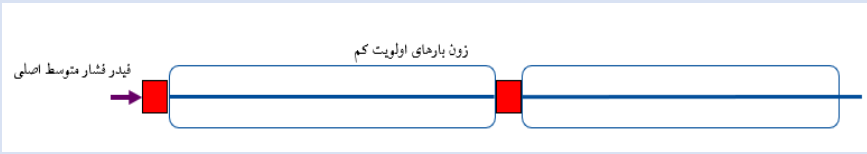
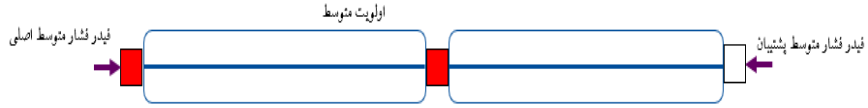
نوع بار		سطح قابلیت اطمینان و حداقل تعداد کلیدها	نمونه شرایط کلید گذاری[۱]
حساس	شامل مراکز درمانی بزرگ، تأسیسات آب و فاضلاب، مراکز حساس کنترل شبکه برق، مراکز نظامی و مراکز حیاتی که باعث انهدام کل یا بروز بحران و صدمات جدی و مخاطره‌آمیز با سطح تأثیرگذاری سراسری گردد.	معیار *n-1* برای بارهای حساس براورده شود، تعداد فیدرهای پشتیبان برای هر زون از بارهای حساس دو مورد با حداقل ظرفیت رزرو به‌اندازه مجموع بار زون حساس باشد.	

[۱] در این دستورالعمل منظور از بلوک‌های سفیدرنگ، کلیدهای معمولاً باز و منظور از بلوک‌های قرمز رنگ کلیدهای معمولاً بسته می‌باشد.

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

ادامه جدول ۸ : بارها و سطح قابلیت اطمینان پیشنهادی و حداقل تعداد کلیدهای مورد نیاز

نوع بار		سطح قابلیت اطمینان و حداقل تعداد کلیدها	نمونه شرایط کلید گذاری[۱]
مناطق مسکونی و تجاری شهری	بارهای مناطق مسکونی و شهری و بارهای مراکز صنعتی و مراکز دولتی نیمه حساس ازاین‌دست می باشد.	معیار *n-1* اصلاح‌شده برقرار باشد و حداقل ۳ نقطه مانوری از نوع *NC* در طول فیدر وجود داشته باشد. کلیدها قابلیت قطع و وصل جریان بار را داشته باشند.	
اولویت کم	بارهای مسکونی روستایی و روستایی کشاورزی ازاین‌دست می‌باشد.	حداقل ۲ نقطه مانوری از نوع *NC* در طول فیدر وجود داشته باشد. کلیدها قابلیت قطع و وصل جریان بار را داشته باشند.	
اولویت متوسط	بارهای کشاورزی و صنعتی معمولی جزو این گروه هستند.	معیار *n-1* اصلاح‌شده برقرار باشد و حداقل ۲ نقطه مانوری از نوع *NC* باقابلیت قطع و وصل جریان بار در طول فیدر وجود داشته باشد.	

[۱] در این دستورالعمل منظور از بلوک‌های سفیدرنگ، کلیدهای معمولاً باز و منظور از بلوک‌های قرمز رنگ کلیدهای معمولاً بسته می‌باشد.

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

۷-۳-الزامات کلید گذاری

در تعیین نقاط مانور علاوه بر رعایت کلیه ضوابط و قیود دستورالعمل‌های مرتبط، باید موارد ذیل لحاظ گردد.

۱-در جایگذاری کلیدها، الزامات و فلسفه حفاظت شبکه توزیع طبق "دستورالعمل فنی حفاظت الکتریکی شبکه توزیع برق" تدوین شده در دفتر مهندسی و راهبری شرکت توانیر، رعایت شود.

۲-هر فیدر شهری به فیدر پست‌های دیگر حداقل یک نقطه مانور داشته باشد.

۳-هر پست حداقل به‌اندازه ظرفیت یک فیدر خود با پست مجاور مانور داشته باشد.

٤-تعداد نقاط مانور (کلیدهای NO) بین دو فیدر از ۳ نقطه بیشتر نباشد. ایجاد نقاط NO بیشتر باید از نظر پیچیدگی بهره‌برداری بررسی گردند و هماهنگی معاونت بهره‌برداری و دیسپاچینگ باید صورت گیرد.

۵-در ابتدای انشعابات طولانی[۱] یک کلید با قابلیت حفاظت قرار گیرد.

٦-ابتدا و انتهای هر یک از قسمت‌های فیدر با تعداد وقوع خطای بیش از ۳ مورد در سال و یا مناطق صعب‌العبور با متوسط زمان دستیابی بیش از یک ساعت کلید قرار گیرد.

۷-تا حد امکان از قرار دادن کلیدها در مکان‌های صعب‌العبور و با دسترسی زمان‌بر جلوگیری شود.

۷-٤- تعریف مسأله جایابی کلید و تعیین اهداف

به‌طورکلی اهداف فنی که باید در جایابی کلیدها مدنظر قرار بگیرد به شرح ذیل است:

-بازیابی بار و بهبود قابلیت اطمینان شبکه

بازیابی بار در شرایط اضطراری مانند وقوع خطا بکار می‌رود تا کلیدها به‌گونه‌ای باز و یا بسته شوند که ناحیه خطا را جداسازی و بار سایر قسمت‌ها را درصورت امکان وصل نماید. مکان و آرایش فیدرها (حالت دائمی وضعیت باز یا بسته بودن کلیدها) باید به‌گونه‌ای برنامه‌ریزی و کنترل گردد تا کمترین زمان بازیابی، بیشترین مقدار بار بازیابی شده و کمترین تعداد عملکرد کلیدها را به همراه داشته باشد[۱].

-تعادل بار

جایابی مناسب کلیدها در شبکه درواقع تعیین‌کننده ساختار بهینه شعاعی است که بار میان فیدرها و ترانسفورماتورها متعادل گردد. جایگذاری بهینه کلیدها در شبکه، انتقال مناسب بارها را از فیدرهای پربار و یا ترانسفورماتورهای دارای اضافه بار به فیدرهای کم‌بار امکان‌پذیر می‌سازد؛ به‌گونه‌ای که بیشترین بازدهی در این انتقال بار حاصل آید[۲].

[۱] منظور انشعاباتی است که زمان رسیدن از ابتدای انشعاب به انتهای آن با وسیله‌ی نقلیه متعارف بیش از ۵ دقیقه باشد.

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

-کاهش تلفات

کاهش تلفات یکی از اهداف در جایابی کلیدها و بازآرایی شبکه محسوب می‌گردد. تلفات در شبکه تابع عوامل مختلفی مانند عدم تعادل بار، افت ولتاژ و طولانی بودن خطوط توزیع است.

-بهبود پروفیل ولتاژ

به‌طور طبیعی ولتاژ در طول هر فیدر افت پیدا می‌کند. برای حفظ ولتاژ در محدوده مجاز در نقاط مختلف فیدر استراتژی‌های کنترلی مختلفی استفاده می‌شود. این استراتژی‌ها شامل استفاده از رگولاتورهای ولتاژ، و یا جبران توان راکتیو می‌باشد. با بازآرایی بهینه فیدرها توپولوژی شبکه به‌گونه‌ای تغییر پیدا می‌کند که شارش توان و جهت آن از اضافه بار و درنتیجه کاهش ولتاژ در طول فیدر جلوگیری نماید.

۷-۵-انواع مطالعات جایابی کلید

با توجه به نوع نیاز در طرح‌های پیش‌روی شرکت‌های توزیع، یکی از حالات جدول ۹ برای انجام مطالعات جایابی کلید باید انتخاب گردد. در ردیف یک از این جدول وضعیت باز یا بسته بودن کلیدهای NO و NC شبکه موجود باتوجه به تغییرات زمانی بار با اهداف اصلی بهبود پروفیل ولتاژ، مدیریت بار و افزایش قابلیت اطمینان انجام می‌گیرد. از آنجایی که در این مطالعه (تغییر آرایش شبکه) منجر به انتخاب مکان کلیدهای NO از بین کلیدهای موجود می‌گردد می‌توان این مطالعه را مکان‌یابی کلیدهای NO در بین نقاط کلیدهای شبکه نیز درنظر گرفت.

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

جدول ۹:حالات مختلف مطالعات جایابی کلید وابسته به نوع نیاز

حالت	نوع مطالعه جایابی کلید	طرح‌های مرتبط	شرایط بررسی	مکان کلیدهای *NO*	مکان کلیدهای *NC*	قابلیت کلیدهای موجود	قابلیت کلیدهای جدید	اهداف مورد بررسی
۱	بهینه‌سازی وضعیت کلیدهای معمولاً باز و بسته شبکه موجود (تغییر آرایش شبکه)	کاهش تلفات، مدیریت بار، افزایش قدرت مانور	با توجه به تغییرات زمانی بار به‌منظور حفظ تعادل بار بین فیدرها و کاهش تلفات (بهبود پروفیل ولتاژ) حداقل یکبار در سال	✓	✓	–	–	کاهش تلفات(بهبود پروفیل ولتاژ)، مدیریت بار فیدرها، کاهش خاموشی
۲	بهینه‌سازی مکان کلیدهای شبکه موجود	افزایش قدرت مانور، بهینه‌سازی و توسعه فیدر، کاهش خاموشی و افزایش قابلیت اطمینان	هرسال برای پیک بار سال آتی- به‌منظور استفاده بهینه از کلیدهای موجود	✓	✓	فقط کلیدهای با قابلیت قطع و وصل جریان بار و حفاظت موردبررسی مجدد قرار گیرند.	–	کاهش انرژی توزیع نشده
۳	بهینه‌سازی همزمان مکان کلیدهای موجود و کلیدهای جدید	افزایش قدرت مانور، بهینه‌سازی و توسعه فیدر	هرسال تا حداکثر افق پنج ساله	✓	✓	فقط کلیدهای با قابلیت قطع و وصل جریان بار و مورد بررسی مجدد قرار گیرند.	فقط کلیدهای با قابلیت قطع و وصل جریان بار و حفاظت مورد جایابی قرار گیرند.	کاهش تلفات(بهبود پروفیل ولتاژ) و کاهش انرژی توزیع نشده
٤	بهینه‌سازی برای برنامه‌ریزی نقاط اتوماسیون	طرح جامع اتوماسیون	هر سال تا حداکثر افق پنج ساله	✓	✓	فقط کلیدهای با قابلیت اتوماسیون مورد بررسی مجدد قرار گیرند.	فقط کلیدهای با قابلیت اتوماسیون اضافه شوند.	کاهش تلفات و کاهش انرژی توزیع نشده

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

۷-٦- پارامترهای تأثیرگذار در جایابی کلید

پارامترهای تأثیرگذار در جایابی کلید عبارت‌اند از:

- هزینه سرمایه‌گذاری و تعمیر و نگهداری
- حداکثر بودجه تخصیص داده‌شده
- وضعیت فعلی شبکه شامل آرایش، تعداد و نوع کلیدهای موجود در شبکه و توپولوژی شبکه
- تأثیر پیاده‌سازی بستر اتوماسیون و کنترل از راه دور
- منافع ناشی از بهبود قابلیت اطمینان
- اولویت بارها ازنقطه‌نظر قابلیت اطمینان
- رشد بار
- عدم قطعیت در بار پیش‌بینی‌شده
- قیود بهره‌برداری و الزامات فنی شبکه
- محدودیت‌های جغرافیایی محل احداث
- محدودیت‌های اجتماعی و اقتصادی

۷-۷- روش انجام جایابی کلید سطح اول

در این سطح از مطالعات جایابی کلید بدون بهره‌گیری از محاسبات پخش بار با دیدگاه سرانگشتی و با استفاده از توپولوژی شبکه و مقدار بار گره‌های شبکه انجام می‌شود. در این سطح تمرکز روی جایابی کلیدهای دارای قابلیت اتوماسیون می‌باشد.

۷-۷-۱-توجه ویژه به جایابی نقاط مانور دارای قابلیت اتوماسیون

ازآنجایی‌که طراحی و برنامه‌ریزی سیستم اتوماسیون برای شبکه‌ی توزیع وابسته به برنامه‌ریزی‌های کلان شرکت توزیع می‌باشد، برای جایابی نقاط اتوماسیون به موارد متعددی از قبیل برنامه‌ریزی توسعه شبکه، برنامه‌ریزی تعمیرات و نگهداری، برنامه‌ریزی بهره‌برداری، مدیریت دارایی و خاموشی‌ها و برنامه‌ریزی حفاظت و اتوماسیون شبکه باید توجه نمود. لذا توجه به برنامه‌ریزی‌ها، فنّاوری‌ها و پروتکل‌های مرتبط، بر طراحی بهینه و کارآمد سیستم اتوماسیون تأثیرگذار بوده و درنتیجه انتخاب نقاط اتوماسیون شبکه را تغییر می‌دهد. بعضی از این موارد در شکل ۳ نشان داده‌شده است. با توجه به این موضوع گام‌های مهمی که برای انتخاب نقاط اتوماسیون باید انجام شود در شکل ٤ نشان داده‌شده است، در ادامه نحوه انجام گام‌های شکل ٤ و تعیین مختصات نقاط جدید و شاخص جدید اتوماسیون تشریح می‌گردد.

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

شکل ۳: موارد کلان تأثیرگذار در انتخاب نقاط اتوماسیون

۱-بررسی پوشش مخابراتی و حذف نواحی و یا فیدرهایی که در طرح مخابراتی در برنامه‌ریزی فعلی قابلیت کنترل از راه دور ندارند و تحت پوشش مخابراتی قرارنمی‌گیرند

↓

۲-بررسی خاموشی‌های شبکه و تفکیک خاموشی‌ها به خاموشی‌های قابل کاهش با PM، نوسازی و بهسازی شبکه فرسوده و دیگر خاموشی‌ها

↓

۳-تهیه توپولوژی شبکه فشار متوسط از GIS به همراه ظرفیت خطوط و بارهای شبکه (تعیین بارهای شبکه با استفاده ترکیبی از بارگیری‌ها و مقادیر اندازه‌گیری شده ابتدای فیدر)

↓

٤-دریافت و اعمال برنامه‌های محتمل بهسازی (نوسازی شبکه)، بهبود ضعف ولتاژ، کاهش تلفات و توسعه فیدر در سطح فشار متوسط شرکت برای سال آتی و بروزرسانی توپولوژی شبکه

↓

٥-ساخت جدول ارتباطات (گراف ارتباطات ساده شده شبکه) به تفکیک فیدرها و پست‌ها

↓

٦-اولویت‌بندی فیدرها برای ایجاد نقاط جدید اتوماسیون روی آن‌ها از نظر شاخص‌های همبندی (تعداد ارتباطات با دیگر فیدرها)، درصد قدرت قابل انتقال به فیدرهای مجاور، مقدار انرژی توزیع نشده، تعداد و مدت متوسط خاموشی ناشی از اتفاقات تصادفی در فیدر، میزان بار و اولویت بار هر فیدر

↓

۷-اعمال طرح‌های ۱.۵، ۲ ، ۲.۵، ۳ کلید برای فیدرهای با اولویت بالا و محاسبه مختصات جغرافیایی نقاط اتوماسیون با درنظر گرفتن پوشش مخابراتی

↓

۸-تصمیم‌گیری نهایی برای نقاط اتوماسیون و تعداد کلیدها

شکل ٤:خلاصه گام‌های اساسی برای محاسبه مختصات نقاط اتوماسیون شبکه

۷-۷-۲-گام یک بررسی پوشش مخابراتی

بستر مخابراتی اتوماسیون شرکت توزیع شامل خطوط تلفن، فیبر نوری، امواج رادیویی، ماکروویو و شبکه سلولی رادیویی می‌باشد. قبل از انجام جایابی کلیدهای اتوماسیون باید نقشه جغرافیایی پهنه‌های دسترس‌پذیری

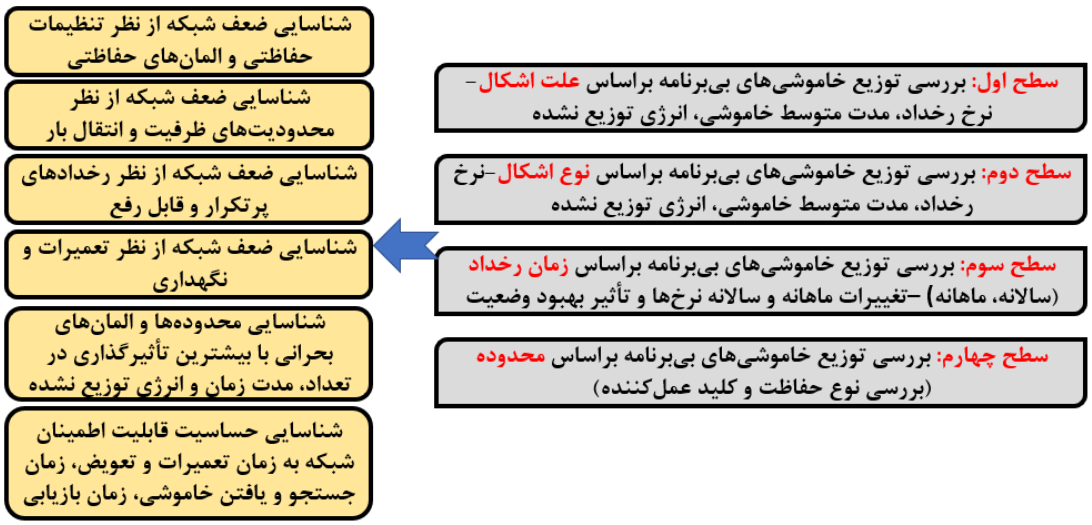
بستر مخابرات اتوماسیون شبکه تهیه شود و با مقایسه این نقشه با نقشه GIS فیدرهای فشار متوسط مناطقی که خارج از دسترس بستر مخابرات اتوماسیون شبکه هستند، شناسایی شوند. از به‌کارگیری کلیدهای اتوماسیون در این مناطق باید اجتناب نمود.

۷-۷-۳-گام دوم بررسی خاموشی‌های شبکه

راهکارهای بهبود قابلیت اطمینان شبکه به دو دسته تقسیم می‌شوند. ۱- راهکارهایی که به دنبال کاهش تعداد دفعات وقوع خاموشی‌ها در سیستم هستند (کاهش شاخص λ برای نقاط بار) و ۲- راهکارهایی که کاهش مدت تداوم خاموشی مشترکین را دنبال می‌کند (کاهش شاخص r برای نقاط بار).

برای کاهش تعداد وقوع خاموشی‌های مشترکین دو رویکرد کلی وجود دارد: یا می‌بایست اقداماتی انجام داد تا فیدر کمتر با خطا مواجه شود و یا اینکه در هنگام وقوع خطا در یک نقطه از فیدر، تعداد و مدت زمان مشترکینی که از آن تأثیر می‌پذیرند را محدود نمود. ایجاد نقاط اتوماسیون در شبکه جزء رویکرد دوم می‌باشد. قبل از ایجاد نقاط اتوماسیون باید راهکارهای رویکرد اول (مانند اقداماتی نظیر عملیات مناسب سرویس و نگهداری و تعویض شبکه فرسوده) انجام شود. لذا لازم است قبل از اولویت‌بندی فیدرها و انتخاب نقاط اتوماسیون خاموشی‌های فیدرهای شبکه شناسایی گردیده و خاموشی‌هایی که با راهکارهای دیگر قابل جبران نیستند برای اولویت‌بندی فیدرها استفاده گردند.

لذا در این گام باید خاموشی‌های شبکه در چهار سطح بررسی شوند. در شکل ۵ سطوح مختلف بررسی و نتایج قابل استنتاج از بررسی‌ها نشان داده شده است.



شکل ۵:شناسایی و تفکیک خاموشی‌های شبکه

۷-۷-٤-گام‌های سوم، چهارم و پنجم (ساخت توپولوژی شبکه و گراف ارتباطات)

در گام سوم ابتدا کل اطلاعات شبکه ازنظر توپولوژی و ارتباطات در سطح فشار متوسط از نرم‌افزار GIS دریافت شده و برنامه‌های توسعه و بهسازی شبکه ازنظر بهسازی شبکه فرسوده، ضعف ولتاژ، کاهش تلفات،

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

توسعه شهری و روستایی به این توپولوژی اضافه یا اصلاح می‌گردد.[1] به‌عنوان مثال سطح مقطع و یا نوع هادی تغییر می‌کند، مداری یا مسیری اضافه می‌گردد.

بعد از اعمال تغییرات فوق‌الذکر ماتریس‌های توپولوژی ساخته می‌شود. منظور از ماتریس‌های توپولوژی ماتریس‌های شاخه و نقاط (گره) شبکه می‌باشد.[2] ساختار ماتریس‌های توپولوژی شبکه مطابق جدول ۱۰ و جدول ۱۱ است. در مورد ساخت ماتریس ارتباط علاوه بر کد نقاط ابتدا و انتهای هر شاخه باید نوع شاخه نیز مشخص گردد. نوع شاخه می‌تواند یک هادی هوایی یا زمینی یا یک کلید باشد. در مورد هادی‌های هوایی و زمینی نوع آن‌ها و در مورد کلیدها نوع کلید ازنظر قابلیت اتوماسیون ثبت می‌گردد. در مورد نقاط، مقدار بار متصل به هر نقطه و اولویت آن باید مشخص گردد.

بارهای شبکه (نقاط بار همان نقاط ترانسفورماتورهای توزیع می‌باشد) می‌تواند به پنج دسته شهری، روستایی، کشاورزی، صنعتی و بار خاص تقسیم گردند. امتیازدهی به بارها بر اساس اولویت‌های تعیین‌شده همانند جدول ۱۲ می‌باشد. در اینجا اهمیت بارها با اعداد ۱ الی ٤ مشخص شده‌اند. این اعداد پیشنهادی بوده و هر شرکت توزیع می‌تواند وابسته به اهمیت بارهای خود وزندهی متفاوتی داشته باشد.

جدول ۱۰: ماتریس ارتباطات

کد نقطه ابتدا	کد نقطه انتها	نوع شاخه
I	J	_

جدول ۱۱: ماتریس مشخصات نقاط

کد نقطه	مقدار بار ترانس	مقدار اولویت
I	*KW*	_

جدول ۱۲: اولویت بارها

شهری	روستایی	کشاورزی	صنعتی	بار خاص
۲	۱	۱,۵	۱,۵	٤

بعد از تهیه ماتریس‌های توپولوژی شبکه با استفاده از این ماتریس‌ها، جدول ۱۳ و جدول ۱٤ تشکیل می‌گردد. در تهیه جدول ۱۳ ارتباطات یک فیدر با فیدر دیگر تنها وقتی‌که از طریق کلید اتوماسیون انجام می‌شود باید ثبت گردد. در تهیه این جداول از معیار n-1 اصلاح‌شده برای محاسبه ماکزیمم بار قابل‌انتقال و خاموشی استفاده می‌گردد.

جدول ۱۳: جدول ارتباطات فیدر

نام پست اول	نام فیدر اول	نام پست دوم	نام فیدر دوم
پست *I*	فیدر *M*	پست *J*	فیدر *N*

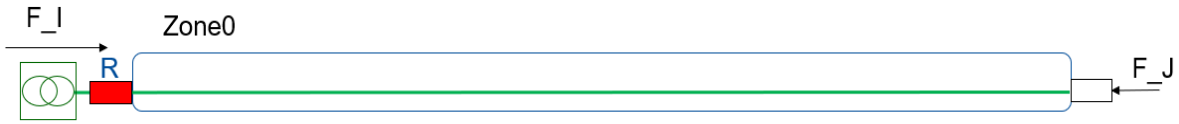
[1] این برنامه‌ها در واحد مطالعات به‌صورت دستی یا از طریق ساخت دک برنامه‌ریزی ایجاد می‌شود و در این قسمت مورد استفاده قرار می‌گیرد.
[2] ساخت این ماتریس‌ها باید توسط یک برنامه کاربردی انجام گیرد.

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

جدول ١٤: جدول ماکزیمم خاموشی طبق معیار *n-1*

نام فیدر	ماکزیمم درصد بار خاموش شده در صورت وقوع یک خطا	ماکزیمم درصد بار قابل‌انتقال
فیدر ***M***	*EP*	*TL*

به‌عنوان مثال در شکل ٦ فیدر F_I تنها از طریق یک کلید اتوماسیون به فیدر F_J متصل است و در کل فیدر به‌غیراز کلید حفاظتی ابتدای فیدر هیچ کلید اتوماسیون دیگری وجود ندارد. در این صورت کل فیدر در یک Zone قرار می‌گیرد و درصورت وقوع خطا در این Zone کل بار فیدر قطع می‌گردد. بنابراین طبق معیار n-1 ماکزیمم بار خاموش شده در صورت وقوع یک خطا در این فیدر برابر با ۱۰۰ درصد می‌باشد. ازآنجایی‌که این فیدر از طریق فیدر F_J امکان انتقال بار را ندارد درصد انتقال بار صفر می‌باشد، لذا جدول ۱۳ برای این فیدر سطری ندارد.



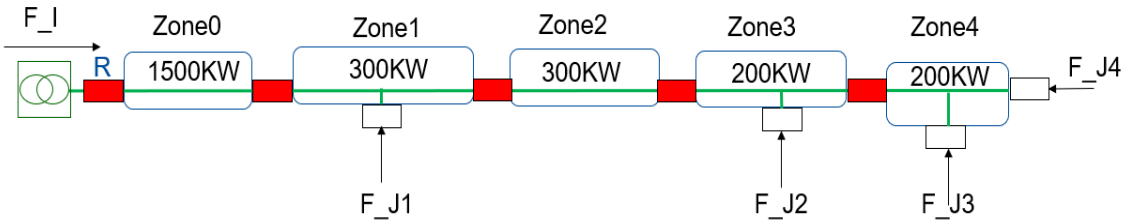
شکل ٦: مثال ۱ نحوه تکمیل جدول ارتباطات فیدر و خاموشی برای هر فیدر

در شکل ۷ فیدر F_I از طریق کلیدهای اتوماسیون به فیدرهای F_J1 الی F_J3 متصل است. ارتباط این فیدر با فیدر F_J4 از طریق کلید اتوماسیون نیست، لذا جدول ۱۳ برای این فیدر تنها سه سطر دارد. برای بررسی معیار n-1 و محاسبه ماکزیمم بار قابل‌انتقال و خاموشی طبق جدول ۱۵ عمل می‌گردد. یعنی برای هر خطا در هر زون مقدار باری که قابل بازیابی از فیدرهای مجاور است و مقدار باری که قطع می‌گردد محاسبه می‌گردد. در این بررسی فقط ظرفیت فیدرها در نظر گرفته می‌شود. طبق محاسبات انجام‌شده درصد بیشنه بار خاموش شده برای این فیدر ۷۲٪ و ماکزیمم بار قابل‌انتقال ۲۸٪ است.[1]

جدول ۱۵: محاسبه بار قطع‌شده و مقدار بار قابل‌انتقال طبق معیار *n-1*.

زون خطا دیده	مقدار بار قطع شده *(KW)*	مقدار بار قابل بازیابی *(KW)*
Zone0	۱۸۰۰	۷۰۰
Zone1	٦۰۰	٤۰۰
Zone2	۳۰۰	٤۰۰
Zone3	۲۰۰	۲۰۰
Zone4	۲۰۰	۰

[1] در این محاسبات فرض شده‌است بار زون ۲ از طریق فیدرهای پشتیبان به‌دلیل محدودیت ظرفیت این فیدرها قابل تأمین نیست.



شکل ۷: مثال ۲ نحوه تکمیل جدول ارتباطات فیدر و خاموشی برای هر فیدر

۷-۷-۵-گام ششم اولویت‌بندی فیدرها برای انتخاب نقاط اتوماسیون

بعد از محاسبات انجام‌شده در گام‌های سوم تا پنجم بر اساس معیارهای نشان داده شده در جدول ۱۶ فیدرهای شرکت توزیع امتیازدهی می‌شوند.[1] برای نرمال‌سازی مقادیر هر معیار طبق فرمول (۱) عمل شود. در این رابطه X_i مقدار معیار مرتبط به فیدر i می‌باشد. معکوس مقادیر صفر برابر با مقدار ۱۰ درنظر گرفته شود. به‌عنوان مثال اگر تعداد فیدرهایی که قرار است اولویت‌بندی شوند ٤ مورد بوده و تعداد ارتباطات فیدرها به ترتیب برابر با ۲، ۰، ٤، ۱ باشد. معیار یک طبق جدول ۱۶ برای این فیدرها به ترتیب برابر با ۰,۰۸۵، ۰,۰۲۱، ۰,۸۵۱ و ۰,۰٤۳ می‌باشد.

$$Norm(X_i) = X_i / \sum X_i \qquad (۱)$$

بعد از امتیازدهی طبق جدول ۱۶ (بر اساس مجموع امتیاز وزن‌دار از تمامی معیارها) فیدرها مرتب‌شده و فیدرهای با امتیاز بالا برای جایابی کلید انتخاب می‌شوند.

جدول ۱۶: معیارهای اولویت‌بندی نهایی

شماره معیار	نام معیار	وزن	نحوه محاسبه
۱	معکوس تعداد ارتباطات (همبندی) نرمال شده	۱	طبق روش تشریح شده در گام‌های سوم تا پنجم
۲	مقدار EP نرمال شده	۲	طبق روش تشریح شده در گام‌های سوم تا پنجم
۳	معکوس TL نرمال شده	۲	طبق روش تشریح شده در گام‌های سوم تا پنجم
٤	مجموع اندازه اولویت بارهای یک فیدر نرمال شده	۳	طبق روش تشریح شده در گام‌های سوم تا پنجم- برای هر فیدر اندازه اولویت بارهای مربوط به یک فیدر باهم جمع می‌گردد.
۵	مقدار نرخ خرابی پدیده‌های تصادفی نرمال شده	۱	بعد از پالایش اتفاقات شبکه طبق گام سوم، نرخ خرابی (λ) برای مدهای باقی‌مانده محاسبه می‌گردد.
٦	متوسط زمان خاموشی پدیده‌های تصادفی نرمال شده	۱	بعد از پالایش اتفاقات شبکه طبق گام سوم، متوسط زمان خاموشی (r) برای مدهای باقی‌مانده محاسبه می‌گردد.

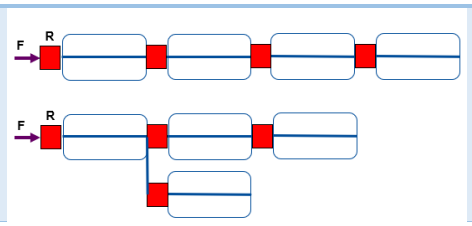
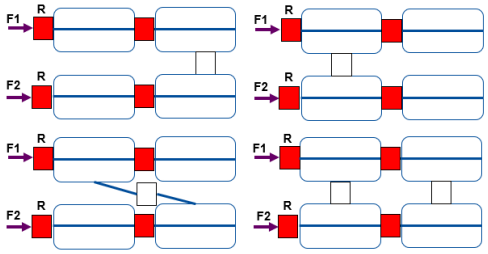
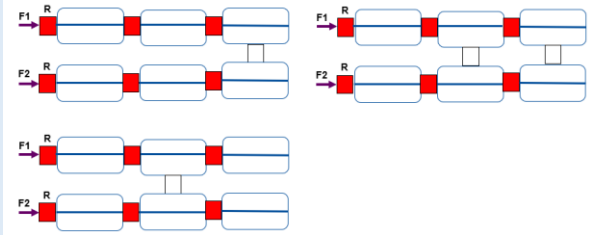
[1] علاوه‌بر معیارهای بیان شده می‌توان از معیارهای دیگری وابسته به نوع نیاز شرکت نظیر زمان دسترسی فیدر، تعداد نقاط حساس نیز استفاده نمود.

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

۷-۷-٦- گام هفتم اعمال طرح‌های کلید گذاری روی فیدرهای منتخب

بعد از اولویت‌بندی فیدرها، لازم است تا روی فیدرهای با اولویت بالا کلید گذاری شود. برای کلید گذاری ابتدا باید طرح کلید گذاری روی فیدر یا مجموعه فیدرهای با اولویت بالا تعیین شود. طرح کلید گذاری درواقع تعیین آرایش زون‌های قرارگرفته روی یک فیدر یا مجموعه فیدرها و نحوه‌ی ارتباط این زون‌ها با دیگر زون‌ها از طریق کلیدهای NC و NO می‌باشد. طرح کلید گذاری تعداد کلیدهای مورد نیاز برای شبکه را تعیین می‌کند. لذا برای تعیین بهینه تعداد کلیدهای مورد نیاز برای شبکه لازم است انواع طرح کلید گذاری برای مجموع دو الی چند فیدر مشخص گردد سپس با مقایسه نتایج طرح‌های کلید گذاری برای آن مجموعه فیدر بهترین طرح کلید گذاری به‌عنوان طرح اصلی انتخاب گردد. در جدول ۱۷ چند نمونه طرح کلید گذاری متداول نشان داده شده است.

جدول ۱۷:انواع طرح‌های کلید گذاری متداول در شبکه‌های فشار متوسط

ردیف	نام طرح	انواع حالات کلید گذاری رو یک فیدر
۱	فیدر بدون اتصال پشتیبان، کلید گذاری از نوع *NC* روی مسیر اصلی یا شاخه‌ها	
	یک کلید *NC* روی هر فیدر به همراه یک *NO* مشترک (طرح ۱,۵ یا ۲ کلید)	
۲	دو کلید *NC* روی هر فیدر به همراه ۱ الی ۲ کلید *NO* مشترک (طرح ۲,۵ یا ۳ کلید)	

در اعمال طرح‌های کلید گذاری علاوه بر مسائل مرتبط با کاهش خاموشی و افزایش قدرت مانور و انعطاف شبکه پیچیدگی عملیات کلیدزنی و بهره‌برداری نیز مدنظر است. لذا در انتخاب طرح کلید گذاری موارد زیر باید مورد توجه قرار گیرد.

-حداکثر تعداد ارتباطات هر فیدر با فیدرهای دیگر (با فیدرهای همان پست، با فیدرهای یک پست دیگر، با شاخه‌های فیدر خودی)

-ظرفیت رزرو و ظرفیت حرارتی فیدرها

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

-افت ولتاژ مجاز و ماکزیمم بارگذاری مجاز در مواقع بازیابی بار

-امکان عملیات کلیدزنی و پیچیدگی بهره‌برداری

-حداکثر تعداد ارتباطات زون‌ها با زون‌های دیگر از طریق کلیدهای معمولاً باز (Tie Switch) یا همان مانوری

-بهره‌برداری با حداقل تلفات و افت ولتاژ

-براورده شدن معیار n-1 برای بارهای با اولویت خاص

- محدودیت تعداد کلید و بودجه سرمایه‌گذاری برای نصب کلید

۷-۷-۷- گام هشتم تصمیم‌گیری نهایی برای نقاط اتوماسیون و تعداد کلیدها

در این گام لازم است در مورد طرح‌های کلید گذاری و تعداد نهایی کلیدها تصمیم‌گیری شود. لذا لازم است برای فیدرها یا مجموعه فیدرهای اولویت‌بندی شده حداقل سه نوع طرح کلید گذاری ممکن انتخاب شود. برای هر طرح کلید گذاری مکان بهینه کلیدها در هر طرح مطابق روش پیوست این دستورالعمل محاسبه می‌شود. سپس در هر طرح کلید گذاری بعد از بهینه‌سازی مکان کلیدها، مطابق جدول ۱۸ نتایج کلید گذاری ثبت می‌شود. در این جدول N تعداد کلیدهای مورد نیاز، E2 و E1 به ترتیب مقدار انرژی توزیع نشده برحسب کیلووات ساعت قبل و بعد از کلید گذاری و CE برابر با مقدار $1000 \times (E2 - E1)$ و CN هزینه خرید کلیدهای جدید و جابجایی کلیدهای موجود در هر طرح کلید گذاری برحسب ریال می‌باشد. بعد از تکمیل جدول ۱۸ طرح‌هایی که مقدار CE/CN بیشتری دارند به‌عنوان طرح اصلی برای هر اولویت انتخاب می‌شوند.

اگر در روش سطح اول روی تعداد کلیدها یا بودجه کل اختصاص‌یافته محدودیت وجود داشته باشد، طرح کلید گذاری برای اولویت‌ها تا جایی ادامه می‌یابد که محدودیت تعداد کلیدها رعایت شود یا هزینه خرید کلیدها یا جابجایی کلیدهای موجود از تعداد کلیدها یا مقدار بودجه تخصیص‌یافته بیشتر نشود.

جدول ۱۸: جدول نهایی انتخاب نقاط اتوماسیون و تعداد کلیدها

نام فیدر یا مجموعه فیدر	نوع طرح کلید گذاری	نتیجه طرح		
		N	*E2-E1*	*CE/CN*
_	طرح کلید گذاری ۱	–	–	–
	طرح کلید گذاری ۲	–	–	–
		–	–	–
	طرح کلید گذاری ۳	–	–	–
		–	–	–

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

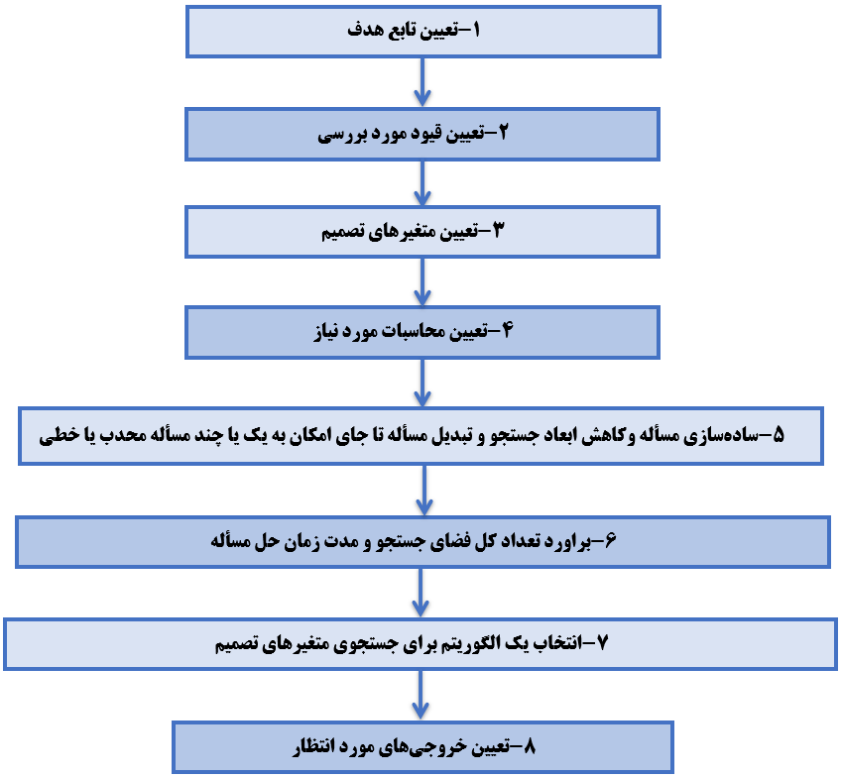
۷-۸- جایابی کلید سطح دوم

در سطح دوم مطالعات جایابی کلید، هدف جایابی بهینه کلید در شبکه با استفاده از ابزارهای بهینه‌سازی و تحلیل شبکه است. در این سطح تعیین تعداد و مکان بهینه کلیدهای مانوری در شبکه با در نظر گرفتن معیارهای تلفات، شاخص‌های قابلیت اطمینان شبکه و هزینه خرید، نصب و بهره‌برداری از کلیدهای مانوری باید انجام شود. در این سطح باید اطلاعات دک بهره‌برداری و دک برنامه‌ریزی شبکه به همراه اطلاعات مورد نیاز برای مطالعات قابلیت اطمینان و اتصال کوتاه، تعیین هزینه خرید و نصب کلید، هزینه انرژی توزیع نشده و هزینه تلفات جمع‌آوری شود.

در خصوص بررسی احداث Tie Line ها در مطالعات جایابی کلید باید قبل از انجام مطالعات دک بهره‌برداری و برنامه‌ریزی با احداث فرضی Tie Line ها به‌روزرسانی می‌شود. سطح مقطع این Tie Line برابر با بزرگ‌ترین سطح مقطع مسیرهای انشعاب شده از آن می‌باشد. لازم به ذکر است تنها نقاطی از دو فیدر مجزا می‌توانند کاندید احداث Tie Line و نقطه NO شوند که کمتر از ۱۰۰ متر فاصله داشته باشند. برای فواصل بیشتر باید طبق دستورالعمل توسعه فیدر تهیه شده در دفتر مهندسی و راهبری معاونت توزیع شرکت توانیر عمل شود.

قبل از اقدام به جایابی کلید در این سطح باید همانند سطح اول اقدامات انجام‌شده در گام‌های یک الی شش انجام شود. بعد از اولویت‌بندی فیدرها و تعیین مجموعه فیدرهای مورد نیاز برای جایابی کلید، برای بهینه‌سازی مکان کلیدها طبق این سطح اقدامات لازم مطابق با شکل ۸ انجام شود.

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا



شکل ۸: گام‌های مورد نیاز برای حل مسأله بهینه جایابی کلید به روش سطح دوم

برای انجام مطالعات جایابی کلید در سطح دوم لازم است ابتدا مدل مسئله تعیین شود و سپس با استفاده از ابزارهای بهینه‌سازی و تحلیل شبکه این مدل حل شود. در تهیه مدل پیشنهادی برای جایابی کلید در این سطح موارد ذیل باید مورد توجه قرار گیرد.[۱]

- تغییرات زمانی بار شبکه توزیع به‌صورت تقریب‌های پله‌ای منحنی تداومی بار در نظر گرفته شود.
- در محاسبات هزینه‌های مربوط به خاموشی از شاخص ENS استفاده شود. مدل‌سازی و استفاده از دیگر شاخص‌های قابلیت اطمینان در تابع هدف یا قیود بلامانع است.
- در ارزیابی اقتصادی مدل مسأله از روش ارزش خالص فعلی پروژه (NPW)[۲]استفاده شود. ارزش خالص فعلی یک پروژه عبارت است از تبدیل ارزش کلیه دریافت‌ها و پرداخت‌های سالیانه در طول عمر مفید پروژه به زمان حال یا مبدأ با لحاظ نمودن حداقل نرخ مورد انتظار سرمایه‌گذاری و نرخ تورم.
- برای در نظر گرفتن تلفات در فرمول‌بندی مسأله از تلفات انرژی استفاده گردد. برای محاسبه تلفات انرژی باید از منحنی تداومی بار شبکه استفاده شود.

[۱] لازم به‌ذکر است برای محاسبه‌ی هزینه خاموشی مشترکین می‌تواند از تابع خسارت (*CDF*) یا شاخص ارزش بار ازدست‌رفته نیز استفاده نمود.

[۲] *Net Present Worth*

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

- پیشنهاد می‌شود تابع هزینه تعریف شده برای جایابی کلیدها (تابع هدف) به‌صورت یک تابع تک هدفه مدل‌سازی شود.

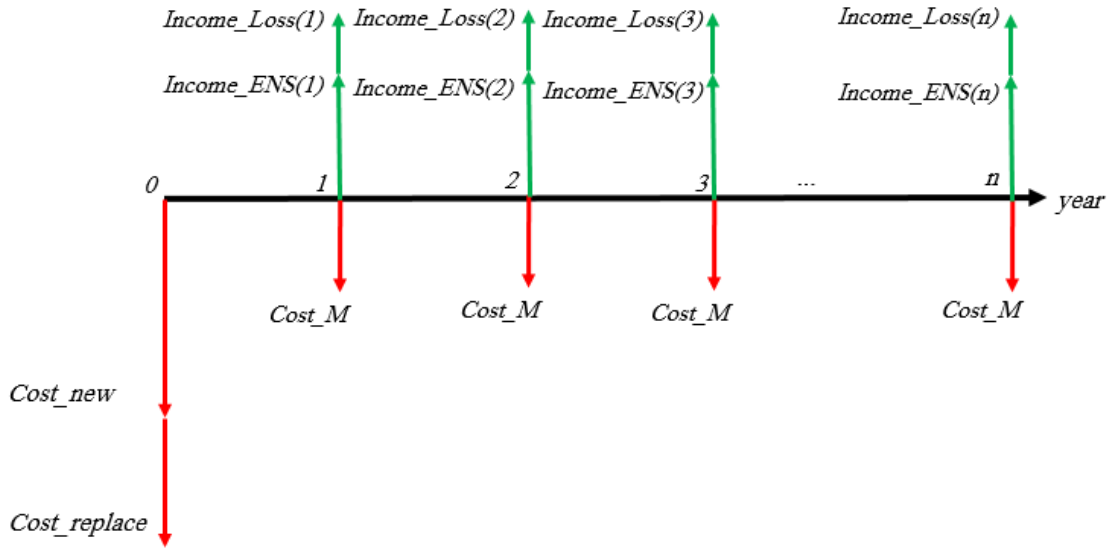
۷-۸-۱- الزامات تعیین تابع هدف

برای تشکیل تابع هدف یا فرمول‌بندی این مسأله نیاز است تا هزینه‌ها و درآمدهای این پروژه در طول عمر مفید پروژه شفاف گردد. بنابراین در تعیین تابع هدف باید حداقل معیارها نشان داده شده در جدول ۱۹ درنظرگرفته شوند.

جدول ۱۹: درآمدها و هزینه‌های پروژه سرمایه‌گذاری کلیدهای مانوری

هزینه‌ها	درآمدها
هزینه‌ی سرمایه‌گذاری اولیه برای خرید و نصب کلیدهای مانوری جدید (*Cost _new*)	درآمد ناشی از کاهش انرژی توزیع نشده نسبت به حالت اولیه (*Income_ENS*)
هزینه‌ی سرمایه‌گذاری برای جابجایی کلیدها موجود در شبکه (*Cost _replace*)	درآمد ناشی از کاهش تلفات انرژی نسبت به حالت اولیه (*Income_Loss*)
هزینه تعمیر و نگهداری کلیدها (*Cost_M*)	درآمد ناشی از فروش کلیدهای اسقاط شده در پایان پروژه

بعد از شناسایی درآمدها و هزینه‌های مسأله نیاز است تا فرایند مالی آن نیز تعیین شود. به‌عنوان مثال فرایند مالی جایابی کلید با طول عمر مفید n سال به‌صورت شکل ۹ قابل نمایش خواهد بود.



شکل ۹: نمودار فرایند مالی پروژه نصب کلیدهای مانوری

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

باتوجه به نمودار شکل ۹ با فرض نرخ بهره[۱] ثابت i و نرخ تورم[۲] ثابت f در طول مدت زمان پروژه، ارزش خالص فعلی پروژه به‌صورت معادله (۲) محاسبه می‌گردد. در معادله (۳) $Loss_new(\tau)$ و $Loss_old(\tau)$ به ترتیب مقدار تلفات انرژی سالانه شبکه جدید (بعد از نصب کلیدهای جدید و جابجایی کلیدهای قدیمی) و تلفات انرژی سالانه شبکه قدیم (بدون نصب هیچ‌گونه کلید جدید و جابجایی کلیدهای موجود) در سال τ برحسب کیلووات ساعت می‌باشد. در معادله (٤) $ENS_new(\tau)$ و $ENS_old(\tau)$ به ترتیب مقدار انرژی توزیع نشده شبکه جدید و قدیم در سال τ برحسب کیلووات ساعت می‌باشد. $Price_{loss}$ نرخ هزینه خرید انرژی و $Price_{ENS}$ نرخ هزینه فروش انرژی به مشترکین در تعرفه‌های مختلف برحسب ریال بر کیلووات ساعت می‌باشد.

$$NPW = -Cost_new - Cost_replace + \sum_{\tau=1}^{n}(Income_loss(\tau) + Income_ENS(\tau) - Cost_M) \times \left(\frac{1+f}{1+i}\right)^{\tau} \quad (۲)$$

$$Income_Loss(\tau) = (Loss_old(\tau) - Loss_new(\tau)) \times Price_{loss} \quad (۳)$$

$$Income_ENS(\tau) = (ENS_old(\tau) - ENS_new(\tau)) \times Price_{ENS} \quad (٤)$$

$Price_{loss}$ باتوجه به قیمت خرید انرژی توسط شرکت توزیع از بازار برق تعیین می‌گردد که در طول سال متغیر است. همچنین $Price_{ENS}$ برای تعرفه‌های مختلف مشترکین (خانگی، سایر مصارف، عمومی، دیماندی و غیره) متفاوت است.

باید توجه داشت که به دلیل رشد بار در شبکه مقادیر $Income_Loss(\tau)$ و $Income_ENS(\tau)$ همواره نسبت به مقادیر مشابه در سال قبل از خود تغییر می‌کنند اما ثابت فرض نمودن این مقادیر بلامانع است. در صورت ثابت فرض نمودن این مقادیر معادله (۲) را می‌توان به‌صورت معادله (۵) نوشت، ضریب F در این معادله، برای تبدیل خالص درآمد سالانه به سال صفر استفاده می‌گردد که رابطه آن در معادله (۷) آورده شده است.

$$NPW = -Cost_{new} - Cost_{replace} + (Income_loss(\tau) + Income_ENS(\tau) - Cost_M) \times F \quad (٦)$$

$$F = \frac{1 - \left(\frac{1+f}{1+i}\right)^{n}}{i - f} \times (1+f) \quad (۷)$$

۷-۸-۲- الزامات تعیین قیود مسئله

در مکان‌یابی کلید در شبکه توزیع حداقل قیود زیر باید در مسئله مدل شوند.

- محدودیت‌های فنی شبکه و تجهیزات شبکه

[۱] نرخ سود علی‌الحساب سپرده سرمایه‌گذاری یک ساله اعلام شده توسط بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران.

[۲] آخرین نرخ تورم سالانه اعلام شده توسط مرکز آمار جمهوری اسلامی ایران.

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

- قیود تعادل توان اکتیو و راکتیو در شین‌های شبکه
- محدودیت بارگذاری فیدرها و ترانسفورماتورهای توزیع
- محدودیت افت ولتاژ فیدر
- حفظ ساختار شعاعی شبکه
- محدودیت ظرفیت پست و ترانسفورماتورها فوق توزیع

– محدودیت‌های کلیدها

- الزام به استفاده از کلیدی خاص در مکانی مشخص
- ممنوعیت نصب کلیدی خاص در مکانی مشخص
- محدودیت جابجایی کلیدها (امکان جابجایی کلید یا تجهیزات اتوماسیون به‌خصوص اگر قدیمی باشند باید بررسی و همخوانی آن‌ها با تجهیزات جدید مورد بازبینی قرار گیرد. گاهاً حتی جابجایی کلیدهای قدیمی موجب کاهش عمر آن‌ها می‌شود)
- به‌دلیل وجود کلیدهای ورودی و خروجی در پست‌های زمینی و رویکرد و محدودیات بهره‌برداری از پست‌های زمینی شاید لازم باشد که کل کلیدهای یک پست از نوع اتوماسیون انتخاب گردند. لذا در این حالت باید توجه شود که کلیه کلیدهای یک پست همزمان می‌توانند دارای اتوماسیون شوند یا قابلیت اتوماسیون نداشته باشند.
- اگر کلید اتوماسیونی در نقطه‌ای قرار گیرد که قبلا کلید غیراتوماسیونی در آن وجود داشته باشد دو حالت پیش می‌آید:

۱–آن کلید قابل ارتقاء به نقطه اتوماسیون است (به‌عنوان مثال کلید موتورداری که هنوز متور آن خریداری نشده است) در این حالت به‌دلیل مدیریت دارایی و استفاده حداکثری از دارایی‌های شرکت توزیع تنها آن کلید ارتقاء پیدا می‌کند و در هزینه‌ها فقط هزینه ارتقاء درنظر گرفته می‌شود.

۲–آن کلید قابل ارتقاء نیست در این حالت آن کلید به انبار بازگشت داده می‌شود و هزینه یک کلید اتوماسیون درنظر گرفته می‌شود.

– محدودیت در تأمین توان از شبکه بالادستی

– محدودیت در بودجه سرمایه‌گذاری

– سطح قابلیت اطمینان مورد نیاز شبکه (مقدار حداقلی شاخص‌های قابلیت اطمینان)

– در نظر گرفتن اولویت بارها از نقطه نظر قابلیت اطمینان

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

۷-۸-۳- متغیرهای تصمیم

حل مساله جایابی کلید برای تعیین متغیرهای تصمیم انجام می‌شود. این متغیرها در مدل مساله باید مشخص شوند. لذا لازم است متغیرهای تصمیم مدل حداقل شامل متغیرهای تصمیم معرفی شده در این قسمت باشد.

متغیرهای تصمیم در مسأله جایابی کلید به دو دسته متغیرهای تصمیم اصلی و فرعی تقسیم‌بندی می‌گردند. متغیرهای تصمیم اصلی در جدول ۲۰ نشان داده شده‌اند.

جدول ۲۰: متغیرهای تصمیم اصلی

متغیر تصمیم	نماد	نوع
تعداد کل کلیدهای خریداری شده	N_{new}	عدد صحیح
تعداد کلیدهای جابجا شده	N_{rep}	عدد صحیح
مکان کلیدهای معمولا بسته	N_{NC}	وابسته به نوع مدل‌سازی مسأله می‌تواند حقیقی یا عدد صحیح باشد
مکان کلیدهای معمولا باز	N_{NO}	وابسته به نوع مدل‌سازی مسأله می‌تواند حقیقی یا عدد صحیح باشد
قابلیت کلیدها	N_{type}	عدد صحیح

متغیرهای تصمیم فرعی در واقع بعد از تعیین مکان کلیدهای مانوری معمولا باز و معمولا بسته در مسأله حضور پیدا می‌کنند. این متغیرهای تصمیم در واقع برای محاسبه‌ی انرژی توزیع نشده و تلفات انرژی در سطح بار s از شبکه باتوجه به تقریب منحنی تداومی بار فیدر ظاهر می‌گردند. این متغیرهای تصمیم درواقع توپولوژی جدید شبکه را در هر سطح بار می‌سازند.

جدول ۲۱: متغیرهای تصمیم فرعی

متغیر تصمیم	نوع
باز یا بسته بودن کلیدهای NO در سطح بار s از شبکه	باینری
باز یا بسته بودن کلیدهای NC در سطح بار s از شبکه	باینری

۷-۸-٤- محاسبات مورد نیاز

الگوریتم‌های حل مسأله جایابی کلید از روش‌های تکراری برای جستجوی مقدار بهینه متغیرهای تصمیم استفاده می‌کنند، لذا در هر مرحله از جستجو محاسبات زیر انجام شود. مورد شماره یک اختیاری بوده و موارد دو و سه اجباری می‌باشد.

۱- تعیین آرایش بهینه شبکه: به منظور تعیین وضعیت بهینه شبکه از نظر بارگذاری فیدرها و تلفات باتوجه به تغییرات زمانی بار لازم است در هر سطح باری از شبکه وضعیت بهینه کلیدهای جایگذاری شده یا جابجا شده تعیین گردد.

۲- محاسبات پخش بار: به منظور محاسبه ولتاژ شین‌ها، بارگذاری تجهیزات و میزان تلفات توان و انرژی محاسبات پخش بار در هر مرحله از جستجو باید بکار گرفته شود.

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

۳- محاسبات قابلیت اطمینان: به منظور محاسبه شاخص‌های قابلیت اطمینان و هزینه‌های مرتبط با قطع بار بکارگیری محاسبات قابلیت اطمینان در مسئله جایابی کلید الزامی است.

۷-۸-۵- ساده‌سازی و کاهش ابعاد جستجو

مسأله جایابی کلید در سطح دوم در حالت کلی یک مسأله NP[۱]سخت (به‌دلیل وجود متغیرهای باینری، عدد صحیح و ذات ترکیباتی مدل مسأله) می‌باشد. حل این مسأله بدون توجه به ابعاد پاسخ بهینه امری غیرممکن است. لذا قبل از تعیین الگوریتم حل مسأله نیاز است تا ابعاد جستجو کاهش یابد. برای این منظور اقدامات زیر توصیه می‌شود.

۱-هیچگاه مسأله برای کل مجموعه فیدرهای منتخب همزمان حل نشود و مکان بهینه برای هر مجموعه فیدر به‌صورت جداگانه حل شود.

۲-قبل از استفاده از دک بهره‌برداری تعداد گره‌های مدل الکتریکی شبکه ساده شود و فقط نقاط ترانسفورماتورها به‌عنوان گره درنظر گرفته شود. از شاخه‌های فرعی فیدرها با بار کمتر از ۵ درصد مقدار بار کل فیدر می‌توان صرفنظر نمود و کل شاخه به‌صورت یک گره بار در مسیر اصلی فیدر جایگزین شود.

۳-در تعریف پیشامدها در محاسبات قابلیت اطمینان، کل پیشامدها برابر با تعداد زون‌ها تعریف شود.

٤-برای مدل‌سازی تغییرات زمانی بار مدل سه سطحی کفایت می‌کند.

۵-عدم‌قطعیت نقاط بار فیدرها را می‌تواند لحاظ نگردد.

٦-می‌توان برای مجموعه فیدرها ابتدا چند سناریو کلید گذاری همانند جدول ۱۷ تعیین شود و با مشخص شدن تعداد کلیدها NO و NC تنها مکان و قابلیت کلیدها از مدل مسأله تعیین شوند.

۷-می‌توان ابتدا مکان کلیدهای NO و NC را تعیین نمود سپس قابلیت آن‌ها تعیین شوند.

۸-در ابتدا می‌توان مسیرهای اصلی بین مجموعه فیدرها را تعیین نمود و بعد از حذف اشتراک مسیرهای اصلی تعداد کلیدهای NO برابر تعداد مسیرهای باقیمانده است. سپس به تعداد مسیرهای باقی‌مانده یک کلید NO می‌توان در نظر گرفت در این حالت دیگر نیازی به بررسی قید بهره‌برداری شعاعی نیست. به‌عنوان مثال در شکل ۱۰ برای جایابی کلیدها در ٤ فیدر نمونه (حالت الف) ابتدا مسیرهای اصلی بین فیدرها تعیین می‌شود (حالت ب ٤ مسیر اصلی و یک اشتراک) و مکان و تعداد کلیدهای NO با توجه به مسیرهای اصلی و مسیرهای اشتراکی انتخاب می‌شود.

۹-مکان‌های غیر مجاز نصب کلید مانند مناطق صعب العبور، مناطق با مشکلات حریم و اجتماعی از مکان‌های جستجو حذف گردند.

[۱] *Nondeterministic Polynomial time*

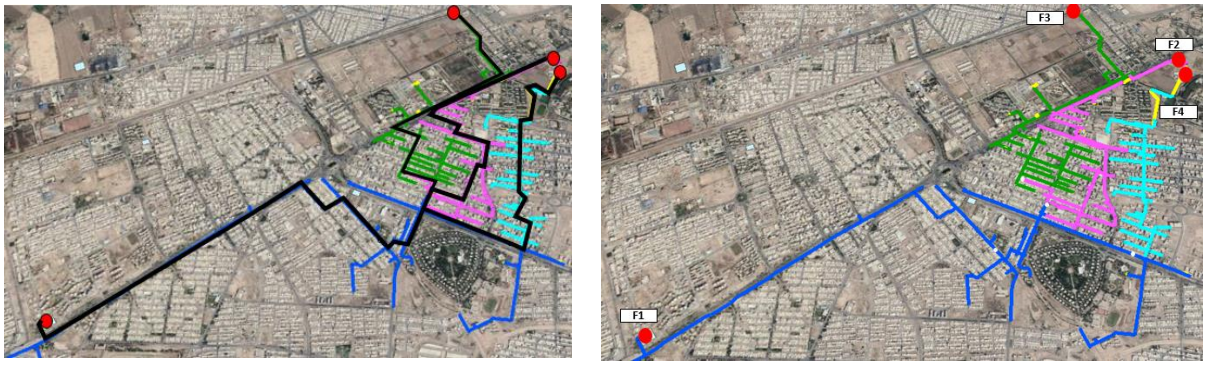
پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

۱۰-در شبکه‌های زمینی به‌دلیل وجود کلیدهای ورودی و خروجی در پست‌های توزیع تنها نقاط اتوماسیون (قابلیت اتوماسیون) و مکان کلید NO بهینه شود.

۱۱-محدودیت تعداد و مکان قرارگیری ریکلوزرهای قابل انتخاب روی یک فیدر باتوجه به عدم امکان هماهنگی آن‌ها تعیین شود.

۱۲-در ابتدا کلیدهای بدون قابلیت حفاظت در شبکه بهینه شوند سپس کلیدهای با قابلیت حفاظت بررسی شوند.

۱۳-باتوجه به محدودیت‌های جریان بارگذاری فیدرها و افت ولتاژ مجاز فیدر محدوده‌ی انتخاب کلیدهای NO قبل از حل مسأله در حالت کلی تعیین شود.



(ب) (الف)

شکل ۱۰: تعیین مسیرهای اصلی مجموعه فیدرها

۷-۸-۶- براورد تعداد کل فضای جستجو

بعد از ساده‌سازی و کاهش ابعاد جستجو و تعیین مدل مسأله از نظر پیچیدگی محاسباتی (خطی، غیر خطی محدب، NP و غیره) لازم کل فضای ممکن برای حل مسأله تعیین شود. کل فضای جستجو تابعی از تعداد گره‌های توپولوژی فیدرهای نمونه می‌باشد.

۷-۸-۷- انتخاب الگوریتم برای جستجوی متغیرهای تصمیم

برای مدل‌هایی که خطی یا غیر خطی محدب شده‌اند می‌توان مسأله را باتوجه به نوع آن با یک الگوریتم مناسب در زمان چند جمله‌ای حل نمود. اما برای مسائلی که مدل آن NP باقی می‌ماند حالات زیر پیشنهاد می‌گردد.

۱- اگر تعداد کل فضای جستجو از یک میلیون حالت کمتر است مقدار تابع هدف و قیود برای کل حالات بررسی شود. بعد از حذف حالاتی که قیود مسأله را رعایت نمی‌کنند ۱۰ حالت اول با بهترین مقدار تابع هدف به‌عنوان پیشنهاد کلید گذاری تعیین شوند.

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

۲- اگر تعداد کل فضای جستجو از یک میلیون حالت بیشتر باشد ابتدا پیشنهاد می‌شود یک روش جستجوی حریصانه برای حل مسأله تعیین شود و با استفاده از این روش مسأله حل گردد. درصورتیکه روش جستجوی حریصانه برای حل مسأله یافت نشد می‌توان از روش‌های جستجوی تکاملی و مبتنی بر جمعیت استفاده شود.

۸-۸-۷- حداقل خروجی‌های مورد انتظار

بعد از حل مساله جایابی کلید باید نتایج زیر برای حداقل سه طرح کلید گذاری تعیین گردد.

- تعداد و مختصات جغرافیایی کلیدهای جدید
- قابلیت کلیدهای جدید
- تعداد کلیدهای جابجا شده‌ی موجود و مختصات جدید آن‌ها
- هزینه‌های سرمایه‌گذاری، تعمیر و نگهداری و بهره‌برداری
- مقدار تلفات و شاخص‌های قابلیت‌اطمینان قبل و بعد از کلید گذاری به تفکیک فیدر
- مقدار ولتاژ و بازگذاری تجهیزات قبل و بعد از کلید گذاری به تفکیک فیدر
- مقدار بار جابه‌جا شده بین فیدرها شبکه بعد از کلید گذاری به تفکیک فیدر
- انواع سناریوهای مانوری برای بهره‌برداری فیدر با اعمال پیشامدهای مختلف (این سناریوها باید شامل مشخصات پیشامد و اقدامات قدم به قدم برای جداسازی زون خطادیده و بازیابی بار باشد.)

۸-گردشکار مطالعات جایابی کلید

منظور از گردشکار مطالعات جایابی کلید مجموعه مطالعاتی است که به منظور یافتن بهترین مکان نصب انواع کلیدها در شبکه با حفظ قیود و ملاحظات اقتصادی انجام می‌شود. مسئولیت انجام این مطالعات بر عهده واحد مطالعات در شرکت‌های توزیع است که لازم است بصورت سالیانه و یا در دوره‌های مشخص این مطالعات برای شبکه انجام پذیرد. زیرا توپولوژی شبکه پیوسته در حال تغییر است و این موضوع مکان مناسب کلیدها و نیاز به کلیدهای بیشتر یا حذف برخی از آنها را موجب می‌شود. گردش کار انجام مطالعات جایابی بهینه کلیدها در شبکه مطابق با شکل ۱۱ و به شرح گام های زیر می باشد:

۸-۱- انجام مطالعات جایابی کلید برای کل شبکه

-نیاز به جایابی کلید در شبکه ابتدا توسط واحد مطالعات باید برای کل شبکه انجام گردد. نتایج این مطالعات بخش اعظم نیاز کلی شرکت را فراهم می‌نماید که با توجه به اختصاص بودجه و خریداری کلید های مورد نیاز مطابق با مطالعات انجام شده امکان کلید گذاری بر روی شبکه فراهم می گردد.

-در مواردی که مطالعات جایابی کلید برای کل شبکه انجام نشده باشد و به دلایل مختلف نیاز فوری به جایابی انواع کلید در شبکه باشیم در این صورت صرف‌نظر از اینکه این درخواست از کدام واحد مطرح می‌شود لازم

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

است انجام مطالعه و بررسی آن در واحد مطالعات شبکه صورت پذیرد. برخی از دلایلی که ممکن است بصورت ضروری به انجام این مطالعات منجر شود عبارتند از:

- ضرورت ایجاد نقطه مانور
- ایجاد دیماند و تغییر توپولوژی شبکه

۸-۲- گام‌های مطالعات جایابی کلید

۸-۲-۱- جمع آوری داده

مطابق با شکل ۱۱ پس از درخواست انجام مطالعات جایابی کلید به واحد مطالعات شبکه لازم است این واحد کلیه داده‌های موردنیاز را فراهم نماید. هر یک از داده‌های مورد نیاز در بخش ٦ توضیح داده شده است. بصورت کلی این داده‌ها از سوی واحد GIS، داده‌های خاموشی و اتفاقات از واحد اتفاقات و دیسپاچینگ، داده‌های بار و پیش‌بینی آن از واحد برآورد بار و مقادیر بارگیری ترانسفورماتورها از واحدهای بهره‌برداری جمع‌آوری می‌گردد.

۸-۲-۲- تهیه دک مطالعاتی

به منظور انجام مطالعات جایابی کلید لازم است علاوه بر اطلاعات مورد نیاز برای پخش بار، اطلاعات مورد نیاز برای قابلیت اطمینان نیز تهیه گردد. همچنین با توجه به اینکه نتایج جایابی کلید به طور مستقیم در واحدهای بهره برداری قابل رویت بوده و بر عملکرد این واحدها بسیار تأثیرگذار است، دک موسوم به بهره‌برداری نیز لازم است تهیه گردد که اطلاعات دریافتی از سوی واحد بهره‌برداری و دیسپاچینگ در آن مدل‌سازی شود. با انجام مطالعات و لحاظ نمودن پارامترهای اقتصادی بهترین مکان جای‌گذاری انواع کلیدها در شبکه مشخص می‌گردد.

۸-۲-۳- تائید مطالعات طرح

پس از جمع آوری اطلاعات و انجام مطالعات پیش بینی شده در بخش ۷ این دستورالعمل، نتایج حاصل از آن با رعایت اولویت بندی لازم باید در کمیته فنی مطالعات طرح بررسی و مورد تائید اعضا کمیته قرار گیرد.

۸-۲-٤- ارائه نتایج مطالعات به واحد برنامه ریزی

بعد از تائید مطالعات طرح توسط اعضاء کمیته فنی مطالعات باید مطابق با روند نمای پیش بینی شده در شکل ۱۱ برای تامین اعتبار هزینه خرید انواع کلید، مستند مطالعات و برآورد هزینه لازم برای معاونت برنامه ریزی ارسال گردد تا متناسب با اولویت بندی تعیین شده نسبت به تخصیص اعتبار اقدام لازم صورت پذیرد.

تبصره:در برخی شرکت های توزیع برنامه ریزی و مهندسی در قالب یک معاونت تحت عنوان معاونت برنامه ریزی و مهندسی مدیریت می گردد، که در متن دستورالعمل معاونت برنامه ریزی با عنوان معاونت برنامه ریزی و مهندسی باید در نظر گرفته شود.

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

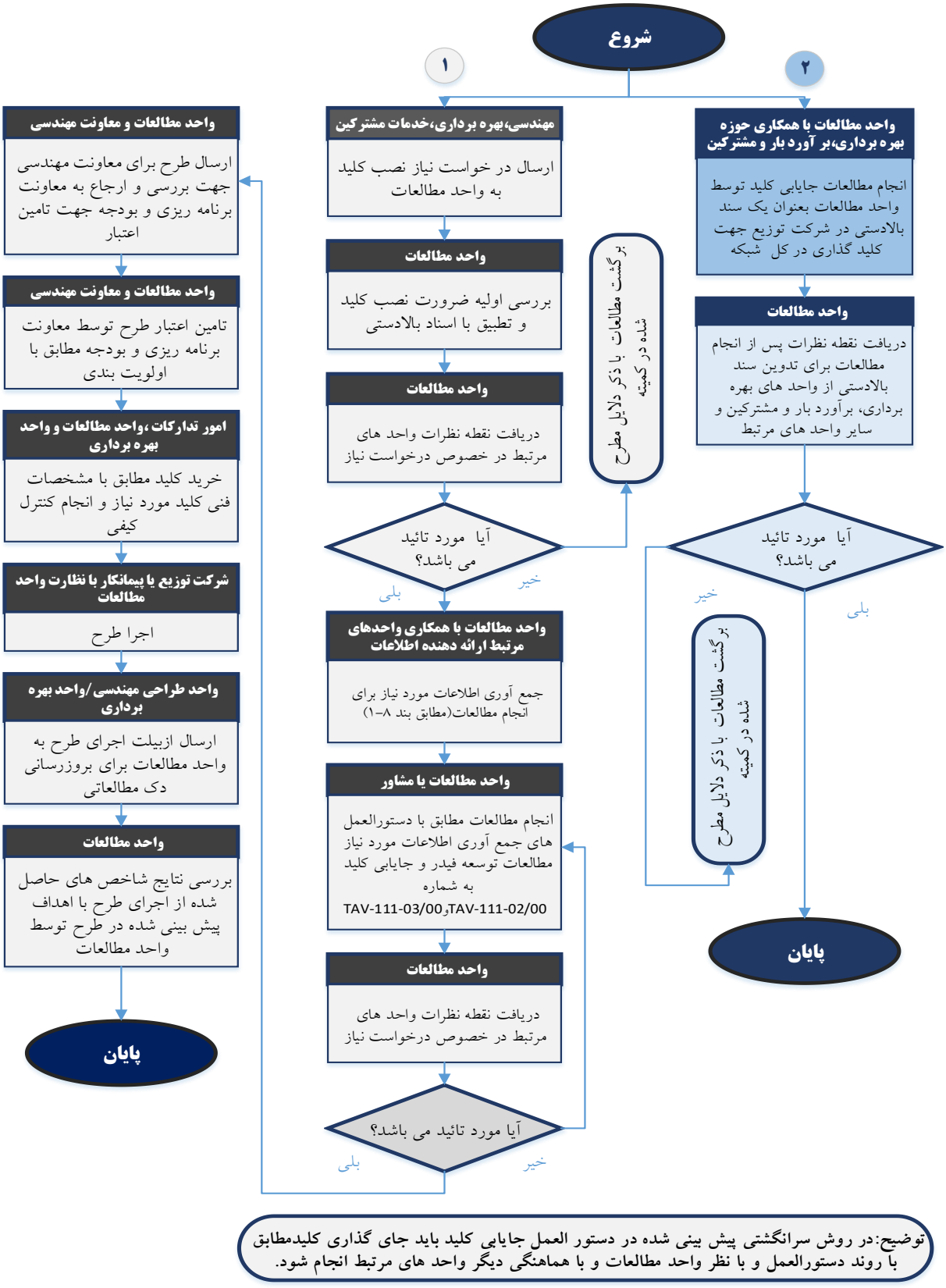
۸-۲-۵-خریداری و کنترل کیفی کلید

پس از تأمین بودجه و مطابق با مطالعات و مشخصات فنی تعیین شده باید نسبت به خریداری کلید ها مطابق با وندور لیست مورد تائید شرکت توزیع اقدام گردد. ذکر این نکته لازم است که واحدهای کنترل کیفی در شرکت‌های توزیع مسئولیت تست و اطمینان از کیفیت و صحت عملکرد کلیدهای تهیه‌شده را دارند. همچنین تصمیم‌گیری در خصوص خرید انواع خاص کلید با توجه به نیاز شرکت و از طریق طرح موضوع در کمیته فنی مطالعات امکان پذیر می باشد.

۸-۲-٦- تعیین و بررسی شاخص‌های ارزیابی مکان کلیدها در شبکه و انتقال نتایج به واحد مطالعات

پس از اجرای پروژه و جای‌گذاری کلیدها در شبکه و ارسال طرح ازبیلت برای واحد مطالعات، لازم است به منظور اطمینان از صحت انجام مطالعات و اجرای پروژه مطابق با شاخص‌های ارزیابی میزان خاموشی‌ها و یا پارامترهای دیگر تعیین شده و نتایج حاصل از آن مطابق با بازه تعیین شده از سوی واحد مطالعات به این واحد انتقال داده شود. بهبود شاخص‌ها در بازه‌های زمانی معین نشان‌دهنده صحت مطالعات خواهد بود.

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا



شکل ۱۱- گردش کاری انجام مطالعات جایابی کلیدها در شبکه

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

پیوست الف – مدل اطلاعات مشترک

الف-۱-مدل CIM شبکه توزیع

CIM چکیده و بیانی رسمی از اجزای سیستم، مشخصه‌های مربوط به آن‌ها، ارتباطات با دیگر اجزا و عملیاتی که می‌تواند بر روی آن‌ها انجام شود است. ساختار مدل CIM بر پایه استانداردهای IEC 61970، IEC 61968 و IEC 62325 پایه‌گذاری شده است. هسته اصلی مدل داده CIM در استاندارد IEC 61970-301 که بخشی از استاندارد IEC 61970 است ارائه شده است. همچنین در نسخه IEC 61968-11، کلاس‌هایی که در مدیریت سیستم توزیع مورد نیاز است گسترش داده شده‌اند.

CIM از یک مدل تجهیز محور در قالب چندین پکیج بهره می‌برد. هر پکیج در CIM شامل یک کلاس یا بیشتر است که در آن کلاس‌های موجود در هر پکیج و ارتباط بین آن‌ها مشخص می‌شود. هر کلاس نیز بر اساس مشخصه‌های[1] آن و ارتباط با سایر کلاس‌ها تعریف می‌شود. پکیج‌ها برای طراحی، فهم و بررسی راحت‌تر مدل تعریف شده‌اند. در هر کاربرد با توجه به نوع آن از اطلاعات چندین پکیج استفاده می‌شود. لازم به ذکر است که کلاس‌های هر پکیج بیانگر تجهیزاتی است که در عمل در شبکه‌های قدرت وجود دارند. نوع دیگری از کلاس‌ها نیز مربوط به داده‌های اندازه‌گیری است.

در این بخش کلاس‌های مرتبط با تجهیزات شبکه توزیع و مشخصه‌های مربوط به آن‌ها به منظور مدل کردن شبکه توزیع در قالب CIM ارائه می‌شود. در این راستا سعی شده است مشخصه‌ها و ارتباطات بین کلاس‌ها برای فهم راحت‌تر در قالب جدول پیاده شوند. ستون اول در هر جدول بیانگر نام کلاس بود و مشخصه‌های هر کلاس و توضیحات مربوط به هر مشخصه به ترتیب در ستون دوم و سوم ارائه شده است.

۱. کلاس‌های BasePower، BaseVoltage و VotageLevel

این کلاس‌ها پایه بوده و در پکیج هسته مدل اطلاعات قرار دارند. برای تعریف بقیه تجهیزات لازم است ارتباط تجهیزات با این کلاس‌ها مشخص شود. نمونه‌ای از این ارتباطات عبارتند از:

- ✓ برای هر ولتاژ کاری در شبکه یک **BaseVoltage** تعریف می‌شود.
- ✓ **ACLineSegment** مرتبط با یک **BaseVoltage** است.
- ✓ **TransformerWinding** مرتبط با یک **BaseVoltage** است.
- ✓ هر **Substation** مرتبط با یک یا بیشتر **VoltageLevel** است که هر کدام از سطوح ولتاژ مرتبط با **BaseVoltage** است.

[1] *Attribute*

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

- ✓ تمامی اجزای شبکه غیر از **ACLineSegment**، **PowerTransformer** و **TransformerWinding** باید درون یک **VoltageLevel** باشند.

BasePower	ID	شناسه یکتا
	ApparentPower	توان مبنا (MVA)

BaseVoltage	ID	شناسه یکتا
	nominalVoltage	ولتاژ نامی (kV)

VoltageLevel	ID	شناسه یکتا
	name	نام
	MemberOf_Substation	شناسه پست دربردارنده VoltageLevel
	BaseVoltage	شناسه ولتاژ پایه
	highVoltageLimit	محدوده بالایی ولتاژ (kV)
	lowVoltageLimit	محدوده پایینی ولتاژ (kV)

۲. کلاس Substation

این کلاس بیانگر پست‌های شبکه است. نکات زیر در رابطه با این کلاس باید در نظر گرفته شوند:

- ✓ پست‌های موجود در شبکه دارای چندین سطح ولتاژ هستند. از این رو نوع پست باید مشخص شود که در این راستا کلاس **PSRType** مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- ✓ برای تفکیک پست‌های **HV/MV**، **MV/MV**، **MV/LV** و ... باید **PSRType** تعریف شود.
- ✓ کلاس **Location** برای تعریف محل پست تعریف می‌شود.
- ✓ مختصات محل نصب هر تجهیز توسط کلاس **GmlPosition** تعریف می‌شود.
- ✓ هر تجهیز رسانایی (نظیر خط، ترانسفورماتور و ...) عضوی از **Substation** یا **Line** هستند.
- ✓ پست **HV/MV** به عنوان ریشه ساختار سلسله مراتبی در **CIM** شبکه توزیع تعریف می‌شود.

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

Substation	ID	شناسه یکتا
	Name	نام
	PSRType	کلاس بیانگر نوع پست

PSRType	ID	شناسه یکتا
	Name	نام

Location	ID	شناسه یکتا
	PowerSystemResources	شناسه تجهیز مربوطه

GmlPosition	ID	شناسه یکتا
	xPosition	مختصات x
	yPosition	مختصات y
	Location	شناسه مکان

۳. کلاس Junction

در CIM طریقه اتصال تجهیزات به یکدیگر به گونه‌ای است که ترمینال تجهیز به یک ConnectivityNode مشترک متصل می‌شود. ConnectivityNode می‌تواند دارای تعدادی ترمینال باشد که به آن متصل شده‌اند. در شبکه توزیع ConnectivityNode عمدتاً درون Substation قرار دارد اما ممکن است درون Line نیز وجود داشته باشد. در این حالت Junction تعریف می‌شود و لازم است Junction و ConnectivityNode در یک پست مجازی قرار داده شوند؛ اما در شبکه توزیع با توجه به تعدد آن‌ها نیازی به تعریف Junction وجود ندارد.

٤. کلاس Switch

سوئیچ‌ها باید درون VoltageLevel یا Bay تعریف شوند. در صورتی که درون VoltageLevel تعریف شوند نیازی به Bay ندارند.

CIM سوئیچ‌های زیر را تعریف می‌کند.

- **Breaker**: قابلیت قطع جریان خطا

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

- **LoadBreakSwitch**: قابلیت قطع جریان بار
- **Disconnector**: عدم توانایی قطع جریان
- **Fuse**: قابلیت قطع جریان خطا
- **Jumper**
- **GroundDisconnector**

Switch	ID	شناسه یکتا
	name	نام
	normalOpen	وضعیت سوئیچ false/true
	SwitchState	open/close
	phases	آرایش فازها {ABCN , ABC, ABN, ACN, BCN, AB, AC, BC, AN, BN, CN, A, B, C, N }
	MemberOf_EquipmentContainer	شناسه Bay یا VoltageLevel

انواع EquipmentContainers: Bay, VoltageLevel, Substation, Line

Fuse	ID	شناسه یکتا
	Name	نام
	ampRating	جریان قابل تحمل (A)
	MemberOf_Switch	شناسه سوئیچ مربوطه

Breaker	ID	شناسه یکتا
	Name	نام
	ampRating	جریان قابل تحمل (A)
	inTransitTime	زمان گذر از باز به بسته (S)
	MemberOf_Switch	شناسه سوئیچ مربوطه

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

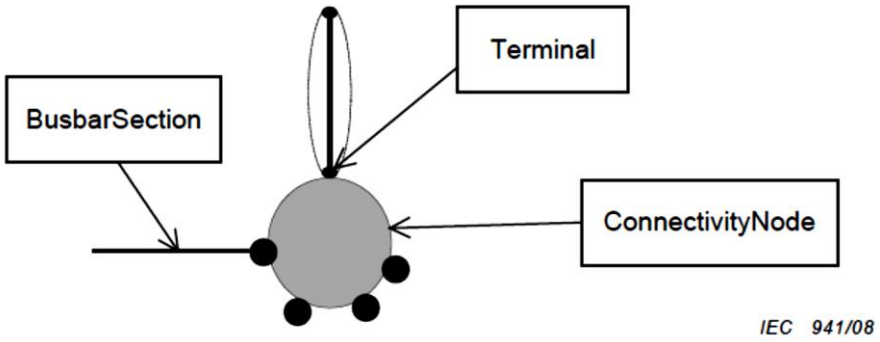
۵. کلاس Bay

Bay به عنوان محفظه‌ای برای Switch و ConnectivityNode در یک پست تعریف می‌شود.

Bay	ID	شناسه یکتا
	Name	نام
	MemberOf_Substation	شناسه مربوط به پست
	PSRType	نوع Bay، به طور مثال ورودی/ خروجی
	BreakerConfiguration	singleBreaker/ breakerAndAHalf/ doubleBreaker/ noBreaker
	BusbarConfiguration	singleBus/ doubleBus/ mainWithTransfer/ ringBus

۶. کلاس BusbarSection

شکل زیر اتصال BusbarSection که دارای یک ترمینال است را مشخص می‌کند. کلاس‌های مربوطه در ادامه معرفی شده‌اند.



BusbarSection	ID	شناسه یکتا
	Name	نام
	MemberOf_EquipmentContainer	شناسه مربوط به VoltageLevel

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

Terminal	ID	شناسه یکتا
	ConductingEquipment	شناسه تجهیز دربردارنده ترمینال
	ConnectivityNode	شناسه ConnectivityNode

ConnectivityNode	ID	شناسه یکتا
	MemberOf_EquipmentContainer	شناسه کلاس دربردارنده (به طور مثال پست یا Bay)

۷. کلاس PowerTransformer

PowerTransformer باید در یک Substation قرار داشته باشد.

از مدل ترانسفورماتور می‌توان برای مدل‌سازی اتوترانسفورماتور نیز استفاده کرد. به عبارت دیگر،به منظور مدل‌سازی اتوترانسفورماتور، اگرچه سیم‌پیچی‌ها مجزا نیستند، اما در CIM با فرض دو سیم‌پیچی مجزا نسبت تبدیل تعریف می‌شود.

در شبکه‌های توزیع از رگولاتور ولتاژ خط که معمولاً اتوترانسفورماتور با نسبت تبدیل ۱:۱ است استفاده می‌شود. مشکلی که در مدل‌سازی رگولاتور وجود دارد تعریف امپدانس نشتی بوده که در حالت نسبت ۱:۱ این امپدانس برابر صفر است. بنابراین برای اتوترانسفورماتورها با نسبت تبدیل ۱:۱ امپدانس نشتی باید در شرایطی تعریف شود که تپ آن روی حداکثر مقدار قرار دارد.

مجموعه‌های مرتبط با ترانسفورماتور عبارتند از:

Substation → PowerTransformer → TransformerWinding

لینک مرتبط با BaseVoltage → TransformerWinding باید در نظر گرفته شود.

BaseVoltage باید مرتبط با سطح ولتاژ TransformerWinding باشد.

PowerTransformer	ID	شناسه کتا
	Name	نام
	transfCoolingType	نوع سیستم خنک کننده
	MemberOf_Substation	شناسه پست دربردارنده ترانسفورماتور

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

TransformerWinding	ID	شناسه یکتا
	MemberOf_PowerTransformer	شناسه ترانسفورماتور در بردارنده سیم‌پیچی
	BaseVoltage	شناسه ولتاژ پایه
	windingType	نوع سیم‌پیچی (اولیه/ ...)
	ratedKV	ولتاژ نامی
	ratedMVA	ظرفیت نامی
	r	مقاومت (اهم)
	x	راکتانس (اهم)
	g	رسانایی (زیمنس)
	shortTermMVA	ظرفیت کوتاه مدت
	WindingConnection	D(delta)/ Y(Wye)/ Z(ZigZog)

۸. کلاس Line

Line در شبکه توزیع همان فیدر است که از چندین ACLineSegment و Junction تشکیل شده است. علاوه بر این می‌تواند شامل سوئیچ، ترانسفورماتور MV/LV، خازن و رگولاتور ولتاژ باشد. با توجه به تعداد زیاد اجزا در نظر گرفتن هر Junction در یک پست مجازی منطقی نیست و می‌توان این تجهیزات را به عنوان عضوی از Line در نظر گرفت.

در صورتی که برای ترانسفورماتور و سوئیچ یک پست تعریف شود با توجه به اینکه پست نمی‌تواند عضوی از Line باشد لازم است دو Line مجزا تعریف شوند.

ConnectiveityNode و هر تجهیز به غیر از ACLineSegment، PowerTransformer و TransformerWinding باید داخل یک VoltageLevel تعریف شوند که خود VoltageLevel در Substation تعریف می‌شود. PowerTransformer و TransformerWinding نیز در Substation قرار دارند.

هر Line دارای لیستی از GmlPosition است که به ترتیب با توجه به مشخصه SequenceNumber تعریف می‌شود.

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

ظرفیت خط در کلاس WireType تعریف می‌شود.

Line	ID	شناسه یکتا
	Name	نام

ACLineSegment	ID	شناسه یکتا
	Bch	سوسپتانس (زیمنس)
	Length	طول (کیلومتر)
	r	مقاومت (اهم)
	x	راکتانس (اهم)
	ConductorType	نوع هادی
	Phases	آرایش فازها {ABCN , ABC, ABN, ACN, BCN, AB, AC, BC, AN, BN, CN, A, B, C, N }
	MemberOf_Line	شناسه فیدر
	BaseVoltage	شناسه ولتاژ پایه

GmlPosition	ID	شناسه یکتا
	xPosition	مختصات x
	yPosition	مختصات y
	Location	شناسه مکان
	SequenceNumber	شمارنده مختصات

۹. کلاس WireArrangment

به منظور محاسبه امپدانس خط نامتعادل لازم است آرایش خط مشخص شود.

WireArrangment	ID	شناسه یکتا
	WireType	شناسه نوع سیم
	ConductorType	نوع هادی

WireType	ID	شناسه یکتا
	ampRating	ظرفیت سیم (A)

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

برای محاسبه امپدانس در شرایط نامتعادل باید داده‌های مکانی X و Y (با توجه به رابطه Carson) علاوه بر WireType نیز در نظر گرفته شود.

WireArrangment	ID	شناسه یکتا
	WireType	شناسه نوع سیم
	ConductorType	نوع هادی
	mountingPointX	مقدار X محل نصب (عدد صحیح)
	mountingPointY	مقدار Y محل نصب (عدد صحیح)
	phase	کد فاز (A/B/C/N)

WireType	ID	شناسه یکتا
	ampRating	ظرفیت سیم
	resistance	مقاومت (اهم)
	gMR	شعاع متوسط هندسی
	radius	شعاع سطح مقطع (mm)
	phaseConductorCount	تعداد رشته هادی‌ها
	phaseConductorSpacing	فاصله بین رشته‌هادی‌ها (mm)

۱۰. کلاس EquivalentSource

بیانگر منبع ولتاژ بالادست بوده که به عنوان باس بی‌نهایت مدل می‌شود.

EquivalentSource	ID	شناسه یکتا
	Name	نام
	MemberOf_EquipmentContainter	شناسه کلاس دربردارنده به طور مثال VoltageLevel
	nominalVoltage	ولتاژ نامی (kV)
	r	مقاومت (اهم)
	x	راکتانس (اهم)
	voltageAngle	زاویه ولتاژ مدار باز
	voltageMagnitude	دامنه ولتاژ فاز به فاز مدار باز (kV)
	PSRType	نوع منبع

۱۱. کلاس Compensator

Compensator می‌تواند خازن یا راکتور باشد.

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

مشخصه اصلی این کلاس mVArPerSection است که در صورت مثبت بودن کلاس بیانگر خازن و در صورت منفی بودن بیانگر راکتور است. این تجهیز می‌تواند یک یا دو ترمینال داشته باشد که در صورت وجود یک ترمینال از نوع شانت است.

Compensator	ID	شناسه یکتا
	name	نام
	compensatorType	shunt/series
	impedance	امپدانس (اهم)
	maximumkV	حداکثر ولتاژ (kV)
	minimumkV	حداقل ولتاژ (kV)
	nominalkV	ولتاژ نامی (kV)
	maximumSections	حداکثر تعداد پله‌ها
	mVArPerSection	ظرفیت هر پله جبران‌ساز (MVar)
	nominalMVAr	ظرفیت نامی (MVar)
	MemberOf_EquipmentContainer	شناسه کلاس دربردارنده به طور مثال VoltageLevel

۱۲. کلاس EquivalentLoad

بار موجود در شبکه MV با کلاس CustomerLoad بیان می‌شود و بار موجود در شبکه LV تحت عنوان EquivalentLoad بیان می‌شود. مشخصه اصلی این کلاس customerCount است که بیانگر تعداد مشترکین متصل به ترانس هستند.

در صورت عدم وجود داده‌های جزئی مرتبط با مشترکین می‌توان از کلاس چکیده EnergyConsumer استفاده کرد.

EquivalentLoad	ID	شناسه یکتا
	MemberOf_EquipementContainer	شناسه کلاس دربردارنده به طور مثال VoltageLevel
	Pfixed	توان اکتیو (MW)
	Qfixed	توان راکتیو (MVar)
	powerFactor	ضریب توان
	customerCount	تعداد مشترک

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

۱۳. کلاس OutageSchedule و SwitchingOperation:

مرجع وضعیت تجهیزات نظیر کلیدها، خطوط و ترانسفورماتورها از نقطه نظر در مدار بودن، پکیج Outage است.

OutageSchedule	ID	شناسه یکتا
	name	نام
	startTime	زمان مربوط به وضعیت تجهیزات
	SwitchingOperation	شناسه مربوط به کلاس بیان کننده وضعیت تجهیزات

SwitchingOperation	ID	شناسه یکتا
	name	نام
	operationTime	زمان مربوط به وضعیت تجهیز
	newState	وضعیت مربوط به سوئیچ یا سایر تجهیزات نظیر ترانسفورماتور و ...
	Memberof_OutageSchedule	شناسه مربوط به برنامه خروج

۱۴. کلاس Asset

در مدیریت دارایی شبکه توزیع کلاس‌های موجود در پکیج Asset مورد استفاده قرار می‌گیرند که در ادامه کلاس‌های کاربردی آن معرفی می‌شوند.

Asset	utcNumber	کد یکتای تجهیز
	serialNumber	سریال تجهیز
	assetType	نوع کاربرد اطلاعات تجهیز (تعمیر و نگهداری، سمت مشترک و ...)
	manufactureDate	تاریخ تولید
	warrentyDate	زمان انقضاء گارانتی
	financialValue	ارزش مالی
	critical	وضعیت اهمیت تجهیز
	condition	شرایط تجهیز
	plantTransferDate	تاریخ انتقال به محل
	usage	نوع استفاده

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

زمان خرید	purchaseDate	
قیمت خرید	purchasePrice	
شماره ثبت سفارش	purchaseOrderNumber	
وضعیت آزمایش تجهیز	testStatus	
تاریخ وضعیت	statusDate	
وضعیت فعلی تجهیز	currentStatus	
شماره Lot	lotNumber	

۱۵. کلاس FailureEvent

کد مربوط به خطا	failureCode	FailureEvent
روش جداکردن خطا	isolationMethod	
روش مکان یابی خطا	faultLocationMethod	
مکان وقوع خطا	locationOfFailure	

۱۶. کلاس **SwitchingSchedule**

این کلاس برنامه زمانی اجرای تغییر در وضعیت سوئیچ‌ها در شبکه را مشخص می‌کند. این کلاس برای تعیین زمان اعمال وضعیت سوئیچ‌ها با کلاس ScheduleStep ارتباط دارد. این کلاس در در پکیج Operation تعریف می‌شود.

زمان خاتمه	endDateTime	SwitchingSchedule
دلیل سوئیچینگ	reason	
زمان شروع	startDateTime	
شناسه ScheduleStep	memberOf_ScheduleStep	

زمان تکمیل فرآیند	completedDateTime	ScheduleStep
وضعیت نهایی	desiredEndState	
اقدامات کنترلی مورد نیاز	requiredControlAction	
وضعیت مربوطه	status	

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

۱۷. کلاس **OutageRecord**

این کلاس برای مشخص کردن خروجی‌های شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این راستا زمان خروج و زمان بازگشت به مدار، نوع خروجی، نوع خرابی و اقدامات انجام شده به عنوان مشخصه تعیین می‌شوند.

OutageRecord	actionTaken	اقدامات انجام شده
	currentStatus	وضعیت فعلی
	damageCode	کد مربوط به خطا
	endDateTime	زمان خاتمه
	isPlanned	آیا خروج از نوع برنامه‌ریزی شده است؟
	mode	مدخرابی
	outageType	نوع خروج
	startDateTime	زمان شروع

۱۸. کلاس **OperationalRestriction**

محدودیت‌های ویژه در بهره‌برداری توسط این کلاس مشخص می‌شود.

OperationalRestriction	endDateTime	زمان خاتمه
	reason	دلیل لحاظ شرایط خاص
	restriction	نوع محدودیت
	startDateTime	زمان شروع

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

پیوست ب:

ب-۱-طرح کلید گذاری بر روی فیدرهای بدون اتصال پشتیبان

بسیاری از فیدرهای روستایی به‌صورت اجتناب ناپذیر بدون اتصال پشتیبان بهره‌برداری می‌گردند. اگر در این فیدرها بخواهد کلید اتوماسیونی قرارگیرد تنها مزیت این کلید جداسازی قسمت خطا دیده بوده و بازیابی بار از دیگر فیدرها امکان‌پذیر نیست. در این حالت برای جانمایی کلیدها بر روی این فیدر و محاسبه مختصات مکان‌های نصب کلید فرض‌های زیر انجام می‌گردد.

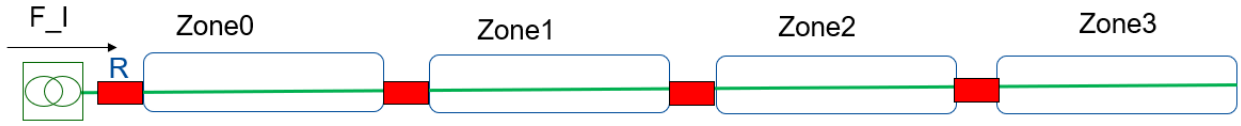
۱-نرخ خرابی در طول فیدر یکنواخت ($\lambda(l) = const$) است.

۲-متوسط زمان تعمیر برای همه‌ی المان‌ها یکسان و ثابت است.

۳-منحنی تغییرات زمانی بار در نقاط مختلف طول فیدر یکسان می‌باشد.

٤-مدت زمان عملیات کلیدزنی (جداسازی و بازیابی) صفر ثانیه باشد.

در این سطح از مطالعات از مقدار تلفات صرف‌نظر می‌گردد و برای بهینه‌سازی مکان نقاط اتوماسیون تنها مقدار انرژی توزیع نشده درنظر گرفته می‌شود و هدف کاهش مقدار انرژی توزیع نشده می‌باشد. در این حالت تابع هدف و قیود ساده شده جایابی کلید به‌صورت رابطه (۸) می‌باشد. در این رابطه Uها نمایانگر مجموع زمان خاموشی ($\sum \lambda r$) در هر زون می‌باشد و Pها مجموع بار هر زون را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲: فیدر نمونه تنها برای جایابی کلید.

باتوجه به فرضیات درنظر گرفته شده می‌توان فرض کرد که $U_i = \alpha \times L_i$ و $P_i = \beta \times L_i$ که Li طول کل فیدر در زون i می‌باشد. سپس برای حل این تابع هدف اگر از روش لاگرانژ استفاده شود، با اعمال شرایط Kuhn-Tucker، نقاط بهینه برای انتخاب مختصات سه کلید معمولا باز به‌صورت رابطه (۹) در می‌آید. در این رابطه Ltot برابر با کل طول فیدر با احتساب تمام شاخه‌ها می‌باشد. این رابطه بیان می‌دارد مکان بهینه کلیدها طوری باید در طول فیدر قرار گیرند که طول فیدر به ٤ قسمت مساوی تقسیم گردد.

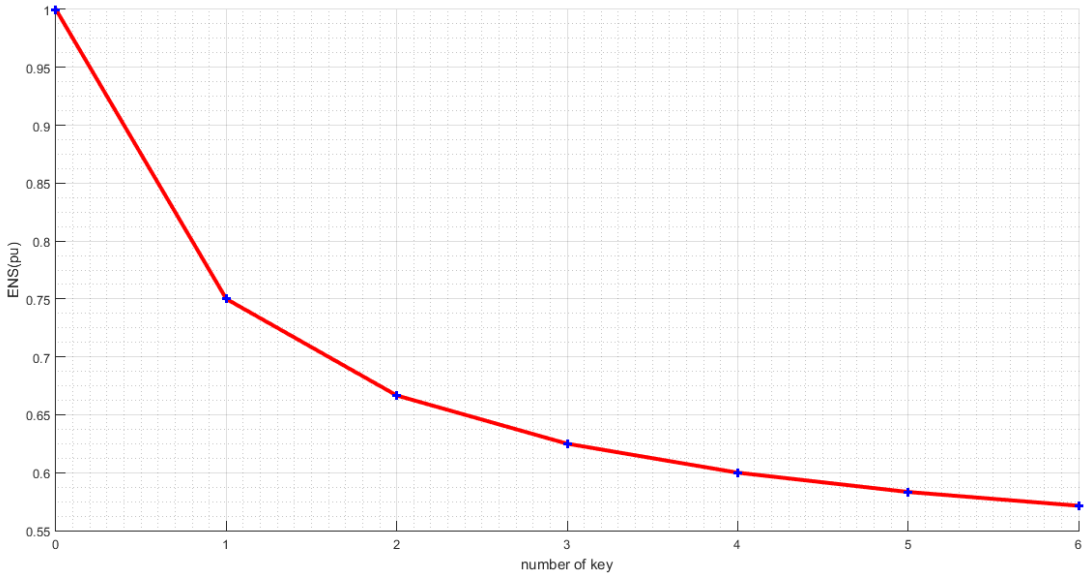
طبق این رابطه که برای سه کلید اثبات شد می‌توان به همین شکل برای n کلید نیز اثبات نمود. در این صورت مقدار شاخص انرژی توزیع نشده بهینه بر حسب پریونیت برای تعداد مختلف کلید در شکل ۱۳ نشان داده شده‌است.

$$ENS = U_0 \times (P_0 + P_1 + P_2 + P_3) + U_1 \times (P_1 + P_2 + P_3) + U_2 \times (P_2 + P_3) + U_3 \times P_3 \quad (۸)$$

$$sb:\ P_0 + P_1 + P_2 + P_3 = Const, U_0 + U_1 + U_2 + U_3 = Const$$

$$Li = \frac{1}{4} \times Ltot \quad (۹)$$

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا



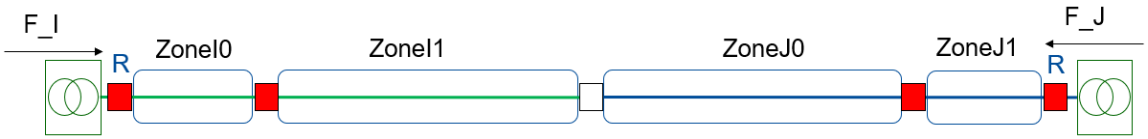
شکل ۱۳: تغییر مقدار انرژی توزیع نشده نسبت به تعداد کلید برای یک فیدر تنها.

با کمی تامل و ساده‌سازی می‌توان این موضوع را برای حالت‌هایی که مقدار انرژی توزیع نشده و بار در طول فیدر به‌صورت یکنواخت توزیع نشده‌اند به‌صورت رابطه (۱۰) تعمیم داد. طبق این رابطه مکان نقاط اتوماسیون در طول فیدر طوری باید قرار گیرند که در تمام زون‌ها مقدار $U_i \times P_i$ برابر باشد.

$$U_i \times P_i = U_j \times P_j \qquad (۱۰)$$

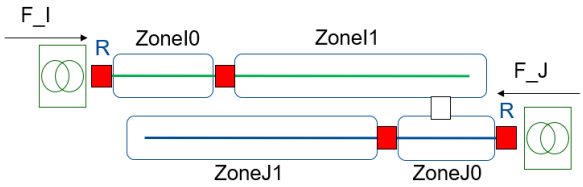
ب-۲-طرح ۱,۵ کلید

در طرح ۱,۵ کلید مطابق با شکل ۱٤ یک کلید مانوری بین دو فیدر در زون‌های انتهایی قرار می‌گیرد و برای هر فیدر یک کلید معمولا بسته در طول فیدر قرار می‌گیرد. این طرح با حالت‌های غیر متعارف دیگری همانند شکل ۱۵ و شکل ۱٦ از جمله ارتباط مانوری زون ابتدای یک فیدر با زون انتهای یک فیدر و یا ارتباط مانوری زون‌های ابتدایی نیز قابل پیاده‌سازی است. اما به‌راحتی می‌توان ثابت نمود که طرح شکل ۱٤ بهینه‌ترین طرح ممکن است.

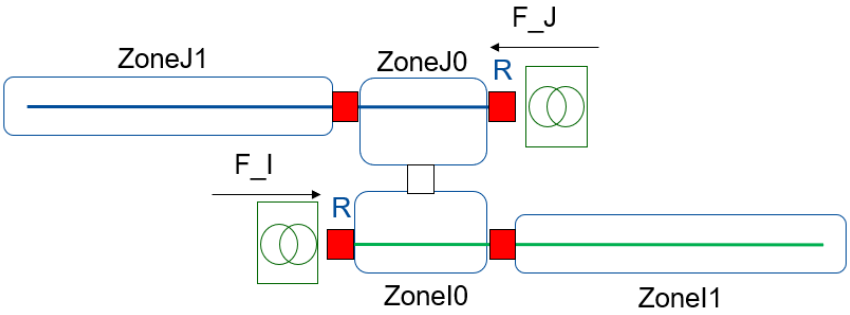


شکل ۱٤: طرح ۱,۵ کلید برای جانمایی نقاط اتوماسیون.

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا



شکل ۱۵: طرح ۱,۵ کلید برای جانمایی نقاط اتوماسیون با ارتباط زون‌های ابتدایی و انتهایی.



شکل ۱۶: طرح ۱,۵ کلید برای جانمایی نقاط اتوماسیون با ارتباط زون‌های ابتدایی.

در این قسمت روابط انرژی توزیع نشده مطابق رابطه (۱۱) می‌باشد. البته این درصورتی است که هر دو فیدر ماکزیمم به اندازه ۲/۳ ظرفیت اضطراری خود بارگذاری شده باشند و بقیه ظرفیت فیدر برای عملیات مانور به‌عنوان رزرو در نظر گرفته شود. در این حالت نیز بهینه‌ترین حالت ممکن برای مختصات نقاط اتوماسیون زمانی بدست می‌آید که روابط (۱۲) یا (۱۳) صدق نماید.

$$ENS = U_{10} \times P_{10} + U_{11} \times P_{11} + U_{20} \times P_{20} + U_{21} \times P_{21} \quad (۱۱)$$

$$sb: P_{10} + P_{11} + P_{20} + P_{21} = Const, U_{10} + U_{11} + U_{20} + U_{21} = Const$$

$$Li = \frac{1}{4} \times (Ltot1 + Ltot2) \quad (۱۲)$$

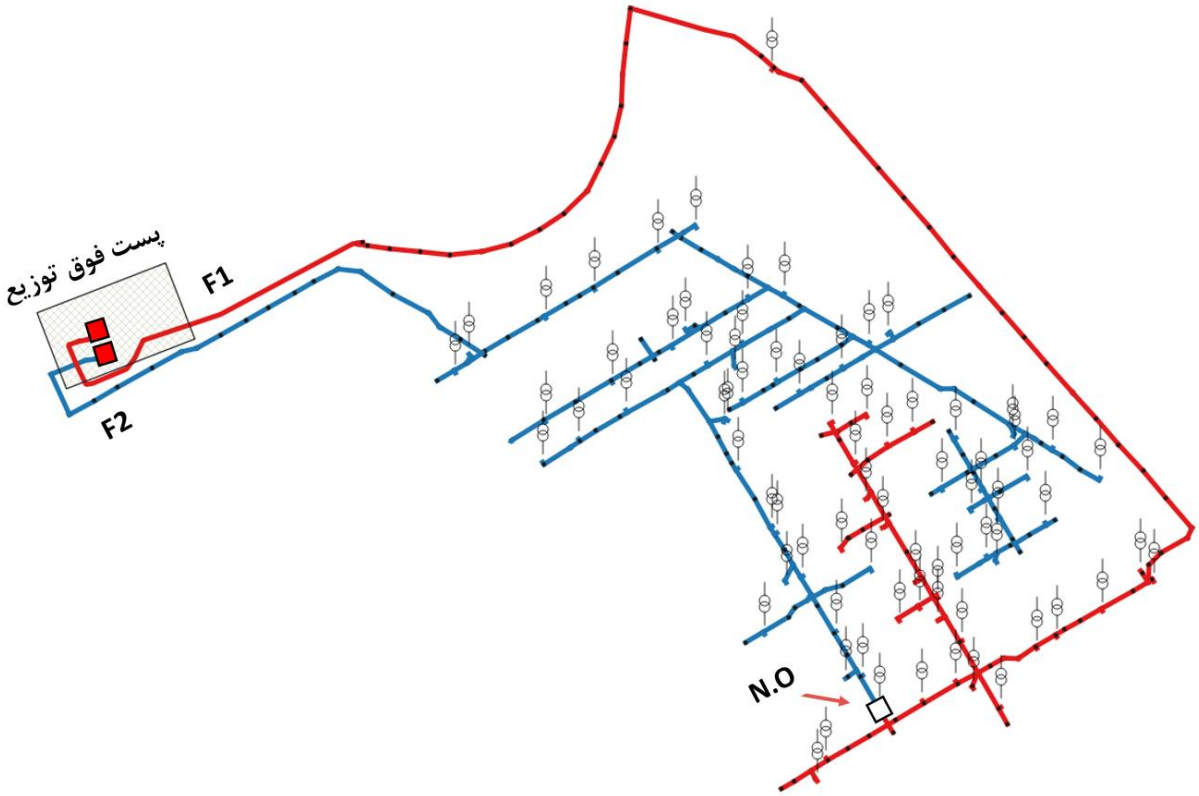
$$U_{1i} \times P_{1i} = U_{2j} \times P_{2j} \quad (۱۳)$$

در روابط (۱۱) الی (۱۳) P_{ij} و U_{ij} به‌ترتیب مجموع بار و مدت کل خاموشی در زون j فیدر i می‌باشد. $Ltot1$ و $Ltot2$ به‌ترتیب کل طول فیدر یک و دو است.

پیوست ج:

به‌منظور شناسایی دقیق‌تر فرایند بهینه‌سازی جایابی کلید در شبکه‌های توزیع و اطلاعات مورد نیاز در این پیوست مثالی از فرایند جایابی کلید آورده شده است. در این مثال بر روی دو فیدر نمونه شهری مطالعات جایابی کلید به‌منظور یافتن مکان بهینه کلیدهای اتوماسیون (ردیف چهارم جدول ۹) انجام می‌شود. این دو فیدر در شکل ۱۷ نشان داده شده است. این مثال طبق الزامات سطح دوم دستورالعمل انجام می‌گیرد.

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا



شکل ۱۷: موقعیت فیدرهای نمونه و کلیدهای موجود بر روی این فیدرها.

این دو فیدر دارای یک حفاظت اصلی در ابتدای فیدر و در پست فوق توزیع هستند و دارای یک کلید معمولاً باز (با قابلیت اتوماسیون) در محل نشان داده شده در شکل می‌باشند. خلاصه‌ای از اطلاعات این دو فیدر در جدول ۲۲ آورده شده است.

جدول ۲۲: خلاصه اطلاعات فیدرهای نمونه

نام فیدر	طول هوایی (KM)	طول زمینی (KM)	تعداد ترانسفورماتور توزیع	بار پیک (MW)	ENS سال اخیر (MWh)
F1	۳,۷۱	۰,۸۶	۲۶	۵,۴۹	۱۶,۲۸
F2	۵,۵۹	۰,۱۲	۵۱	۱۲,۰۵	۱۶,۵۷

طبق ملاحظات سطح دوم جایابی کلید باید ابتدا اطلاعات دک بهره‌برداری و دک برنامه‌ریزی شبکه به همراه اطلاعات مورد نیاز برای مطالعات قابلیت اطمینان و اتصال کوتاه، تعیین هزینه خرید و نصب کلید، هزینه انرژی توزیع نشده، هزینه تلفات، محدودیات خاص در بارها و کلیدها و ... جمع‌آوری شود. بدین منظور ابتدا اطلاعات موجود از این فیدرهای نمونه طبق جدول ۲۳ بررسی اولیه و در مورد نحوه مدل‌سازی تصمیم‌گیری می‌شود.

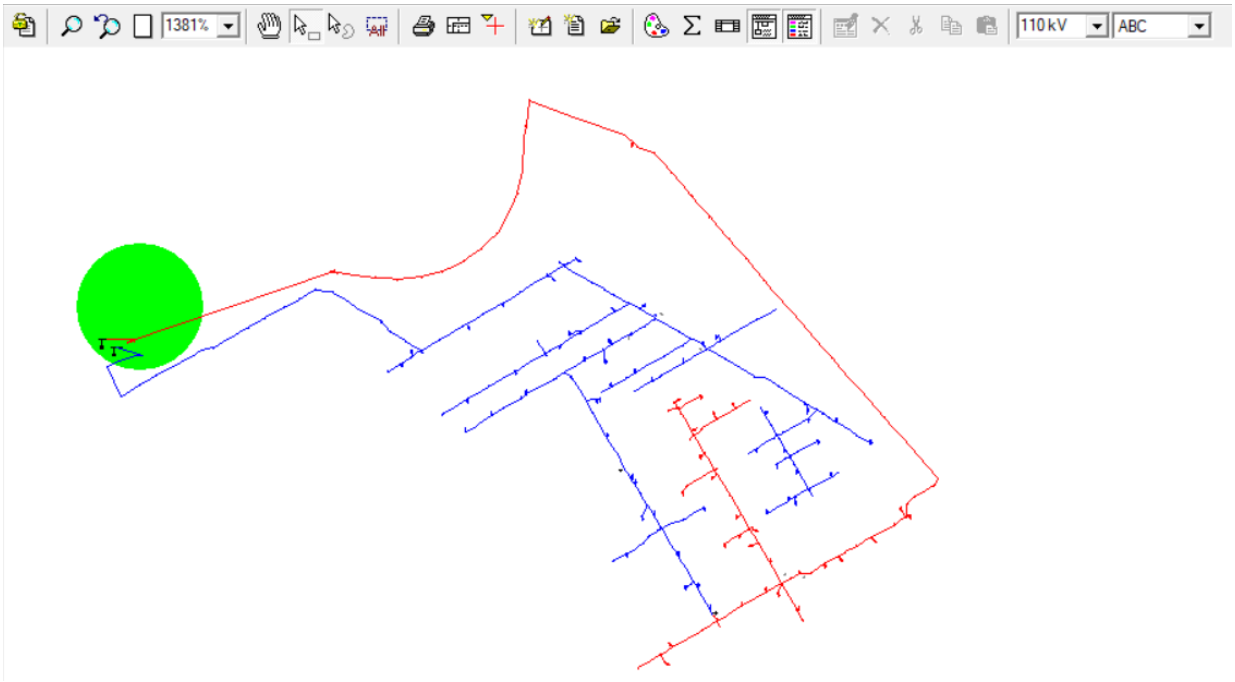
پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

جدول ۲۳: بررسی اولیه اطلاعات موجود و تصمیم گیری در خصوص مدل‌سازی

ردیف	نام اطلاعات	منبع دستیابی	میزان اطلاعات	تصمیم گیری در خصوص نحوه مدل‌سازی
۱	اطلاعات استاتیکی شبکه	پایگاه داده اطلاعات مکانی	کافی–تمامی المان‌های مورد نیاز طبق [۱] وجود دارد.	امکان ایجاد مدل الکتریکی شبکه وجود دارد
۲	اطلاعات بار و وضعیت بهره‌برداری در پیک	پایگاه داده ۱۲۱ سامانه بارگیری ترانسفورماتورها– پایگاه داده سامانه سنجش و پایش انرژی مدیریت شبکه	اطلاعات بارگیری ترانسفورماتورهای توزیع وجود دارد، اطلاعات توان اکتیو و راکتیو ابتدای فیدر در بازه یک سال اخیر با دوره نمونه برداری ساعت به ساعت، اطلاعات ولتاژ ابتدای فیدر در زمان پیک بار وجود دارد	مطابق [۱] و جدول یک برای بار در دک بهره‌برداری مدل سطح چهار استفاده می‌شود. برای تغییرات زمانی بار مطابق جدول پنج مدل تک سطحی استفاده می‌شود.
۳	اطلاعات وضعیت کلیدها و جمپرها	سامانه ۱۲۱	کافی	مطابق با آرایش شبکه در پیک بار عمل می‌شود.
٤	اطلاعات قابلیت اطمینان	سامانه ۱۲۱	تنها اطلاعات خاموشی به تفکیک علت، زمان وقوع، مدت تداوم و بار متأثر موجود است.	از نرخ متوسط خرابی و مدت متوسط تعمیرات یکنواخت در طول فیدر استفاده می‌شود.
٥	اطلاعات مورد نیاز برای دک برنامه‌ریزی	–	دستورکاری در خصوص این دو فیدر وجود ندارد و بقیه اطلاعات مورد نیاز در دسترس نیست.	از درصد رشد بار متوسط منطقه برای میزان رشد بارهای موجود استفاده می‌شود.
٦	محدودیت بودجه و تعداد کلید	–	–	تعداد ونوع کلیدهای تخصیص یافته جدید از قبل مشخص است لذا متغیرهای تصمیم تنها شامل مکان کلیدهای جدید و تغییر مکان کلیدهای قدیمی می‌باشد.

خلاصه اطلاعات هر دو این فیدرها در جدول ۲۲ آمده است. همانطور که در دستورالعمل بیان شده است اولین گام برای مطالعات جایابی کلید، تهیه دک بهره‌برداری می‌باشد. در این مثال این دک در نرم‌افزار PowerFactory (دیگسایلنت) همانند شکل ۱۸ باتوجه به مرجع [۱] از پایگاه داده GIS کانورت شده است. این دک مربوط به پیک بار سال اخیر این دو فیدر که همزمان با پیک بار پست فوق توزیع می‌باشد. اطلاعات خطوط و نقاط ترانسفورماتور و بار شبکه به‌ترتیب در جدول ۲٤ و جدول ۲۵ آورده شده است

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا



شکل ۱۸: دک بهره‌برداری فیدرهای نمونه در نرم افزار دیگسایلنت

جدول ۲٤: اطلاعات خطوط در دک بهره‌برداری

شماره خط	شماره گره ابتدا	شماره گره انتها	مقاومت (%pu)	راکتانس (%pu)	طول (m)
۱	۱۰۱	۳٥٦	۰,۰۱۸۷٤٤	۰,۰۱۰٥۱	۳,۷
۲	۱۰۱	۳٥۷	۰,۰۲۰٤۰۸	۰,۰۱۱٤٤۳	٤,۰
۳	۱۰۱	۳٥۸	۰,۰۱۹۲۳۳	۰,۰۱۰۷۸٤	۳,۸
٤	۳٥۹	۲۲۷	۰,۰۱۹۲۸۳	۰,۰۱۰۸۱۲	۳,۸
٥	۲۰۰	۳٦۰	۰,۰۱۹۹٦	۰,۰۱۱۱۹۲	۳,۹
٦	۳٦۱	۲۰۷	۰,۰۱۹۲۲۹	۰,۰۱۰۷۸۲	۳,۸
۷	۳٦۲	۲۰۸	۰,۰۲۱٦٤	۰,۰۱۲۱۳٤	٤,۲
۸	۱۹۰	۳٦۳	۰,۰۲۱٤٤	۰,۰۱۲۰۲۱	٤,۲
۹	۱۹۲	۳٦٤	۰,۰۲۲۷۲۹	۰,۰۱۲۷٤٤	٤,٤
۱۰	۱۹٦	۳٦٥	۰,۰۱۸۳٥٤	۰,۰۱۰۲۹۱	۳,٦
۱۱	۱۷٥	۳٦٦	۰,۰۱۹۲٤۸	۰,۰۱۰۷۹۲	۳,۸
۱۲	۱۷۳	۳٦۷	۰,۰۱۹۰۰۸	۰,۰۱۰٦٥۸	۳,۷
۱۳	۱۷۲	۳٦۸	۰,۰۲۲٤۷٥	۰,۰۱۲٦۰۲	٤,٤
۱٤	۳٦۹	۱٦۷	۰,۰۲۰٤۳۱	۰,۰۱۱٤٥٦	٤,۰
۱٥	۲۳۲	۳۷۰	۰,۰۱۸۸۳۲	۰,۰۱۰٥٥۹	۳,۷
۱٦	۲۳۸	۳۷۱	۰,۰۱۹۸۷۱	۰,۰۱۱۱٤۲	۳,۹
۱۷	۳۷۲	۲٤۱	۰,۰۱۹٦۸٤	۰,۰۱۱۰۳۷	۳,۸

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

ادامه جدول ۲٤ : اطلاعات خطوط در دک بهره‌برداری

طول (m)	راکتانس (pu%)	مقاومت (pu%)	شماره گره انتها	شماره گره ابتدا	شماره خط
۳,۹	۰,۰۱۱۲۷	۰,۰۲۰۰۹۹	۳۷۳	۲۳٦	۱۸
٤,۰	۰,۰۱۱٤٤۲	۰,۰۲۰٤۰٦	۳۷٤	۲٤٤	۱۹
۳,۸	۰,۰۱۰۸۳٦	۰,۰۱۹۳۲۵	۳۷۵	۱۹۵	۲۰
۵,۵	۰,۰۱۵٦۸٦	۰,۰۲۷۹۷٦	۳۷٦	۱۸۲	۲۱
۵,٤	۰,۰۱۵۳۷۸	۰,۰۲۷٤۲۷	۳۷۷	۱۸۲	۲۲
٤,۰	۰,۰۱۱۵۵٤	۰,۰۲۰٦۰٦	۳۷۸	۱۷۰	۲۳
٤,۰	۰,۰۱۱۵۷۹	۰,۰۲۰٦۵۲	۳۷۹	۱٦٤	۲٤
۳,۷	۰,۰۱۰٦۰۷	۰,۰۱۸۹۱۸	۳۸۰	۱٤۵	۲۵
٤,۵	۰,۰۱۲۹۰۵	۰,۰۲۳۰۱٦	۳۸۱	۱٤۸	۲٦
٤,۲	۰,۰۱۲۱٤۸	۰,۰۲۱٦٦٦	۳۸۲	۱۵۱	۲۷
٤,۳	۰,۰۱۲٤٦۹	۰,۰۲۲۲۳۸	۳۸۳	۱۲۰	۲۸
۳,۹	۰,۰۱۱۱۷۱	۰,۰۱۹۹۲۲	۳۸٤	۱۲٦	۲۹
٤,۳	۰,۰۱۲۳٤۸	۰,۰۲۲۰۲۲	۳۸۵	۱۲۸	۳۰
٤,۱	۰,۰۱۱۸۳۳	۰,۰۲۱۱۰٤	۳۸٦	۱۳۵	۳۱
۳,۹	۰,۰۱۱۱۵٦	۰,۰۱۹۸۹۷	۳۸۷	۱۳۰	۳۲
٤,۰	۰,۰۱۱٦۱٤	۰,۰۲۰۷۱۳	۳۸۸	۱۳۹	۳۳
۳,۹	۰,۰۱۱۱۰۲	۰,۰۱۹۸	۳۸۹	۱٤۰	۳٤
۳,۹	۰,۰۱۱۲۹۹	۰,۰۲۰۱۵۱	۳۹۰	۲٤۸	۳۵
٤,۱	۰,۰۱۱٦۵۳	۰,۰۲۰۷۸۲	۲۵۱	۳۹۱	۳٦
٤,۰	۰,۰۱۱۵۵	۰,۰۲۰۵۹۹	۳۹۲	۱۵۹	۳۷
۳,۷	۰,۰۱۰٦۹۹	۰,۰۱۹۰۸۱	۳۹۳	۱۵۸	۳۸
٤,٤	۰,۰۱۲٦۸٤	۰,۰۲۲٦۲۲	۳۹٤	۱۵۵	۳۹
۳,۹	۰,۰۱۱۱۱۱	۰,۰۱۹۸۱٦	۳۹۵	۲۲۱	٤۰
٤,۳	۰,۰۱۲٤۲	۰,۰۲۲۱۵۱	۳۹٦	۲۲٤	٤۱
۳,۹	۰,۰۱۱۱۷۲	۰,۰۱۹۹۲۵	٤۰۱	۱۳۳	٤۲
٤,۳	۰,۰۱۲۳۷۵	۰,۰۲۲۰۷	٤۱۳	۳۰٦	٤۳
٤,٤	۰,۰۱۲٦٦۳	۰,۰۲۲۵۸۵	٤۱٤	۳۰۷	٤٤
٤,۵	۰,۰۱۳۰٦۹	۰,۰۲۳۳۰۹	٤۱۵	۳۰۹	٤۵
۳,۸	۰,۰۱۰۹٤۲	۰,۰۱۹۵۱۵	۳۱٤	٤۱۸	٤٦
٤,٤	۰,۰۱۲٦۱۷	۰,۰۲۲۵۰۳	۳۱۳	٤۱۹	٤۷
٤,۱	۰,۰۱۱۷۲۲	۰,۰۲۰۹۰٦	٤۲۰	۳۱۸	٤۸

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

ادامه جدول ۲٤ : اطلاعات خطوط در دک بهره‌برداری

طول (m)	راکتانس (pu%)	مقاومت (pu%)	شماره گره انتها	شماره گره ابتدا	شماره خط
۳,۹	۰,۰۱۱۱۹۳	۰,۰۱۹۹٦۲	٤۲۱	۳۱۹	٤۹
٤,۳	۰,۰۱۲۳۳٤	۰,۰۲۱۹۹۸	٤۲٤	۲٥۳	٥۰
٤,۰	۰,۰۱۱٤٦٦	۰,۰۲۰٤٤۹	٤۲٥	۲٥۹	٥۱
٤,٥	۰,۰۱۲۸۳	۰,۰۲۲۸۸۲	۳۲۳	٤۲٦	٥۲
٤,٥	۰,۰۱۳۰۰۹	۰,۰۲۳۲۰۱	٤٤۰	۳۳۳	٥۳
٤,۷	۰,۰۱۳٥۲٦	۰,۰۲٤۱۲٤	۳۳٤	۲۸	٥٤
۳,۹	۰,۰۱۱۲۹٤	۰,۰۲۰۱٤۲	۳۳٥	٥۱	٥٥
۳,۸	۰,۰۱۰۹۹۲	۰,۰۱۹٦۰٥	۳۳٦	٦۰	٥٦
٤,٤	۰,۰۱۲٥٥٤	۰,۰۲۲۳۹	۳۳۷	٥٦	٥۷
٤,۷	۰,۰۱۳٤٥۲	۰,۰۲۳۹۹۲	۳۳۸	٥۹	٥۸
٤,۰	۰,۰۱۱٥۳۷	۰,۰۲۰٥۷٦	۳۳۹	٥٤	٥۹
۳,۹	۰,۰۱۱۲۰۲	۰,۰۱۹۹۷۸	۳٤۰	۸۰	٦۰
۳,۹	۰,۰۱۱۲۱۲	۰,۰۱۹۹۹۷	۳٤۱	٦۱	٦۱
۳,۷	۰,۰۱۰٦٥	۰,۰۱۸۹۹٤	۳٤۲	۷۰	٦۲
۳,۸	۰,۰۱۱۰٤۸	۰,۰۱۹۷۰٤	۳٤۳	۷۱	٦۳
۳,۷	۰,۰۱۰۷۱۷	۰,۰۱۹۱۱۳	۷۹	۳٤٤	٦٤
٤,٤	۰,۰۱۲٦۳٦	۰,۰۲۲٥۳٦	۳٤٥	۷۳	٦٥
٤,٤	۰,۰۱۲۷۱۱	۰,۰۲۲٦۷	۳٤٦	۷٤	٦٦
٤,٤	۰,۰۱۲٦٤٦	۰,۰۲۲٥٥٤	۳٤۷	۲٦۲	٦۷
٤,٦	۰,۰۱۳۳٤۱	۰,۰۲۳۷۹٤	۳٤۸	۲٦٤	٦۸
٤,۰	۰,۰۱۱٤٥٥	۰,۰۲۰٤۳	۳٤۹	۲٦۸	٦۹
۳,۸	۰,۰۱۰۹٤۱	۰,۰۱۹٥۱۳	۳٥۰	۲٦٦	۷۰
٤,۰	۰,۰۱۱٦۰٤	۰,۰۲۰٦۹٦	۳٥۱	۲۷۱	۷۱
٤,۰	۰,۰۱۱٥۲	۰,۰۲۰٥٤٥	۳٥۲	۲٦۹	۷۲
٤,٤	۰,۰۱۲٦۷٤	۰,۰۲۲٦۰٤	۳٥۳	۳۰۰	۷۳
٤,۹	۰,۰۱٤۲۱	۰,۰۲٥۳٤۲	۳٥٤	۳۰۱	۷٤
۱,۲	۰,۰۰۳٥۷۳	۰,۰۰٦۳۷۳	۱۷۹	۱۸۱	۷٥
٤,۳	۰,۰۱۲٤۰۹	۰,۰۲۲۱۳۱	٤۳٥	۳۲۷	۷٦
۲۷,۸	۰,۰۷۹۸۸۹	۰,۱٤۲٤۸	۳۹۸	۱٦۰	۷۷
۲۷,۸	۰,۰۷۹۸۸۹	۰,۱٤۲٤۸	۱٦۲	۳۹۸	۷۸
۱۸,٤	۰,۰٥۲۹٤۳	۰,۰۹٤٤۲۲	۱٦۳	۱٦۲	۷۹

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

ادامه جدول ۲٤ : اطلاعات خطوط در دک بهره‌برداری

طول (m)	راکتانس (pu%)	مقاومت (pu%)	شماره گره انتها	شماره گره ابتدا	شماره خط
٤٧,٣	۰,۱۳۵۸٤۱	۰,۲٤۲۲۷	۱٦٤	۱٦۳	۸۰
۳۱,۹	۰,۰۹۱۷۱۱	۰,۱٦۳٥٦٥	۱٦٥	۱٦٤	۸۱
۱۱,٤	۰,۰۱۷۳٤۹	۰,۰۰۸۲۰٤	٤٤۲	٤۰٦	۸۲
۱۱,۲	۰,۰۱۷۰۹۹	۰,۰۰۸۰۸٦	٤٤۱	٤۰۸	۸۳
٥۷,۷	۰,۰۸۸۰۰۱	۰,۰٤۱٦۱٥	۳۹	٤۰۷	۸٤
٥۹٥,٤	۰,۹۰۷٥٥۸	۰,٤۲۹۱۷۷	٦	٤۰٥	۸٥
۲۲٥,۷	۰,۳٤٤۰۷٤	۰,۱٦۲۷۱	۲٦	۲۷	۸٦
۳٦,۰	۰,۰٥۲۷٤۲	۰,۱۸۷۸۱۹	۲۲۹	۲۲۸	۸۷
۳۳,٤	۰,۰٤۸۸٥۸	۰,۱۷۳۹۹	۲۳۰	۲۲۹	۸۸
۱,۰	۰,۰۰۳۰۷۷	۰,۰۰۲٦۸۸	۱۲	۱۱	۸۹
۰,۷	۰,۰۰۲۲٤۲	۰,۰۰۱۹٥۹	۱۷	۱٦	۹۰
۱,۱	۰,۰۰۳۳۷	۰,۰۰۲۹٤٤	۲٤	۲۳	۹۱
۱,٦	۰,۰۰٥۱۹۸	۰,۰۰٤٥٤۱	۲۹	۳۰	۹۲
۲,۰	۰,۰۰٦٤٤٤	۰,۰۰٥٦۲۹	٤٦	٤٥	۹۳
۰,٦	۰,۰۰۱۷۷۷	۰,۰۰۱٥٥۲	٤۱	٤۰	۹٤
۱,۲	۰,۰۰۳۷۲۹	۰,۰۰۳۲٥۷	۳۹	۳۸	۹٥
۱,٦	۰,۰۰٥۲۱۱	۰,۰۰٤٥٥۲	٦۹	٦۸	۹٦
۰,۹	۰,۰۰۲۹۸٥	۰,۰۰۲٦۰۸	۸٤	۸۳	۹۷
۱,۱	۰,۰۰۳۳۸۱	۰,۰۰۲۹٥٤	۸۹	۸۸	۹۸
۲,۰	۰,۰۰٦۳۰٤	۰,۰۰٥٥۰۷	۹٤	۹۳	۹۹
۲,۰	۰,۰۰٦٤۳٥	۰,۰۰٥٦۲۱	۹۹	۹۸	۱۰۰
۱,۱	۰,۰۰۳٦۱٦	۰,۰۰۳۱٥۹	۱۰۰	۹۸	۱۰۱
۱,۰	۰,۰۰۳۱۲۸	۰,۰۰۲۷۳۳	۱۰٤	۱۰۳	۱۰۲
۱,٦	۰,۰۰٥۰۲٤	۰,۰۰٤۳۸۸	۱۰۷	۱۰٦	۱۰۳
۱,۳	۰,۰۰٤۳۰۹	۰,۰۰۳۷٦٤	۱۱۰	۱۱۲	۱۰٤
۱,۹	۰,۰۰٦۱۳۹	۰,۰۰٥۳٦۳	۱۱٤	۱۱۳	۱۰٥
۱,۲	۰,۰۰۳۷۰۱	۰,۰۰۳۲۳۳	۲۰۱	۲۰۰	۱۰٦
۱,۰	۰,۰۰۳۱۷۱	۰,۰۰۲۷۷	۱۸٥	۱۸٦	۱۰۷
۲,۰	۰,۰۰٦٤۷۹	۰,۰۰٥٦٥۹	۱۹۸	۱۹۷	۱۰۸
۱,۷	۰,۰۰٥٥٥۲	۰,۰۰٤۸٥	۱۸٤	۱۸۳	۱۰۹
۲,۱	۰,۰۰٦٥۸۲	۰,۰۰٥۷٥	۱۸۰	۱۷۹	۱۱۰

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

ادامه جدول ۲٤ : اطلاعات خطوط در دک بهره‌برداری

طول (m)	راکتانس (pu%)	مقاومت (pu%)	شماره گره انتها	شماره گره ابتدا	شماره خط
۱,۲	۰,۰۰۳۷۲	۰,۰۰۳۲٤۹	۱٦۷	۱٦٦	۱۱۱
۱,۰	۰,۰۰۳۰۳٦	۰,۰۰۲٦٥۲	۱٥٤	۱٥۳	۱۱۲
٦,۹	۰,۰۲۱۹٦	۰,۰۱۹۱۸٤	۳۹۹	٤۰۰	۱۱۳
۲,۰	۰,۰۰٦۲۸۹	۰,۰۰٥٤۹٤	۲۷٤	۲۷٥	۱۱٤
۱,۹	۰,۰۰٦۱٤٥	۰,۰۰٥۳٦۸	۲۸۱	۲۸۲	۱۱٥
۱,۹	۰,۰۰٥۹۸۳	۰,۰۰٥۲۲۷	۲۸۳	۲۸٤	۱۱٦
۱,۷	۰,۰۰٥٥٤۷	۰,۰۰٤۸٤٦	۲۸۸	۲۸۹	۱۱۷
۱,۷	۰,۰۰٥٥۳۸	۰,۰۰٤۸۳۷	۲۸٦	۲۸۷	۱۱۸
۰,۸	۰,۰۰۲٦۷۸	۰,۰۰۲۳٤	۲۹۷	۲۹۸	۱۱۹
۰,۸	۰,۰۰۲٥٤۱	۰,۰۰۲۲۲	۲۹۹	۲۹۷	۱۲۰
۲,۰	۰,۰۰٦٤۱۷	۰,۰۰٥٦۰٥	۲۱٤	۲۱۳	۱۲۱
۱,۲	۰,۰۰۳۸۹٦	۰,۰۰۳٤۰٤	۳۱۷	۳۱٦	۱۲۲
۱,۷	۰,۰۰٥۳۰۷	۰,۰۰٤٦۳٦	٤۲۷	٤۲۸	۱۲۳
۲,٤	۰,۰۰۷٥٦۸	۰,۰۰٦٦۱۱	٤۳۳	٤۳٤	۱۲٤
۱,٦	۰,۰۰٥۱۲۱	۰,۰۰٤٤۷۳	۳۲۸	۳۲۹	۱۲٥
۱,۷	۰,۰۰٥٥٥۷	۰,۰۰٤۸٥٥	۹٥	۹٦	۱۲٦
٤۷,۰	۰,۱٥۰۱۷۳	۰,۱۳۱۱۸٦	۱٥	۱٤	۱۲۷
٤۹,٦	۰,۱٥۸٥۱٥	۰,۱۳۸٤۷۳	۱٤	۱۳	۱۲۸
٤۷,۷	۰,۱٥۲۳٥	۰,۱۳۳۰۸۷	۱۳	۱۲	۱۲۹
٥۲,۱	۰,۱٦٦۳۹۹	۰,۱٤٥۳٦	۱۱	۱۰	۱۳۰
٤۹,۰	۰,۱٥٦۷۱۱	۰,۱۳٦۸۹۷	۹	٥	۱۳۱
٤۷,۳	۰,۱٥۱	۰,۱۳۱۹۰۸	۱۰	۹	۱۳۲
٥۱,۹	۰,۱٦٥۸٥٥	۰,۱٤٤۸۸٥	۱٦	۱٥	۱۳۳
٤۷,۰	۰,۱٥۰۲٥۷	۰,۱۳۱۲٥۹	۱۷	۱۸	۱۳٤
٤۹,٥	۰,۱٥۸۱٦٥	۰,۱۳۸۱٦۷	۱۹	۱۸	۱۳٥
٥۰,٤	۰,۱٦۱۰۱۷	۰,۱٤۰٦٥۸	۲۲	۱۹	۱۳٦
٤۹,۱	۰,۱٥۷۰۲٤	۰,۱۳۷۱۷	۲۳	۲۲	۱۳۷
٤۹,۳	۰,۱٥۷٦۸٤	۰,۱۳۷۷٤۷	۲٥	۲٤	۱۳۸
٥٦,۷	۰,۱۸۱۲۲۹	۰,۱٥۸۳۱٥	۲٦	۲٥	۱۳۹
۹,۱	۰,۰۲۸۹۷۸	۰,۰۲٥۳۱٤	۲۸	۲۹	۱٤۰
۲٦,٥	۰,۰۸٤٥۳	۰,۰۷۳۸٤۲	۲۷	۲۸	۱٤۱

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

ادامه جدول ۲٤ : اطلاعات خطوط در دک بهره‌برداری

طول (m)	راکتانس (pu%)	مقاومت (pu%)	شماره گره انتها	شماره گره ابتدا	شماره خط
۱۵,۲	۰,۰٤۸۵۷	۰,۰٤۲٤۲۹	۷	٤	۱٤۲
۳٦,۳	۰,۱۱٦۱۳۳	۰,۱۰۱٤٤۹	۵	٤	۱٤۳
٤۷,۰	۰,۱۵۰۱۸۲	۰,۱۳۱۱۹۳	۳۵	۳٦	۱٤٤
۱۷,۱	۰,۰۵٤۵۷٦	۰,۰٤۷٦۷٦	۳۷	۲	۱٤۵
٦۹,۷	۰,۲۲۲٦۹۷	۰,۱۹٤۵٤	۳۸	٤۱	۱٤٦
٤۵,٤	۰,۱٤۵۱۹۱	۰,۱۲٦۸۳۳	٤۲	٤۰	۱٤۷
٤۲,۲	۰,۱۳٤۸٦۲	۰,۱۱۷۸۱۱	٤۳	٤۲	۱٤۸
٦۳,۱	۰,۲۰۱٦۰۲	۰,۱۷٦۱۱۲	٤۳	٤٤	۱٤۹
۵۲,۱	۰,۱٦٦۵٦۷	۰,۱٤۵۵۰۷	٤۵	٤٤	۱۵۰
۵٦,۸	۰,۱۸۱۳۷	۰,۱۵۸٤۳۸	٦۱	٦۲	۱۵۱
۲۳,۱	۰,۰۷۳۹۷۱	۰,۰٦٤٦۱۸	٦۹	٦٦	۱۵۲
۳۲,۱	۰,۱۰۲۷۰۹	۰,۰۸۹۷۲۲	۷۰	٦۸	۱۵۳
۳٦,۸	۰,۱۱۷٦۳	۰,۱۰۲۷۵۷	۷۱	۷۰	۱۵٤
۱۷,۳	۰,۰۵۵۳۳۲	۰,۰٤۸۳۳٦	۷۲	۷۱	۱۵۵
٦٦,۵	۰,۲۱۲٤۵۹	۰,۱۸۵۵۹٦	٦۲	۸۰	۱۵٦
۵٤,۳	۰,۱۷۳٤۵۱	۰,۱۵۱۵۲	۹۱	۹۰	۱۵۷
۵۵,۸	۰,۱۷۸٤۵	۰,۱۵۵۸۸۸	۹۰	۸۹	۱۵۸
٦۱,٦	۰,۱۹٦۸۸۲	۰,۱۷۱۹۸۹	۸۷	۸۸	۱۵۹
۵۵,۷	۰,۱۷۸۱۱٦	۰,۱۵۵۵۹٦	۸٦	۸۷	۱٦۰
۵۲,۲	۰,۱٦٦٦۹۲	۰,۱٤۵٦۱٦	۸۵	۸٦	۱٦۱
۵٦,۵	۰,۱۸۰۵۲٤	۰,۱۵۷٦۹۹	۸٤	۸۵	۱٦۲
٦۱,۳	۰,۱۹۵۸۵۱	۰,۱۷۱۰۸۸	۸۲	۸۳	۱٦۳
٦۱,۲	۰,۱۹۵۵۲۹	۰,۱۷۰۸۰۷	۸۱	۸۲	۱٦٤
٦۱,۰	۰,۱۹٤۹	۰,۱۷۰۲۵۸	۳٤	۸۱	۱٦۵
۱۰,۲	۰,۰۳۲۵	۰,۰۲۸۳۹۱	٤۰۰	۱۲۵	۱٦٦
۱۰,۲	۰,۰۳۲۵	۰,۰۲۸۳۹۱	۱۲۳	٤۰۰	۱٦۷
۲۳,۱	۰,۰۷۳۸۹۱	۰,۰٦٤۵٤۹	۹۷	۹۵	۱٦۸
۳٦,۹	۰,۱۱۸۰٤۵	۰,۱۰۳۱۲	۹۸	۹۷	۱٦۹
٦۸,۷	۰,۲۱۹٦۸۱	۰,۱۹۱۹۰۵	۲۱۹	۱۱۸	۱۷۰
۲۸,۵	۰,۰۹۱۰۸٦	۰,۰۷۹۵۷	۲۲۲	۲۱۹	۱۷۱
۲۵,۲	۰,۰۸۰٤۸۵	۰,۰۷۰۳۰۸	۲۲٤	۲۲۳	۱۷۲

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

ادامه جدول ۲٤ : اطلاعات خطوط در دک بهره‌برداری

طول (m)	راکتانس (pu%)	مقاومت (pu%)	شماره گره انتها	شماره گره ابتدا	شماره خط
۱٤,۹	۰,۰٤۷٥٥٥	۰,۰٤۱٥٤۲	۲۲۱	۲۲۰	۱۷۳
٤٥,۷	۰,۱٤٦۱۹٤	۰,۱۲۷۷۱	۲۱۷	۲۱۸	۱۷٤
٤۷,۳	۰,۱٥۱۰۱٥	۰,۱۳۱۹۲۱	۲۱٦	۲۱۷	۱۷٥
٤٥,۰	۰,۱٤۳۹۳۸	۰,۱۲٥۷۳۹	۲۱۳	۲۱٦	۱۷٦
۳۲,۰	۰,۱۰۲۲۲۹	۰,۰۸۹۳۰۳	۱۱۲	۲۱٤	۱۷۷
۲٤,٤	۰,۰۷۸۰۸٤	۰,۰٦۸۲۱۱	۱۱۳	۱۱۲	۱۷۸
۳٤,۷	۰,۱۱۰۷٦٦	۰,۰۹٦۷٦۱	۲۰۰	۱۰۰	۱۷۹
۱۸,۸	۰,۰٦۰۲۱۱	۰,۰٥۲٥۹۸	٤۲۷	۲۱۰	۱۸۰
۱۸,۸	۰,۰٦۰۲۱۱	۰,۰٥۲٥۹۸	۲۱۲	٤۲۷	۱۸۱
۳۳,۸	۰,۱۰۸۰۹۹	۰,۰۹٤٤۳۱	۱۹۸	۱۹۹	۱۸۲
۲۷,٥	۰,۰۸۷۸۱۹	۰,۰۷٦۷۱٥	۱۹۹	۱۰٤	۱۸۳
۱٥,۸	۰,۰٥۰٥۲۹	۰,۰٤٤۱٤	۱۸۳	۱۸٦	۱۸٤
٥۹,۹	۰,۱۹۱۳۱۸	۰,۱٦۷۱۲۹	۱۷۹	۱۸٤	۱۸٥
۲۷,۹	۰,۰۸۹۱٥	۰,۰۷۷۸۷۸	۱۲۱	۱۲۰	۱۸٦
۱۷,۲	۰,۰٥٤۸٤۲	۰,۰٤۷۹۰۸	۳۹۹	۱۲۱	۱۸۷
۱۷,۲	۰,۰٥٤۸٤۲	۰,۰٤۷۹۰۸	۱۲۲	۳۹۹	۱۸۸
۲۹,٦	۰,۰۹٤٥۳٦	۰,۰۸۲٥۸۳	۱۲۸	۱۲۲	۱۸۹
۱۸,۲	۰,۰٥۸۰۷۳	۰,۰٥۰۷۳	٤۰۹	۱۲۸	۱۹۰
۱۸,۲	۰,۰٥۸۰۷۳	۰,۰٥۰۷۳	۱۲۹	٤۰۹	۱۹۱
٥۸,۱	۰,۱۸٥۷۲٤	۰,۱٦۲۲٤۲	۲٤۸	۲٤۹	۱۹۲
۳۷,۸	۰,۱۲۰۹۱٥	۰,۱۰٥٦۲۷	۲٤۷	۲٤۸	۱۹۳
۲۸,٦	۰,۰۹۱٤۷۲	۰,۰۷۹۹۰۷	۷۲	۲٤۷	۱۹٤
۲٦,٦	۰,۰۸٤۸۸٦	۰,۰۷٤۱٥۳	٤۳۷	۱٥۹	۱۹٥
۲٦,٦	۰,۰۸٤۸۸٦	۰,۰۷٤۱٥۳	۱٥٦	٤۳۷	۱۹٦
۲۸,٤	۰,۰۹۰٦۷٦	۰,۰۷۹۲۱۱	٤۱۱	۱٥٦	۱۹۷
۲۸,٤	۰,۰۹۰٦۷٦	۰,۰۷۹۲۱۱	۱٥۳	٤۱۱	۱۹۸
٥٤,۹	۰,۱۷٥٥٦۷	۰,۱٥۳۳٦۹	۱٥۲	۱٥۳	۱۹۹
٤۸,۳	۰,۱٥٤۲۷٥	۰,۱۳٤۷٦۹	۱٤۹	۱٥۲	۲۰۰
۳٥,٦	۰,۱۱۳۸۱٤	۰,۰۹۹٤۲٤	٤۰۲	۱٤۹	۲۰۱
۳٥,٦	۰,۱۱۳۸۱٤	۰,۰۹۹٤۲٤	۱٤۳	٤۰۲	۲۰۲
۲۰,٥	۰,۰٦٥٤۸۱	۰,۰٥۷۲۰۲	۱۰۹	۱۰۷	۲۰۳

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

ادامه جدول ۲٤ : اطلاعات خطوط در دک بهره‌برداری

طول (m)	راکتانس (pu%)	مقاومت (pu%)	شماره گره انتها	شماره گره ابتدا	شماره خط
٤٦,١	۰,١٤٧٤٠٨	۰,١٢٨٧٧	٢٤٢	١٠٩	٢٠٤
٣٠,٠	۰,۰٩٥٧٩١	۰,۰٨٣٦٧٩	٢٤٣	٢٤٢	٢٠٥
٤٢,١	۰,١٣٤٤٨٨	۰,١١٧٤٨٣	٢٤٤	٢٤٣	٢٠٦
٩,٢	۰,۰٢٩٢٩٢	۰,۰٢٥٥٨٩	٢٤٥	٢٤٤	٢٠٧
٣١,٦	۰,١٠١١٢٤	۰,۰٨٨٣٣٨	٢٥٣	٢٥٤	٢٠٨
٤٣,١	۰,١٣٧٨٥	۰,١٢٠٤٢١	٢٥٧	٢٥٥	٢٠٩
٥٥,٦	۰,١٧٧٦٩٧	۰,١٥٥٢٣	٢٥٨	٢٥٧	٢١٠
١٢,١	۰,۰٣٨٦٤٦	۰,۰٣٣٧٦	٢٥٨	٢٥٩	٢١١
٤٠,١	۰,١٢٨١٨٦	۰,١١١٩٧٩	٢٥٩	٢٦٠	٢١٢
٢٤,٩	۰,۰٧٩٤٢٤	۰,۰٦٩٣٨٢	٢٦١	٢٦٠	٢١٣
٢٥,٥	۰,۰٨١٣٦٥	۰,۰٧١۰٧٧	٢٦٢	٢٦١	٢١٤
٢٤,٧	۰,۰٧٩۰٧٤	۰,۰٦٩۰٧٦	٤٦	٢٧٥	٢١٥
٤٢,۰	۰,١٣٤١١٤	۰,١١٧١٥٧	٢٧٤	٢٧٧	٢١٦
٤٦,٤	۰,١٤٨٣٥٨	۰,١٢٩٦	٢٧٧	٢٧٨	٢١٧
٤١,٩	۰,١٣٣٧٨	۰,١١٦٨٦٥	٢٧٨	٢٧٩	٢١٨
٤٨,٦	۰,١٥٥١٦٧	۰,١٣٥٥٤٨	٢٨۰	٢٧٩	٢١٩
٣٤,٥	۰,١١۰٣١١	۰,۰٩٦٣٦٤	٢٧٦	٢٨۰	٢٢۰
٤٢,٣	۰,١٣٥١٤٩	۰,١١٨۰٦١	٢٧٦	٢٨٢	٢٢١
٣٥,٤	۰,١١٣٢٧٨	۰,۰٩٨٩٥٦	٢٨٣	٢٨١	٢٢٢
٦١,٨	۰,١٩٧٤٩٥	۰,١٧٢٥٢٤	٢٨٤	٢٨٥	٢٢٣
٦٣,٣	۰,٢۰٢٣٩	۰,١٧٦٨	٢٨٥	٢٨٦	٢٢٤
٢٧,٤	۰,۰٨٧٤٦	۰,۰٧٦٤۰٢	٢٨٨	٢٨٧	٢٢٥
٣٦,٨	۰,١١٧٦٨٥	۰,١۰٢٨۰٥	٢٩۰	٢٨٩	٢٢٦
٧٢,٩	۰,٢٣٢٩٣٣	۰,٢۰٣٤٨١	٢٦٣	٢٦٤	٢٢٧
٤٥,٩	۰,١٤٦٥٣٣	۰,١٢٨۰۰٦	٢٦٢	٢٦٣	٢٢٨
٤٦,٦	۰,١٤٩۰١٢	۰,١٣۰١٧١	٦١	١٤٣	٢٢٩
١٦,٥	۰,۰٥٢٧٧٤	۰,۰٤٦١۰٢	٤٢٣	٢٦٤	٢٣۰
١٦,٥	۰,۰٥٢٧٧٤	۰,۰٤٦١۰٢	٢٩٢	٤٢٢	٢٣١
٥,٧	۰,۰١٨۰٦٢	۰,۰١٥٧٧٨	٤٢٢	٢٩٤	٢٣٢
٥,٧	۰,۰١٨۰٦٢	۰,۰١٥٧٧٨	٤٢٣	٤٢٢	٢٣٣
٥,٧	۰,۰١٨۰٦٢	۰,۰١٥٧٧٨	٢٩٥	٤٢٣	٢٣٤

ادامه جدول ٢٤ : اطلاعات خطوط در دک بهره‌برداری

طول (m)	راکتانس (pu%)	مقاومت (pu%)	شماره گره انتها	شماره گره ابتدا	شماره خط
٣٨,٢	٠,١٢١٩٦	٠,١٠٦٥٤	٩٢	٢٩٥	٢٣٥
٢٧,٨	٠,٠٨٨٨٧	٠,٠٧٧٦٣٣	٢٩٦	٣٥	٢٣٦
٢٧,٣	٠,٠٨٧٢٣١	٠,٠٧٦٢٠٢	٢٩٦	٢٩٨	٢٣٧
٢٧,٢	٠,٠٨٦٩٨٩	٠,٠٧٥٩٩	٢٤٩	٢٩٩	٢٣٨
٣٨,٧	٠,١٢٣٧٧٧	٠,١٠٨١٢٧	٢١	٣٠	٢٣٩
٢٤,٧	٠,٠٧٩٠١٦	٠,٠٦٩٠٢٥	٢٥٣	٣١٦	٢٤٠
١٠,٨	٠,٠٣٤٦١١	٠,٠٣٠٢٣٥	٤٣٢	٢٥٥	٢٤١
١٠,٨	٠,٠٣٤٦١١	٠,٠٣٠٢٣٥	٣١٦	٤٣١	٢٤٢
٢٨,٨	٠,٠٩٢١٦٩	٠,٠٨٠٥١٥	٩٣	٩٢	٢٤٣
١٧,٧	٠,٠٥٦٥٢١	٠,٠٤٩٣٧٥	١٣٠	١٢٩	٢٤٤
٣٩,٥	٠,١٢٦٣١٤	٠,١١٠٣٤٣	٣٢٠	١٣٠	٢٤٥
١١,٣	٠,٠٣٦٢٦٨	٠,٠٣١٦٨٢	٤٣٣	٣٢٠	٢٤٦
١١,٣	٠,٠٣٦٢٦٨	٠,٠٣١٦٨٢	٣٢١	٤٣٣	٢٤٧
١٥,٤	٠,٠٤٩٢٣٨	٠,٠٤٣٠١٢	٤٣٢	٢٥٦	٢٤٨
١٥,٤	٠,٠٤٩٢٣٨	٠,٠٤٣٠١٢	٤٣١	٤٣٢	٢٤٩
١٥,٤	٠,٠٤٩٢٣٨	٠,٠٤٣٠١٢	٢٩٠	٤٣١	٢٥٠
٣٧,٢	٠,١١٨٨١٢	٠,١٠٣٧٩	٣٢٩	١١٨	٢٥١
٢٠,٩	٠,٠٦٦٧٨٤	٠,٠٥٨٣٤	١١٧	٣٢٨	٢٥٢
٣٣,٧	٠,١٠٧٦٦٨	٠,٠٩٤٠٥٥	٣٣٠	٢٢٤	٢٥٣
٣١,١	٠,٠٩٩٣١٩	٠,٠٨٦٧٦٢	١٢٤	٣٣٠	٢٥٤
٢٨,٦	٠,٠٩١٣٧٤	٠,٠٧٩٨٢١	٩٦	٩٤	٢٥٥
١,٢	٠,٠٠٣٧٦٦	٠,٠٠٥٩	٩٤	٣٥٥	٢٥٦
٢,٠	٠,٠٠٦٤٥	٠,٠١٠١٠٦	١١١	١١٠	٢٥٧
١,٩	٠,٠٠٦٠٦٦	٠,٠٠٩٥٠٤	١١٦	١١٧	٢٥٨
١,٧	٠,٠٠٥٥١٩	٠,٠٠٨٦٤٧	٢٢٥	٢٢٦	٢٥٩
١,٠	٠,٠٠٣٣٠٤	٠,٠٠٥١٧٦	٢٢٣	٢٢٢	٢٦٠
١,٠	٠,٠٠٣٢٣٩	٠,٠٠٥٠٧٥	٢١٩	٢٢٠	٢٦١
١,٩	٠,٠٠٦٠١٩	٠,٠٠٩٤٣١	١٨٨	١٨٩	٢٦٢
٠,٨	٠,٠٠٢٥٠٨	٠,٠٠٣٩٣	١٩٤	١٩٣	٢٦٣
٠,٤	٠,٠٠١٣٢٢	٠,٠٠٢٠٧١	١٦٩	١٦٨	٢٦٤
١,٠	٠,٠٠٣٢١	٠,٠٠٥٠٣	٢٣٤	٢٣٥	٢٦٥

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
١
٢
٣
۴
۵
۶
٧
٨
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

ادامه جدول ۲٤ : اطلاعات خطوط در دک بهره‌برداری

طول (m)	راکتانس (pu%)	مقاومت (pu%)	شماره گره انتها	شماره گره ابتدا	شماره خط
۰,۹	۰,۰۰۲۹۸٦	۰,۰۰٤٦۷۹	۱٤۳	۱٤٤	۲٦٦
۰,٦	۰,۰۰۲۰۲٥	۰,۰۰۳۱۷۳	۱٥۰	۱٤۹	۲٦۷
۱,۳	۰,۰۰٤۲٤۹	۰,۰۰٦٦٥۸	۱۳۲	۱۳۱	۲٦۸
۱,۰	۰,۰۰۳۳۱۷	۰,۰۰٥۱۹۷	۱۳۷	۱۳۸	۲٦۹
۰,۹	۰,۰۰۲۷٤۳	۰,۰۰٤۲۹۷	۱٥٦	۱٥۷	۲۷۰
٤,۳	۰,۰۱۳٦۲٦	۰,۰۲۱۳٤۹	٤۰۲	٤۰۳	۲۷۱
۲,۰	۰,۰۰٦٤٦۳	۰,۰۱۰۱۲۷	٤۰٤	۲٦٥	۲۷۲
۱,۷	۰,۰۰٥۲٦	۰,۰۰۸۲٤۱	۲۷۳	۲۷۲	۲۷۳
٤,٥	۰,۰۱٤۱٤۳	۰,۰۲۲۱٦	٤۰۹	٤۱۰	۲۷٤
۲,۲	۰,۰۰٦۹۱٥	۰,۰۱۰۸۳٤	٤۱۱	٤۱۲	۲۷٥
۰,۹	۰,۰۰۲۷٦۹	۰,۰۰٤۳۳۹	۱٦۱	۱٦۰	۲۷٦
۲,۳	۰,۰۰۷۲٦۱	۰,۰۱۱۳۷۷	٤۱٦	٤۱۷	۲۷۷
۱,۱	۰,۰۰۳۳۸۱	۰,۰۰٥۲۹۷	٥۰	٤۹	۲۷۸
۰,۸	۰,۰۰۲٥۹۱	۰,۰۰٤۰٥۹	۲۹۳	۲۹۲	۲۷۹
٥,۱	۰,۰۱٦۱۹۸	۰,۰۲٥۳۸۱	۱٤٦	٤۲۹	۲۸۰
٤,٦	۰,۰۱٤٥٦۹	۰,۰۲۲۸۲۸	۱٤۷	٤۳۰	۲۸۱
۱,٤	۰,۰۰٤٥۲۳	۰,۰۰۷۰۸۷	۱٤۲	۱٤۱	۲۸۲
۰,۸	۰,۰۰۲۳۹۱	۰,۰۰۳۷٤۷	۱۲٤	۱۲۳	۲۸۳
۰,۹	۰,۰۰۲۷۸۲	۰,۰۰٤۳٥۹	۳۱٤	۳۱٥	۲۸٤
۲,۰	۰,۰۰۳۰۱۸	۰,۰۰۱٤۲۷	۲۰٤	۲۰۳	۲۸٥
۰,۸	۰,۰۰۱۱٦۲	۰,۰۰۰٥٤۹	۲۰٤	۲۰٥	۲۸٦
۱٦,۳	۰,۰۲٤۸۷۸	۰,۰۱۱۷٦٥	٤۰٥	٤۰٦	۲۸۷
۱۷,٤	۰,۰۲٦٥۱۸	۰,۰۱۲٥٤	٤۰۷	٤۰۸	۲۸۸
۰,٦	۰,۰۰۰۹٦٤	۰,۰۰۰٤٥٦	۷	۸	۲۸۹
۷,۷	۰,۰۱۱۷٤۳	۰,۰۰٥٥٥۳	۸	٦	۲۹۰
۲۷,٦	۰,۰٤۲۱٤٥	۰,۰۱۹۹۳	۳۰۸	۱٦۱	۲۹۱
۳٤,۲	۰,۱۲۱۰٦۸	۰,۲۷٥۹۰۸	۲۳۲	۱۱٤	۲۹۲
۳۰,۹	۰,۱۰۹۳٤۲	۰,۲٤۹۱۸٦	۲۳۳	۲۳۲	۲۹۳
۲۸,۸	۰,۱۰۱۷۲۲	۰,۲۳۱۸۲	۲۳٤	۲۳۳	۲۹٤
۱۹,۲	۰,۰٦۷۸٤۹	۰,۱٥٤٦۲٦	۲۳٦	۲۳٤	۲۹٥
٤٦,۰	۰,۱٦۲٦۳٦	۰,۳۷۰٦٤۱	۲۳۷	۲۳٦	۲۹٦

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

ادامه جدول ۲٤ : اطلاعات خطوط در دک بهره‌برداری

طول (m)	راکتانس (pu%)	مقاومت (pu%)	شماره گره انتها	شماره گره ابتدا	شماره خط
۱,۹	۰,۰۰۵۷۱۸	۰,۰۰۳۰۷۸	۳۱	۳۲	۲۹۷
۱,۰	۰,۰۰۲۸۷۹	۰,۰۰۱۵۵	۱	۲	۲۹۸
۱,۱	۰,۰۰۳۳۹۲	۰,۰۰۱۸۲٦	۳۷	۳٦	۲۹۹
۰,۵	۰,۰۰۱٦۲٦	۰,۰۰۰۸۷۵	۵۷	۵۸	۳۰۰
۱,٦	۰,۰۰٤٦۹٦	۰,۰۰۲۵۲۸	٦٦	٦۷	۳۰۱
۱,۲	۰,۰۰۳۵۷۱	۰,۰۰۱۹۲۲	٦۳	٦۲	۳۰۲
۱,۲	۰,۰۰۳٦۹٦	۰,۰۰۱۹۹	٦٤	٦۲	۳۰۳
۱۱,۵	۰,۰۳٤۵۹۳	۰,۰۱۸٦۲۱	۳۹۷	۳۹۸	۳۰٤
۵۹,۰	۰,۱۷۸۲۷۲	۰,۰۹۵۹٦٤	۲۱	۲۰	۳۰۵
٦۲,۷	۰,۱۸۹٤۱۹	۰,۱۰۱۹٦٤	۳٤	۳۳	۳۰٦
۵۹,٦	۰,۱۸۰۱۵۳	۰,۰۹٦۹۷٦	۳۲	۳۳	۳۰۷
٦٦,۲	۰,۱۹۹۹۵٤	۰,۱۰۷٦۳۵	۲۰	۳۱	۳۰۸
٦۱,۸	۰,۱۸٦۸۱۲	۰,۱۰۰۵٦	۱	۳	۳۰۹
٤۰,۲	۰,۱۲۱۵٦٦	۰,۰٦۵٤۳۸	۵۵	۵٤	۳۱۰
۲۹,۹	۰,۰۹۰۲۹۷	۰,۰٤۸٦۰۷	۵۸	۵۵	۳۱۱
۱۱,۹	۰,۰۳۵۹۱٤	۰,۰۱۹۳۳۲	۵٦	۵۸	۳۱۲
۵٤,٤	۰,۱٦٤۳۷۸	۰,۰۸۸٤۸٤	٦۰	۵٦	۳۱۳
۳۱,۳	۰,۰۹٤٦۹	۰,۰۵۰۹۷۱	۵۱	٤۹	۳۱٤
۳۷,۰	۰,۱۱۱٦۳۱	۰,۰٦۰۰۹۱	۵۲	۵۱	۳۱۵
٤۰,۳	۰,۱۲۱٦٤۱	۰,۰٦۵٤۷۹	۵۳	۵۲	۳۱٦
۱٦,۷	۰,۰۵۰۳٦۵	۰,۰۲۷۱۱۱	۷٦	٦۰	۳۱۷
۱٦,۳	۰,۰٤۹۳۷	۰,۰۲٦۵۷٦	٤۳۹	۷۵	۳۱۸
۱٦,۳	۰,۰٤۹۳۷	۰,۰۲٦۵۷٦	۵۳	٤۳۸	۳۱۹
۵۲,٤	۰,۱۵۸۱۹۲	۰,۰۸۵۱۵٤	۷٤	۷۵	۳۲۰
٦۲,۳	۰,۱۸۸۳۵۵	۰,۱۰۱۳۹۱	۷۳	۷٤	۳۲۱
۳۸,۱	۰,۱۱٤۹٦۱	۰,۰٦۱۸۸۳	۷۳	٦۲	۳۲۲
۲۱,۱	۰,۰٦۳٦۹٦	۰,۰۳٤۲۸۷	٦۵	٦۳	۳۲۳
۲۳,٦	۰,۰۷۱۳۳۵	۰,۰۳۸٤	٦۷	٦۵	۳۲٤
۲٦,۲	۰,۰۷۹۱۰۹	۰,۰٤۲۵۸٤	۳۹۷	۱٦۷	۳۲۵
۲٦,۲	۰,۰۷۹۱۰۹	۰,۰٤۲۵۸٤	۲٤٦	۳۹۷	۳۲٦
۵۰,۷	۰,۱۵۳۲۰۱	۰,۰۸۲٤٦۸	۵٤	۲٤٦	۳۲۷

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

ادامه جدول ۲٤ : اطلاعات خطوط در دک بهره‌برداری

طول (m)	راکتانس (pu%)	مقاومت (pu%)	شماره گره انتها	شماره گره ابتدا	شماره خط
٥٧,٥	٠,١٧٣٨٢٦	٠,٠٩٣٥٧	٢٩١	٩١	٣٢٨
٥٦,٨	٠,١٧١٦٦٧	٠,٠٩٢٤٠٨	٢٩١	٣	٣٢٩
٣١,٤	٠,٠٩٤٨٣٨	٠,٠٥١٠٥١	٤٧	٤٩	٣٣٠
٢٤,٠	٠,٠٧٢٥١١	٠,٠٣٩٠٣٢	٤٨	٤٧	٣٣١
١٠,٠	٠,٠٣٠٢٦٥	٠,٠١٦٢٩١	٤٣٩	٧٧	٣٣٢
١٠,٠	٠,٠٣٠٢٦٥	٠,٠١٦٢٩١	٤٣٨	٤٣٩	٣٣٣
١٠,٠	٠,٠٣٠٢٦٥	٠,٠١٦٢٩١	٧٨	٤٣٨	٣٣٤
١,٢	٠,٠٠٣٧٦٢	٠,٠٠٥٨٩٤	٢١٥	٢١٤	٣٣٥
١٦,٨	٠,٠٥٢٩٢٣	٠,٠٨٢٩٢٢	٥٩	٥٧	٣٣٦
٢٣,٢	٠,٠٧٣٢٤٨	٠,١١٤٧٧	٧٩	٦٤	٣٣٧
١٧,٩	٠,٠٥٦٦٢١	٠,٠٨٨٧١٧	١٢٦	١٢٧	٣٣٨
٤٩,٣	٠,١٥٥٧٩٥	٠,٢٤٤١٠٩	١٢٥	١٢٦	٣٣٩
٢٦,١	٠,٠٨٢٥٢٥	٠,١٢٩٣٠٥	١٠١	٩٩	٣٤٠
٣٠,٢	٠,٠٩٥٤٥٨	٠,١٤٩٥٦٩	١٠٢	١٠١	٣٤١
٩,٢	٠,٠٢٩٢٠٢	٠,٠٤٥٧٥٥	١٠٣	١٠٢	٣٤٢
٦١,٤	٠,١٩٤١٠٥	٠,٣٠٤١٣٦	١٠٥	١٠٣	٣٤٣
٢٨,٢	٠,٠٨٩٢١٨	٠,١٣٩٧٩٢	١٠٦	١٠٥	٣٤٤
٢٧,٨	٠,٠٨٧٧٧	٠,١٣٧٥٢٤	١٠٨	١٠٦	٣٤٥
١٣,٠	٠,٠٤١١٤٣	٠,٠٦٤٤٦٥	١١٠	١٠٨	٣٤٦
٤٦,٧	٠,١٤٧٥١٩	٠,٢٣١١٤٢	١١٥	١١١	٣٤٧
٧١,٦	٠,٢٢٦٠٣٥	٠,٣٥٤١٦٦	١١٦	١١٥	٣٤٨
١٤,٩	٠,٠٤٧١٣٧	٠,٠٧٣٨٥٧	٢٢٢	٢٢٦	٣٤٩
٢٦,٥	٠,٠٨٣٦٧	٠,١٣١٠٩٩	٢٤٠	٢٤١	٣٥٠
٤٢,٧	٠,١٣٤٩٦٩	٠,٢١١٤٧٧	٢٠٢	٢٠١	٣٥١
٤٥,٤	٠,١٤٣٢٥٨	٠,٢٢٤٤٦٥	٢٠٣	٢٠٢	٣٥٢
٥٣,٨	٠,١٦٩٨٤٧	٠,٢٦٦١٢٦	٢٠٨	٢٠٤	٣٥٣
٢٢,٦	٠,٠٧١٣٢٢	٠,١١١٧٥١	٢٠٩	٢٠٨	٣٥٤
١٧,٧	٠,٠٥٦٠٢٤	٠,٠٨٧٧٨٢	٤٢٨	٢٠٩	٣٥٥
١٧,٧	٠,٠٥٦٠٢٤	٠,٠٨٧٧٨٢	٢١١	٤٢٨	٣٥٦
٨,٦	٠,٠٢٧٢٥	٠,٠٤٢٦٩٧	٢٠٦	٢٠٥	٣٥٧
١٥,٨	٠,٠٥٠٠٠٨	٠,٠٧٨٣٥٦	٢٠٧	٢٠٦	٣٥٨

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

ادامه جدول ۲٤ : اطلاعات خطوط در دک بهره‌برداری

طول (m)	راکتانس (pu%)	مقاومت (pu%)	شماره گره انتها	شماره گره ابتدا	شماره خط
۱۳,۵	۰,۰٤۲۷٦۳	۰,۰٦۷۰۰٤	۱۹۰	۱۹۱	۳۵۹
٦٤,٦	۰,۲۰۳۹۷۷	۰,۳۱۹٦۰۳	۱۸۸	۱۹۰	۳٦۰
۷,۰	۰,۰۲۲۰۷	۰,۰۳٤۵۸۱	۲۳۱	۱۸۹	۳٦۱
۲۲,۹	۰,۰۷۲٤۳۳	۰,۱۱۳٤۹۳	۱۸۵	۲۳۱	۳٦۲
۲۵,۷	۰,۰۸۱۲۰۳	۰,۱۲۷۲۳٤	۱۸۵	۱۸۷	۳٦۳
۲٦,۹	۰,۰۸٤۸۷۸	۰,۱۳۲۹۹۲	۱۸۷	۱۹۲	۳٦٤
٤۵,٦	۰,۱٤٤۰۳۹	۰,۲۲۵٦۸۹	۱۹۳	۱۹۲	۳٦۵
۲۰,٤	۰,۰٦٤۳۹۵	۰,۱۰۰۸۹۸	۱۹۳	۱۹٦	۳٦٦
٤۷,۸	۰,۱۵۱۰۷۹	۰,۲۳٦۷۱۹	۱۹٦	۱۹۷	۳٦۷
۲۲,۸	۰,۰۷۱۸٦٦	۰,۱۱۲٦۰٤	۱۹٤	۱۹۵	۳٦۸
۲٦,٤	۰,۰۸۳۵۳۸	۰,۱۳۰۸۹۳	۱۷۸	۱۸۰	۳٦۹
۲۹,۵	۰,۰۹۳۲۱۵	۰,۱٤٦۰۵٤	۱۷۷	۱۷۸	۳۷۰
۱۸,۱	۰,۰۵۷۱۲۳	۰,۰۸۹۵۰٤	۱۷٦	۱۷۷	۳۷۱
۱۲,۳	۰,۰۳۸۹۲۳	۰,۰٦۰۹۸۷	۱۷۵	۱۷٦	۳۷۲
۵٤,۹	۰,۱۷۳۲۸۱	۰,۲۷۱۵۰۷	۱۷٤	۱۷۵	۳۷۳
۵۲,٤	۰,۱٦۵۳۸۱	۰,۲۵۹۱۳	۱۷۳	۱۷۴	۳۷٤
۱۳,٤	۰,۰٤۲۲۳	۰,۰٦٦۱٦۸	۱۷۲	۱۷۳	۳۷۵
۲۹,٤	۰,۰۹۲۸۳۱	۰,۱٤۵٤۵۳	۱۷۱	۱۷۲	۳۷٦
۲۷,٦	۰,۰۸۷۲۲۸	۰,۱۳٦٦۷٤	۱٦۸	۱۷۱	۳۷۷
۲۱,۹	۰,۰٦۹۲۹۹	۰,۱۰۸۵۸۲	۱٦٦	۱٦۸	۳۷۸
۲۷,۵	۰,۰۸٦۷۱٤	۰,۱۳۵۸٦۹	۱۷۰	۱٦۸	۳۷۹
۱۵,۰	۰,۰٤۷۵۲	۰,۰۷٤٤۵۷	۱۲۰	۱۱۹	۳۸۰
۲۵,٦	۰,۰۸۰۷۹۸	۰,۱۲٦۵۹۹	۱۳۲	۱۳۳	۳۸۱
۱٤,۲	۰,۰٤٤۹۲٤	۰,۰۷۰۳۹	٤۱۰	۱۳۱	۳۸۲
۱٤,۲	۰,۰٤٤۹۲٤	۰,۰۷۰۳۹	۱۳٤	٤۱۰	۳۸۳
٤۸,٤	۰,۱۵۳۰۱	۰,۲۳۹۷٤۵	۱۳٤	۱۳۵	۳۸٤
۱٦,۰	۰,۰۵۰۵۰۹	۰,۰۷۹۱٤۱	۲۵۱	۲۵۲	۳۸۵
۳۱,۲	۰,۰۹۸۵٦۷	۰,۱۵٤٤٤	۲۵۰	۲۵۱	۳۸٦
۲۵,٦	۰,۰۸۱۰۲۳	۰,۱۲٦۹۵۲	۱۳۷	۱۳٦	۳۸۷
۱٦,۳	۰,۰۵۱۵۵۸	۰,۰۸۰۷۸٤	۱٤۰	۱۳۷	۳۸۸
۱٤,۸	۰,۰٤٦۷٦۳	۰,۰۷۳۲۷۱	۱٤۱	۱٤۰	۳۸۹

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

ادامه جدول ۲٤ : اطلاعات خطوط در دک بهره‌برداری

طول (m)	راکتانس (pu%)	مقاومت (pu%)	شماره گره انتها	شماره گره ابتدا	شماره خط
۱۱,۱	۰,۰۳۵۰۰۵	۰,۰۵٤۸٤۷	۱۳۹	۱۳۸	۳۹۰
۸,۲	۰,۰۲٦۰۵۲	۰,۰٤۰۸۲	۱٤٤	۱٤۵	۳۹۱
۹,۹	۰,۰۳۱۳۸٦	۰,۰٤۹۱۷۷	۱۵۸	۱۵۷	۳۹۲
۷,۸	۰,۰۲٤٤۹۲	۰,۰۳۸۳۷۵	۱۵٤	۱۵۵	۳۹۳
۸,۰	۰,۰۲۵۳۱۵	۰,۰۳۹٦٦۵	۱۵۱	۱۵۰	۳۹٤
۱۷,۰	۰,۰۵۳۷۱۸	۰,۰۸٤۱٦۹	٤۰۳	۱٤٦	۳۹۵
۱۷,۰	۰,۰۵۳۷۱۸	۰,۰۸٤۱٦۹	۱٤۷	٤۰۳	۳۹٦
۳۷,۷	۰,۱۱۹۱۷۷	۰,۱۸٦۷۳۳	۱٤۸	۱٤۷	۳۹۷
٦۰,۷	۰,۱۹۱۸٤۸	۰,۳۰۰۵۹۹	۲٦٦	۲٦۵	۳۹۸
۵۷,٤	۰,۱۸۱۲۰۱	۰,۲۸۳۹۱۷	۲٦۷	۲٦٦	۳۹۹
٦٦,۹	۰,۲۱۱۲۱۵	۰,۳۳۰۹٤۵	۲٦۸	۲٦۷	٤۰۰
۵۳,۰	۰,۱٦۷۲۹۵	۰,۲٦۲۱۲۸	۲۱۱	۲٦۸	٤۰۱
٤۸,۸	۰,۱۵٤۱۸	۰,۲٤۱۵۷۹	۲۷۳	۲٦۹	٤۰۲
۱۸,۳	۰,۰۵۷۸۹۱	۰,۰۹۰۷۰۷	۲۷۱	۲۷۲	٤۰۳
۳۰,۱	۰,۰۹٤۹۹	۰,۱٤۸۸۳۵	۲۷۰	۲۷۱	٤۰٤
٤٤,۵	۰,۱٤۰۵۵٦	۰,۲۲۰۲۳۱	۱۹۱	۲۷۰	٤۰۵
۱٦,٦	۰,۰۵۲۵۲	۰,۰۸۲۲۹۲	۲۹۷	۳۰۱	٤۰٦
۸,۲	۰,۰۲۵۹٦٦	۰,۰٤۰٦۸٤	۳۰۰	۲۹۷	٤۰۷
۱۹,٦	۰,۰٦۱۸۰٦	۰,۰۹٦۸٤۱	۳۰۵	۳۰٦	٤۰۸
۱,٤	۰,۰۰٤٤۱۳	۰,۰۰٦۹۱٤	۳۰۵	۳۰٤	٤۰۹
۲٤,۹	۰,۰۷۸۵	۰,۱۲۲۹۹۹	۳۰٤	۳۰۳	٤۱۰
۲٤,۳	۰,۰۷٦٦۷۲	۰,۱۲۰۱۳۵	٤۱۲	۳۰۳	٤۱۱
۲٤,۳	۰,۰۷٦٦۷۲	۰,۱۲۰۱۳۵	۳۰۲	٤۱۲	٤۱۲
۲۰,۸	۰,۰٦۵۸۰٦	۰,۱۰۳۱۰۹	۳۰۷	۲۹۳	٤۱۳
۵۱,٦	۰,۱٦۳۱۲۹	۰,۲۵۵٦۰۱	۳۰۹	۳۰۸	٤۱٤
۱۵,۲	۰,۰٤۷۹٤۸	۰,۰۷۵۱۲۸	٤۱٦	۲۳۸	٤۱۵
۱۵,۲	۰,۰٤۷۹٤۸	۰,۰۷۵۱۲۸	۳۱۱	٤۱٦	٤۱٦
۱۳,۲	۰,۰٤۱۸۲۷	۰,۰٦۵۵۳٦	٤۱۷	۲۳۹	٤۱۷
۱۳,۲	۰,۰٤۱۸۲۷	۰,۰٦۵۵۳٦	۳۱۰	٤۱۷	٤۱۸
٤۳,۷	۰,۱۳۸۱۱۸	۰,۲۱٦٤۱۲	۱۵۹	۳۱۱	٤۱۹
۲۵,٤	۰,۰۸۰۳۱٤	۰,۱۲۵۸٤۱	۲٤۰	۲۳۹	٤۲۰

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

ادامه جدول ۲٤ : اطلاعات خطوط در دک بهره‌برداری

طول (m)	راکتانس (pu%)	مقاومت (pu%)	شماره گره انتها	شماره گره ابتدا	شماره خط
۳٤,٤	۰,۱۰۸۷۰۱	۰,۱۷۰۳۱۹	۳۱۲	۳۱۳	٤۲۱
۱۱,۰	۰,۰۳٤۷۰۷	۰,۰٥٤۳۸۲	۳۱۷	۳۱۸	٤۲۲
۱٤,۱	۰,۰٤٤٥٤۸	۰,۰٦۹۸	٥۰	۳۱۹	٤۲۳
۱٦,۷	۰,۰٥۲۷۷۲	۰,۰۸۲٦۸٦	۲٤٥	۳۲٤	٤۲٤
۲٤,٥	۰,۰۷۷٥۰۷	۰,۱۲۱٤٤۳	۳۲۳	۳۲۲	٤۲٥
۳۷,۸	۰,۱۱۹۳٥۳	۰,۱۸۷۰۰۹	۳۲٤	۳۲۳	٤۲٦
۱۲,٦	۰,۰۳۹۷٥۱	۰,۰٦۲۲۸٥	۳۲٥	۲۲٥	٤۲۷
۲۰,٤	۰,۰٦٤٥۸٥	۰,۱۰۱۱۹٥	۲۲۸	۲۲۷	٤۲۸
۱۹,٤	۰,۰٦۱۳۱۸	۰,۰۹٦۰۷۷	۳۲٥	۲۲۷	٤۲۹
۲٤,۲	۰,۰۷٦۳۷۷	۰,۱۱۹٦۷۳	۱۸۲	۱۸۱	٤۳۰
۱۷,٤	۰,۰٥٤۸٦۹	۰,۰۸٥۹۷۳	٤۳٤	۲٥۰	٤۳۱
۱۷,٤	۰,۰٥٤۸٦۹	۰,۰۸٥۹۷۳	٤۳٤	۱۳٦	٤۳۲
۲۸,٥	۰,۰۸۹۹٤	۰,۱٤۰۹۲٤	۸۰	۳۲٦	٤۳۳
٤۰,۸	۰,۱۲۸۷۸۱	۰,۲۰۱۷۸۱	۳۲۷	۱٤۲	٤۳٤
۱۱,۸	۰,۰۳۷۳۷۷	۰,۰٥۸٥٦٥	٤۳۷	۳۳۲	٤۳٥
۱۱,۸	۰,۰۳۷۳۷۷	۰,۰٥۸٥٦٥	٤۳٦	٤۳۷	٤۳٦
۱۱,۸	۰,۰۳۷۳۷۷	۰,۰٥۸٥٦٥	۳۳۱	٤۳٦	٤۳۷
۳۸,٤	۰,۱۲۱۱٦٤	۰,۱۸۹۸٤۷	۳۱٤	۳۳۱	٤۳۸
٤٦,٤	۰,۱٤٦۷۰٦	۰,۲۲۹۸٦۷	۳۱۳	۳۱٥	٤۳۹
۱۱,۲	۰,۰۳٥٥۳۳	۰,۰٥٥٦۷٥	۳۳۳	۲۱٥	٤٤۰

جدول ۲٥: اطلاعات ترانسفورماتورهای توزیع و میزان بار آن‌ها در دک بهره‌برداری

بارگیری قرائت شده (KVA)	شماره گره	ظرفیت (KVA)	شماره ترانس
۳۳,۱۲	۳۸٦	۱۲٥	۱
٤۱,۹۲	۳۳٤	۱۲٥	۲
۱٦۱,۱۸٤	۳٥۲	۱۲٥	۳
۱۱۱,۰۸۸	۳۹۰	۱۲٥	٤
۱۱٤,۸۱٦	۳۷٥	۱۲٥	٥
۱٥۷,۳۲	٤٤۰	۱۲٥	٦
۷۳,۳٦	۳٤۰	۱۲٥	۷
۹۱,۷	۳۹۲	۱۲٥	۸

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

ادامه جدول ۲۵ : اطلاعات ترانسفورماتورهای توزیع و میزان بار آنها در دک بهره‌برداری

بارگیری قرائت شده (KVA)	شماره گره	ظرفیت (KVA)	شماره ترانس
۲۲۵,۳۲	۳٤۲	۱۲۵	۹
۱۲٤,۲	۳۳۷	۱۲۵	۱۰
۱٤٦,۲۸	۳۷۷	۱۲۵	۱۱
۸۵,۵٦	٤۱٤	۱۲۵	۱۲
۵۷,۹٦	٤۲۰	۱۲۵	۱۳
۱٤۹,۳٤	٤۲۱	۱۲۵	۱٤
۱۹۸,۲۲۳۲	٤۲٦	۱۲۵	۱۵
۱۸۸,۱٦۸٤	٤۲۹	۱۲۵	۱٦
۳۱٦,٤٦۱٦	۳۷۸	۱۲۵	۱۷
۲۸۰,٦۰۲	۳۳۵	۱۲۵	۱۸
۲۰۸,٦۵٦	۳۵۱	۱۲۵	۱۹
۲٤۷,۵۹	۳۷۱	۱۲۵	۲۰
۲۳٤,۳۸۵۲	۳٤۵	۱۲۵	۲۱
۱۲۵,۱۹۳٦	۳۸۸	۱۲۵	۲۲
۲۸۱,٦۸۵٦	۳۳٦	۱۲۵	۲۳
۲۵۳,۸٦٤۸	٤۰۱	۱۲۵	۲٤
۳۰۹,۵۰٦٤	۳۸٤	۱۲۵	۲۵
۱۵۸,٤۵۷٦	۳۷۲	۱۲۵	۲٦
۲۳٦,٤۷٦۸	۳۷۰	۱۲۵	۲۷
۳۱٦,٤٦۱٦	۳٦۸	۱۲۵	۲۸
۱٤۲,۵۸۱٦	۳۵٦	۱۲۵	۲۹
۲۵۳,۸٦٤۸	۳٤۷	۱۲۵	۳۰
۱۳۲,۱٤۸۸	۳٦۱	۱۲۵	۳۱
۲۱٤,۵۷۸	٤۱۸	۱۲۵	۳۲
۱٦۸,۳٦۱۲	٤۱۹	۱۲۵	۳۳
۱۳۲,۱٤۸۸	٤۳۵	۱۲۵	۳٤
٤۰۱,۸۵٦	۳۷۹	۱۲۵	۳۵
۲۳۸,٤٦٤	۳٦۳	۱۲۵	۳٦
۲۹۳,٤٤	۳٤۱	۱۲۵	۳۷
۳٤۷,۹۳٦	۳۸۰	۱۲۵	۳۸

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

ادامه جدول ۲۵ : اطلاعات ترانسفورماتورهای توزیع و میزان بار آنها در دک بهره‌برداری

بارگیری قرائت شده (KVA)	شماره گره	ظرفیت (KVA)	شماره ترانس
۳۳۵,۳۶	۳۸۲	۱۲۵	۳۹
۲۶۸,۲۸۸	۳۹٤	۱۲۵	٤۰
۲۸۵,۰۵٦	۳۹۳	۱۲۵	٤۱
۲٦۰,٥٤٤	۳۸۳	۱۲۵	٤۲
۳٦۸,۸۹٦	۳٥۳	۱۲۵	٤۳
۱۲۹,۹٥۲	۳٤۳	۱۲۵	٤٤
۱٦۷,٦۸	۳٤٤	۱۲۵	٤٥
۳٦۲,۱۱۲	۳۹۱	۱۲۵	٤٦
۲٦۹,۳۷٦	۳۸۹	۱۲۵	٤۷
۳٦۰,٥۱۲	۳٤٦	۱۲۵	٤۸
۲۲۹,٦۳۲	۳۷٤	۱۲۵	٤۹
۳۰٤,۷۰٤	۳٦٥	۱۲۵	٥۰
۳۱۷,۹٥۲	۳٥۹	۱۲۵	٥۱
۲۹٥,۸۷۲	۳٥۸	۱۲۵	٥۲
۲۹۱,٤٥٦	۳٥۷	۱۲۵	٥۳
۲٦۰,٥٤٤	۳٦۰	۱۲۵	٥٤
۲۸۷,۰٤	۳٤۹	۱۲۵	٥٥
۳۹۷,٤٤	٤۱٥	۱۲۵	٥٦
۳۷۰,۹٤٤	۳٥۰	۱۲۵	٥۷
٤٦۸,۰۹٦	۳٦۲	۱۲۵	٥۸
۳۳٥,٦۱٦	٤۲٤	۱۲۵	٥۹
۲۹۸,٦۸	٤۳۰	۱۲۵	٦۰
۳۱٤,٦٤	۳۸٥	۱۲۵	٦۱
۲٥۳,۹۲	۳۸۷	۱۲۵	٦۲
۳٤٥,۸٤	۳٥٤	۱۲۵	٦۳
۲۷۲,٤۸	۳۸۱	۱۲۵	٦٤
۲٤۲,۸۸	۳۹٥	۱۲۵	٦٥
۲۹۲,٥٦	۳۹٦	۱۲۵	٦٦
۳۷۷,۲۸	٤۱۳	۱۲۵	٦۷
۳٤۲,۲٤	۳۷۳	۱۲۵	٦۸
۳٥۳,۲۸	۳٦۷	۱۲۵	٦۹

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

ادامه جدول ۲۵ : اطلاعات ترانسفورماتورهای توزیع و میزان بار آن‌ها در دک بهره‌برداری

شماره ترانس	ظرفیت (KVA)	شماره گره	بارگیری قرائت شده (KVA)
۷۰	۱۲۵	۳۷۶	۷۷,۲۸
۷۱	۱۲۵	۳۴۸	۴۱۹,۵۲
۷۲	۱۲۵	۳۳۹	۳۳۶,۷۲
۷۳	۱۲۵	۳۶۹	۱۳۲,۴۸
۷۴	۱۲۵	۴۲۵	۳۸۰,۸۸
۷۵	۱۲۵	۳۶۴	۲۶۴,۹۶
۷۶	۱۲۵	۳۳۸	۳۱۴,۶۴
۷۷	۱۲۵	۳۶۶	۴۲۴,۲۶۷۲

در ادامه نیاز است تا اطلاعات مورد نیاز برای محاسبات قابلیت اطمینان و مدل‌سازی تغییرات زمانی بار گردآوری شود. در این مثال مدل بار متوسط برای محاسبات قابلیت اطمینان استفاده شده است. مدهای خرابی برای محاسبات قابلیت اطمینان نیز به‌صورت متوسط در طول فیدر همانند جدول ۲۹ درنظر گرفته شده است.

جدول ۲۶: اطلاعات بار متوسط، ضریب بار، نرخ خرابی، مدت تعمیر و نرخ خرابی استخراج شده از بانک‌های اطلاعاتی

فیدر	بار متوسط سالانه(MW)	ضریب بار	ضریب تلفات	λ(fail/year)	r(min)	طول فیدر(km)	λ/ km	U×P
F1	۲,۵۳	۰,۴۵۴	۰,۲۸	۶,۳۳	۳۶,۶۳	۴,۵۷	۱,۳۸۵۷	۹,۷۸
F2	۴,۹۴	۰,۴۱	۰,۲۴	۱۱	۲۰,۲۴	۵,۷۱	۱,۹۲۶۶۴	۱۸,۳۳

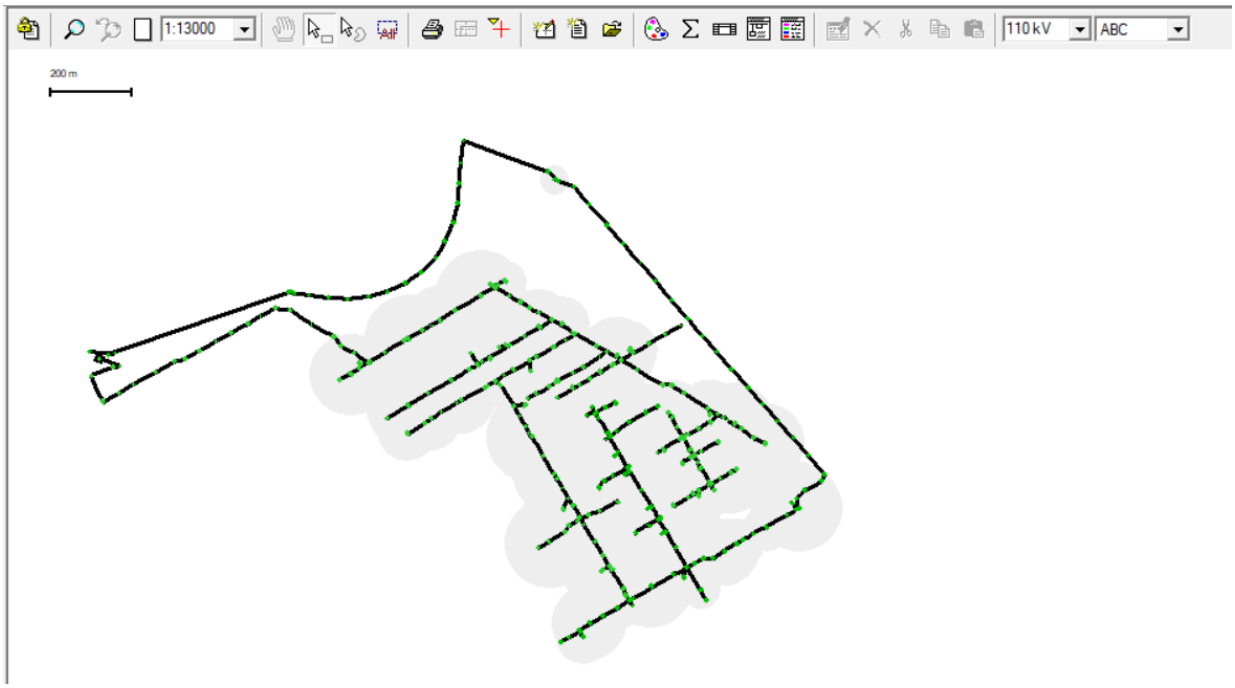
ج-۱-محاسبات در حالت پایه

در حالت پایه وضعیت پخش‌بار و شاخص انرژی توزیع نشده فیدرهای نمونه همانند جدول ۲۷ می‌باشد. از این اعداد برای محاسبه میزان بهبود وضعیت بهره‌برداری شبکه (تلفات، ولتاژ، بارگذاری و انرژی توزیع نشده) بعد از کلید گذاری استفاده می‌شود. این محاسبات در نرم افزار دیگسایلنت همانند شکل ۱۹ انجام شده است.

جدول ۲۷: نتایج پخش‌بار، آنالیز تلفات و قابلیت اطمینان فیدرهای نمونه در حالت موجود و اولیه

نام فیدر	توان اکتیو ورودی پیک (MW)	ضریب قدرت ورودی در پیک (%)	بیشینه بارگیری در پیک (%)	کمینه ولتاژ فیدر در پیک (pu)	تلفات توان پیک (MW)	انرژی ورودی (MWh)	تلفات انرژی (MWh)	انرژی از دست رفته (MWh)
F1	۵,۵۸	۹۱,۸۸	۳۴	۰,۹۹۷	۰,۱۱۳	۱۳۷۶۰,۵۷	۲۹۷,۳۱	۷,۹۶۷
F2	۱۲,۰۶	۹۱,۸۷	۷۳	۱,۰۱	۰,۲۶۶	۲۶۷۱۵,۹۲	۶۲۹,۹۱	۱۷,۹۶
مجموع همزمان	۱۷,۶۴	–	–	–	۰,۳۲۶	۴۰۴۷۶	۹۲۷	۲۵,۹۳

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا



شکل ۱۹: محاسبات پخش بار و قابلیت اطمینان در حالت پایه، جهت دستیابی به تلفات انرژی و انرژی توزیع نشده

ج-۲-یافتن مکان بهینه کلیدها بر روی فیدرها

در این مثال فرض شده است که بودجه تخصیص یافته برای جایابی کلید تنها شامل ۲ کلید اتوماسیون جدید می‌باشد. برای سادگی مسأله نیز قیود خاصی نیز برای بارهای شبکه و محدودیت نصب کلید درنظر گرفته نشده است. برای جایابی کلید باید گام‌های حل مسأله همانند آنچه که در دستورالعمل آمده است بررسی شود. نتایج بررسی این گام‌ها در جدول ۲۸ آورده شده است.

جدول ۲۸: بررسی گام‌های حل مسأله جایابی کلید در فیدرهای نمونه

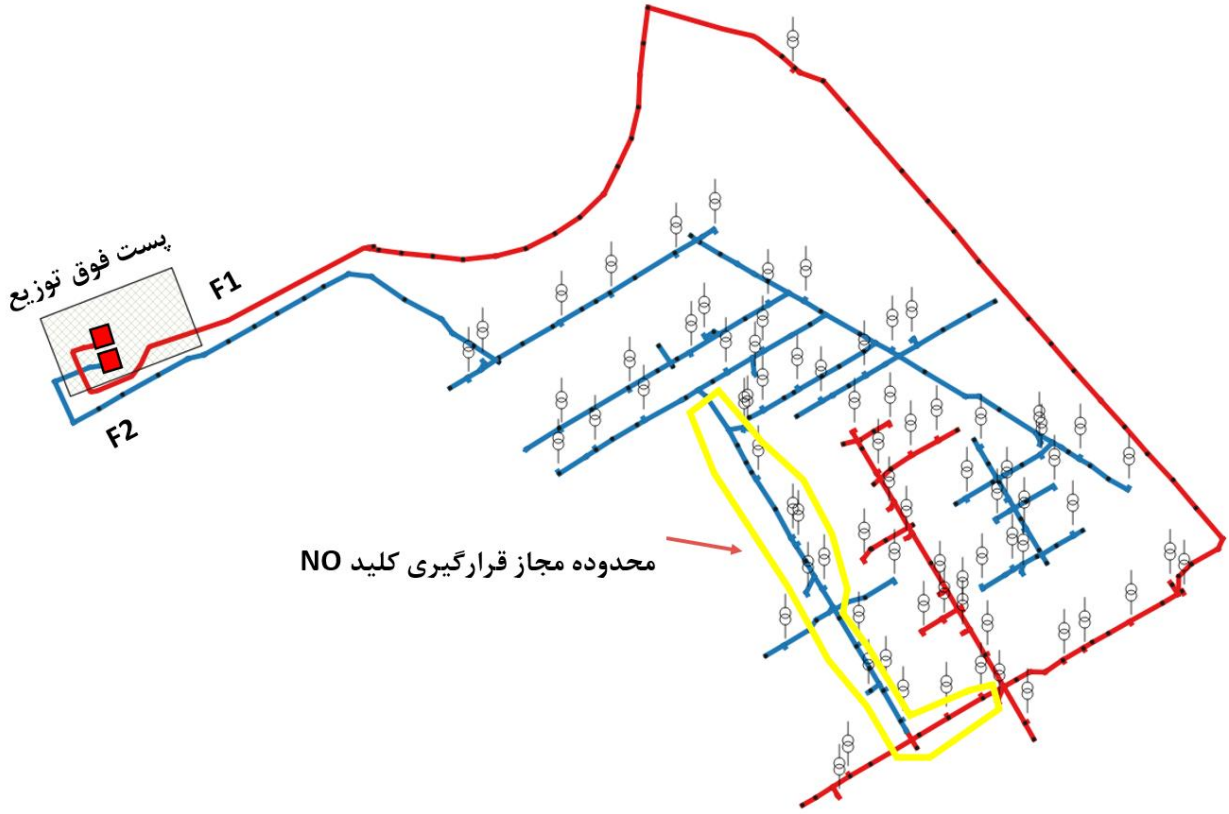
ردیف	گام‌های حل مسأله جایابی کلید به روش سطح دوم	توضیحات
۱	تعیین تابع هدف	از آنجایی که بودجه تخصیص یافته برای این دو فیدر از قبل مشخص و ثابت است، عبارت سرمایه‌گذاری و هزینه بهره‌برداری یک مقدار ثابت بوده و می‌تواند حذف شود و می‌توان تابع هدف را به‌صورت کاهش انرژی توزیع نشده با صرفنظر کردن از تلفات (تلفات در این فیدرهای نمونه کمتر از ۲,۵ درصد است) درنظر گرفت.
۲	تعیین قیود مورد بررسی	قیود درنظر گرفته شده شامل بهره‌برداری شعاعی، قیود پخش بار، حداقل افت ولتاژ، بارگیری خطوط و ترانسفورماتورهاست

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

ادامه جدول ۲۸ : بررسی گام‌های حل مسأله جایابی کلید در فیدرهای نمونه

ردیف	گام‌های حل مسأله جایابی کلید به روش سطح دوم	توضیحات
۳	تعیین متغیرهای تصمیم	چون تعداد و قابلیت کلیدهای جدید و قدیم مشخص است، متغیرهای تصمیم در این مسأله شامل مکان کلیدهای جدید و قدیم، وضعیت کلیدها (NO یا NC) است.
٤	تعیین محاسبات مورد نیاز	طبق بند ۷-۸-٤ در این مسأله تنها محاسبات پخش بار و قابلیت اطمینان انجام می‌گردد
٥	ساده سازی مسأله و کاهش ابعاد جستجو	از آنجایی که در این دو فیدر امکان برقراری بیش از یک کلید NO نیست، پس متغیرهای تصمیم به مکان‌یابی یک کلید NO و دو کلید NC تغلیل می‌گردد. کلید NO تنها در مسیر اصلی بین دو فیدر امکان قرار گیری دارد. باتوجه به وضعیت محدودیات افت ولتاژ و بارگیری ترانسفورماتورها محدوده مجاز قرارگیری کلید NO در شکل ۲۰ روبرو مشخص شده است. باتوجه به الزامات کلید گذاری بند ۷-۲ و ۷-۳ باید برای هر فیدر یک کلید NC جداگانه درنظر گرفت. باتوجه به اینکه در این دو فیدر ٤٤۰ اسپن وجو دارد و ۷۷ نقطه بار، می‌توان فضای جستجو را به نقاط بار کاهش داد.
٦	براورد تعداد کل فضای جستجو	از آنجایی که در این مرحله مطالعه‌گر حدود مجاز قرارگیری مکان کلیدها را باید شناسایی کند یکی از گام‌های اصلی برای جایابی است. باتوجه به ساده‌سازی های انجام شده امکان قرارگیری کلیدها NO تنها در ۱۳ نقطه وجود دارد و کلیدها NC در ۷٦ نقطه لذا بیشترین تعداد حالت فضای جستجو برابر است با $13 \times \binom{76}{2} = 37050$
۷	انتخاب الگوریتم جستجو	باتوجه به مقدار بیشترین تعداد حالات جستجو، برای جایابی کلید در این نمونه از روش یکایک شماری استفاده می‌شود.

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا



شکل ۲۰: محدوده مجاز قرارگیری کلید *NO*

باتوجه به تصمیمات اتخاذ شده در جدول ۲۸ بیان ریاضی تابع هدف و قیود بهینه‌سازی جایابی کلید در این مثال به‌صورت روابط (۱٤) الی (۲۳) می‌باشد. تابع هدف در (۱٤) به‌صورت کمینه‌سازی انرژی توزیع نشده است. شاخص انرژی تأمین نشده که در مواقع پیش‌بینی قابلیت اطمینان شبکه به شاخص انرژی تأمین نشده انتظاری (EENS)[۱] نیز شناخته می‌شود. در این مثال L_{a_i} مقدار متوسط بار متصل به نقطه بار i، U_i مدت زمان خاموشی نقطه بار i است.[۲]

قیود بیشینه جریان موثر از خطوط شبکه، بیشینه ظرفیت مجاز ترانسفورماتورهای شبکه و کمینه و بیشینه ولتاژ موثر شینه‌های شبکه در روابط (۱۵) الی (۱۷) آورده شده‌است.[۳] در این روابط I_l^{MAX}، S_{tr}^{MAX} به‌ترتیب مقدار بیشینه جریان موثر عبوری از خطوط و بیشینه ظرفیت مجاز بهره‌برداری از ترانسفورماتورهای شبکه

[۱] *Expected Energy Not Suplied*

[۲] از آنجایی که تابع هدف این مسأله شاخص انرژی توزیع نشده شبکه می‌باشد، لذا نیاز است تا محاسبات پیش‌بینی قابلیت اطمینان انجام شود. نحوه محاسبه این شاخص به‌صورت کلی باید منطبق با دستورالعمل دیگری که در دفتر مهندسی و راهبری شرکت توانیر در حال تهیه است، باشد. برای محاسبه این شاخص و در مرحله تحلیل اثر خطا (*FEA*) نیاز است تا نحوه عملیات جداسازی خطا و بازیابی بار منطبق بر واقعیات بهره‌برداری و دیسپاچینگ هر شرکت توزیع و دستورالعمل‌های ثابت بهره‌برداری تهیه شده توسط شرکت توانیر باشد. به‌عنوان مثال اگر این عملیات طبق یکسری سناریوهای کلیدزنی از قبل تعیین شده انجام می‌گیرد باید محاسبات مرتبط با *FEA* بر طبق این سناریوها باشد. یا اگر این عملیات بر اساس اتوماسیون کامل شبکه و براساس بهینه‌سازی وضعیت کلیدها انجام می‌گردد نیاز است که در هر مرحله *FEA* یک مسأله بهینه‌سازی انجام گردد.

[۳] از آنجایی که تابع هدف مسأله وابسته به مکان کلیدهای شبکه (متغیرهای تصمیم) بوده و مکان کلیدهای شبکه نیز بر روی معادلات پخش‌بار و محدودیات بهره‌برداری شبکه تأثیر می‌گذارند لذا متغیرهای تصمیم و محدودیات بهره‌برداری شبکه به هم وابسته می‌باشند. دقت شود که این محدودیات، محدودیات حالت دائم شبکه را نشان می‌دهد.

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

برحسب پریونیت می‌باشد. NL تعداد خطوط، NTr تعداد ترانسفورماتورهای شبکه، I_l مقدار جریان موثر عبوری از شاخه l بر حسب پریونیت، S_{tr} مقدار توان ظاهری عبوری از ترانسفورماتور tr ، V_i مقدار موثر ولتاژ گره i بر حسب پریونیت، $Nnode$ تعداد گره‌های شبکه، V^{MAX} بیشینه مجاز و V^{MIN} کمینه مجاز ولتاژ موثر گره‌ها بر حسب پریونیت می‌باشد. لازم به ذکر است روابط (۱۸) و (۱۹) محدودیات پخش‌بار توان اکتیو و راکتیو را در گره‌ها (چون در این مثال هیچگونه تولیدی در طول فیدر وجود ندارد در معادلات فقط مقدار توان مصرفی بار آورده شده است) را نشان می‌دهد. در این دو رابطه P_{Di} و Q_{Di} به‌ترتیب توان اکتیو و راکتیو مصرفی بارها در گره i می‌باشد. Y_{in} و θ_{in} به‌ترتیب المان (i,n) از ماتریس ادمیتانس شبکه و زاویه آن می‌باشد. δ_i و δ_n به‌ترتیب زاویه ولتاژ گره i و n می‌باشد. در معادلات (۲۰) و (۲۱) V_{l1}، V_{l2} و Z_{12} به‌ترتیب ولتاژ ابتدا و انتهای خط و امپدانس خط l را نشان می‌دهد. و V_{tr1}، V_{tr2} و Z_{tr12} به‌ترتیب ولتاژ ابتدا و انتهای ترانسفورماتور و امپدانس ترانسفورماتور tr را نشان می‌دهد.

علاوه بر محدودیات بهره‌برداری بیان شده نیاز است تا در هر لحظه توپولوژی شبکه به‌صورت ساختار شعاعی یا همان درختی بهره‌برداری گردد. برای حفظ ساختار درختی در شبکه کافی است تعداد شاخه‌های درخت (NB) یک واحد کمتر از تعداد گره‌های آن باشد و درخت همبند باشد. بیان ریاضی این قید در معادلات (۲۲) و (۲۳) آورده شده‌است. $T_{Network,fd}$ گراف معادل فیدر fd در شبکه و Nfd تعداد کل فیدرهای شبکه است. اما از آنجایی که کلید NO فقط در محدوده نشان داده شده در شکل ۲۰ قرار خواهد گرفت نیاز به بررسی معادلات (۲۲) و (۲۳) نخواهد بود.

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

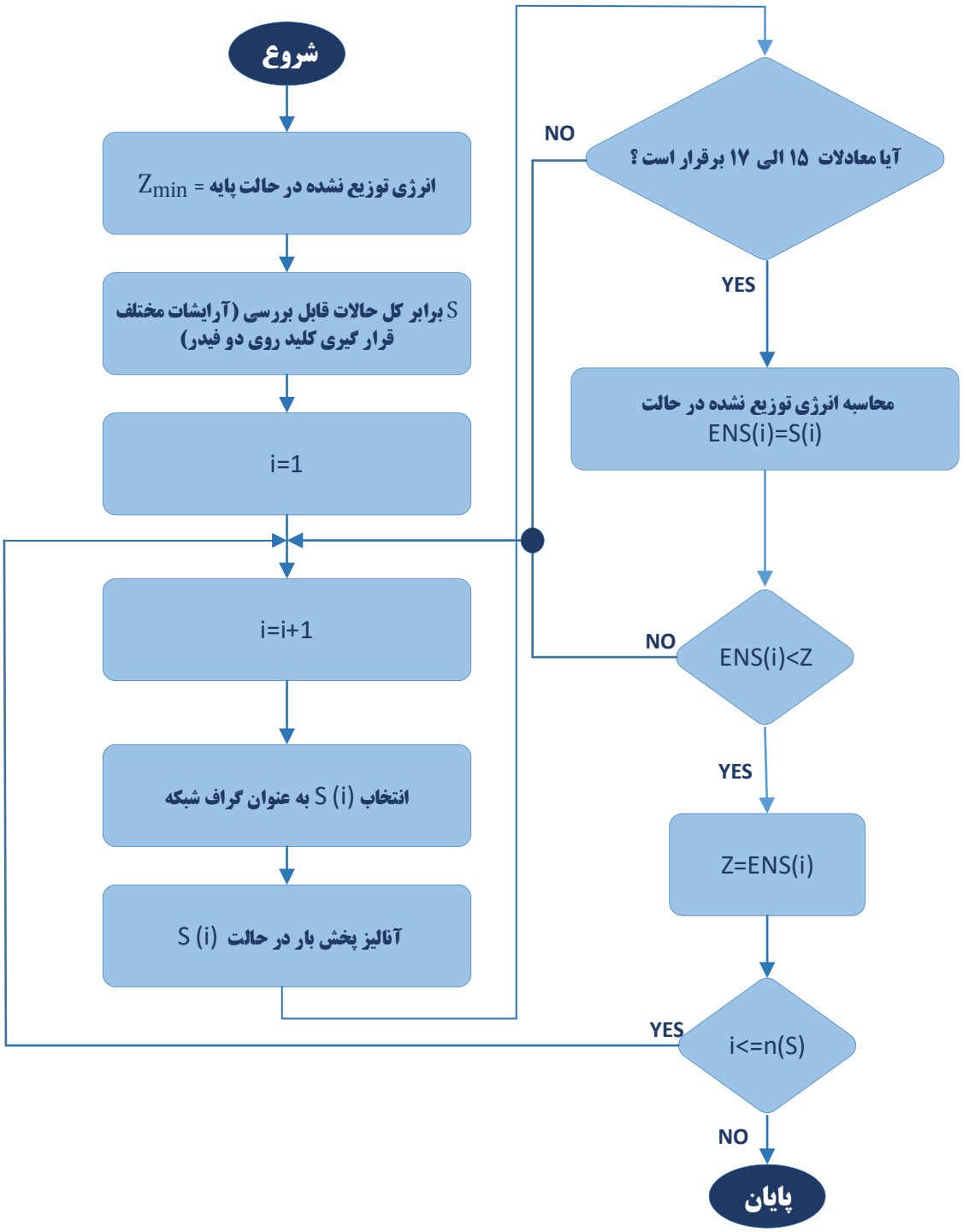
$$\min : ENS \quad (۱٤)$$
$$ENS = \sum L_{a_i} \times U_i$$

sb:

$$I_l \le I_l^{MAX}, l = 1 \dots NL \quad (۱٥)$$
$$S_{tr} \le S_{tr}^{MAX}, tr = 1 \dots NTr \quad (۱٦)$$
$$V^{MIN} \le V_i \le V^{MAX}, \text{i= } 1 \dots Nnode \quad (۱۷)$$
$$P_{Di} = -\sum_{i=1}^{N} Y_{in} V_i V_n \times cos(\theta_{in} + \delta_n - \delta_i) \quad (۱۸)$$
$$Q_{Di} = \sum_{i=1}^{N} Y_{in} V_i V_n \times sin(\theta_{in} + \delta_n - \delta_i) \quad (۱۹)$$
$$I_l = |(V_{l1} - V_{l2})/Z_{l12}| \quad (۲۰)$$
$$S_{tr} = |(V_{tr1} - V_{tr2})^2/Z_{tr12}| \quad (۲۱)$$
$$NB = Nnode - 1 \quad (۲۲)$$
$$T_{Network,fd} \; is \; Connected, fd = 1 \dots Nfd \quad (۲۳)$$

همانطور که بیان شد برای حل بهینه مکان کلیدها در این دو فیدر نمونه از روش یکایک شماری استفاده می‌شود، یعنی تمام حالت‌های ممکن قرارگیری کلید روی شبکه بررسی شده و بهترین حالت (حالت با کمترین ENS) به‌عنوان کاندید نهایی انتخاب می‌گردد. لذا فلوچارت برنامه نهایی برای جایابی کلید در این مثال به‌صورت شکل ۲۱ خواهد بود.

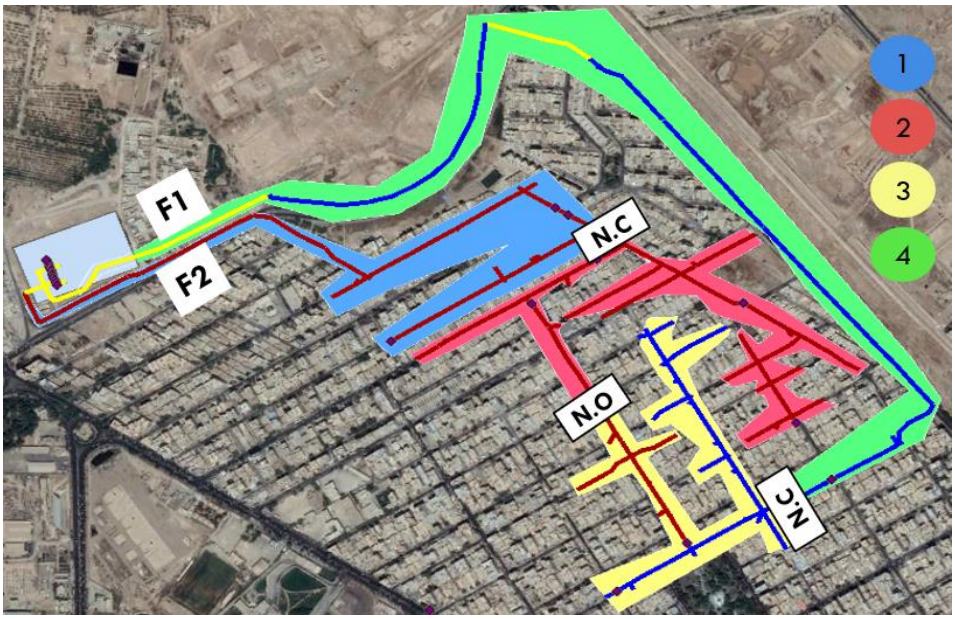
پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا



شکل ۲۱: فلوچارت جایابی بهینه کلید در دو فیدر نمونه

بعد از حل مسأله نتایج حاصل از جایابی کلید در این حالت در شکل ۲۲ نشان داده شده است. نتایج حاصل از محاسبات پخش بار و قابلیت اطمینان شبکه بعد از جایابی بهینه کلیدها برای شبکه در جدول ۲۹ آورده شده است.

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا



شکل ۲۲: مکان کلیدهای جدید و موجود بعد از جایابی بهینه کلید بر روی فیدرها نمونه به همراه زون‌های بوجود آمده بر روی فیدرها

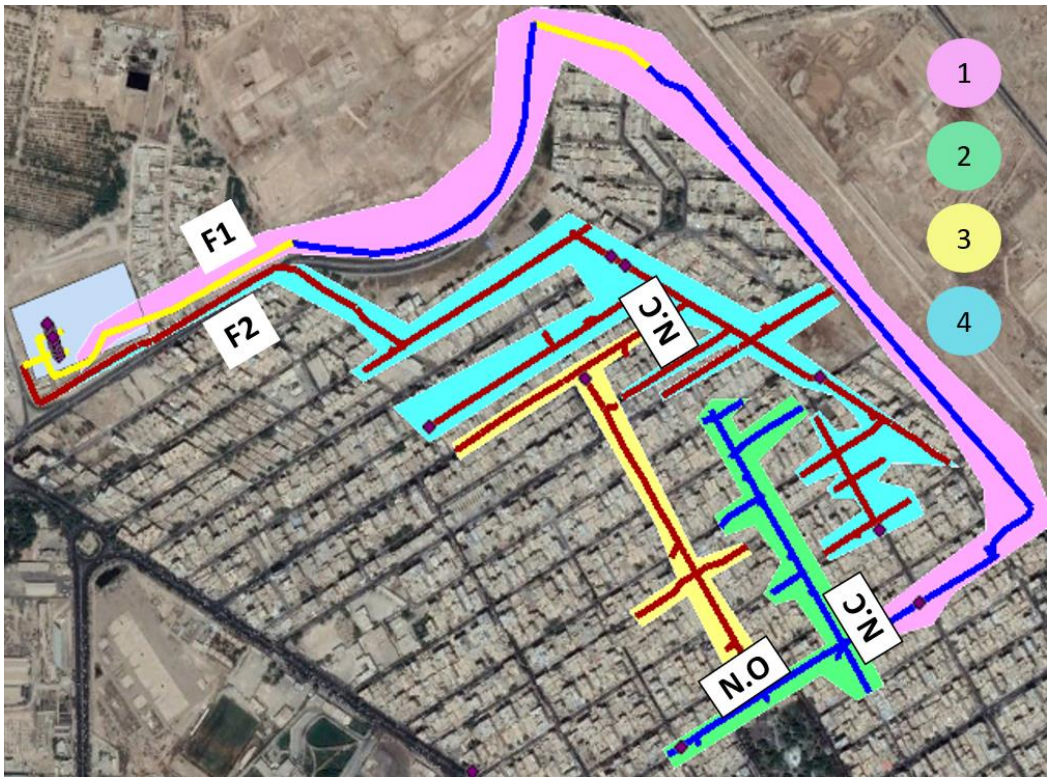
جدول ۲۹: انرژی توزیع نشده و تلفات شبکه و وضعیت بهره‌برداری بعد از جایابی کلید

نام فیدر	توان اکتیو ورودی پیک (MW)	ضریب قدرت ورودی پیک (%)	بیشینه بارگیری پیک (%)	کمینه ولتاژ پیک (pu)	تلفات توان پیک (MW)	انرژی ورودی (MWh)	تلفات انرژی (MWh)	انرژی از دست رفته (MWh)
F1	۸,۳٤	۹۱,۸۲	۵۱	۰,۹۹٤	۰,۱۸۹٦۲	۲۰۰۵۰,۳٤	٤٥٤,۸٦	٦,۳۳۲
F2	۹,۲۹	۹۱,۹۰	٥٦	۱,۰۱۲	۰,۱۸۷۳۷	۲۰٤۳۰,۸	٤۷۰,۲۷٤	٦,۲۹۱
مجموع همزمان	۱۷,٤۲	–	–	–	۰,۳۲۷۹	٤۰٤۸۱	۹۲٥,۱۳	۱۲,٦۲٤

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

ج-۳-یافتن مکان بهینه کلیدها بر روی فیدرهای نمونه به روش سطح اول

برای مقایسه نتایج روش تقریبی بیان شده در سطح اول و محاسبات انجام شده در سطح دوم در این مثال، رویکرد ارائه شده برای جایابی کلید در سطح اول، برای این دو فیدر در این قسمت به‌کار گرفته خواهد شد. در روش سطح اول بعد از مراحل انتخاب فیدرهای نمونه نیاز است طبق رویکرد پیوست ب مکان کلیدها شناسایی گردد. طبق این رویکرد برای این مثال که دو کلید جدید به‌همراه یک کلید موجود قرار است در شبکه جایابی شوند آرایش شبکه به‌صورت یک و نیم کلیدی (٤ زون) درخواهد آمد. لذا مکان کلیدها باید به‌گونه‌ای انتخاب شوند که در هر زون حاصل ضرب بار آن زون در کل زمان خاموشی آن زون تقریبا مساوی باشد. مقدار کل U×P برای این دو فیدر برابر با ۹,۷۸+۱۸,۳۳=۲۸,۱۱ مگاوات ساعت خواهد بود. تعداد زون‌ها بعد از کلیدگذاری به ٤ زون خواهد رسید. بنابراین باید هر زون باید تقریبا به مقدار ۷ مگاوات برسد. یا به‌عبارت دیگر مجموع قدرمطلق مجموع اختلاف U×P هر زون به کمترین مقدار برسد. باتوجه به این موضوع مکان کلیدها در این حالت به‌صورت شکل ۲۳ در خواهد آمد. نتایج حاصل از پخش بار و انرژی از دست رفته در این حالت در جدول ۳۰ نشان داده شده است.



شکل ۲۳: مکان کلیدهای جایابی شده در فیدرهای نمونه به روش سطح اول

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

جدول ۳۰: نتایج پخش بار و انرژی از دست رفته در حالت جایابی کلید به روش سطح اول بر روی فیدرهای نمونه

نام فیدر	توان اکتیو ورودی پیک (MW)	ضریب قدرت ورودی پیک (%)	بیشینه بارگیری پیک (%)	کمینه ولتاژ پیک (pu)	تلفات توان پیک (MW)	انرژی ورودی (MWh)	تلفات انرژی (MWh)	انرژی از دست رفته (MWh)
F1	۵,۵۸	۹۱,۸۸	۳٤	۰,۹۹۷	۰,۱۱۳	۱۳۷٦۰,۵۷	۲۹۷,۳۱	۳,۵۸۲
F2	۱۲,۰٦	۹۱,۸۷	۷۳	۱,۰۱	۰,۲٦٦	۲٦۷۱۵,۹۲	٦۲۹,۹۱	۱۰,۰۳۷
مجموع همزمان	۱۷,٦٤	–	–	–	۰,۳۲٦	٤۰٤۷٦	۹۲۷	۱۳,٦۱۹

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

۹- مراجع

[۱] دستورالعمل جاری سازی مطالعات و تحلیل شبکه در شرکت های توزیع: محاسبات پخش بار و اتصال کوتاه، شرکت توانیر، معاونت هماهنگی توزیع، ۱۴۰۰

[2] J. Gers, Distribution System Analysis and Automation: Institution of Engineering and Technology, 2013.

[3] J. Northcote-Green and R. G. Wilson, Control and Automation of Electrical Power Distribution Systems: CRC Press, 2006.

[4] S. Jazebi, M. M. Haji, and R. A. Naghizadeh, "Distribution Network Reconfiguration in the Presence of Harmonic Loads: Optimization Techniques and Analysis," IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 5, pp. 1929-1937, 2014.

[5] N. Gupta, A. Swarnkar, and K. R. Niazi, "Distribution network reconfiguration for power quality and reliability improvement using Genetic Algorithms," International Journal of Electrical Power & Energy Systems, vol. 54, pp. 664-671, 1// 2014.

[6] H. R. Esmaeilian and R. Fadaeinedjad, "Distribution system efficiency improvement using network reconfiguration and capacitor allocation," International Journal of Electrical Power & Energy Systems, vol. 64, pp. 457-468, 1// 2015.

[7] M. R. Narimani, A. A. Vahed, R. Azizipanah-Abarghooee, and M. Javidsharifi, "Enhanced gravitational search algorithm for multi-objective distribution feeder reconfiguration considering reliability, loss and operational cost," IET Generation, Transmission & Distribution, vol. 8, pp. 55-69, 2014.

[8] M. M. Aman, G. B. Jasmon, A. H. A. Bakar, and H. Mokhlis, "Optimum network reconfiguration based on maximization of system loadability using continuation power flow theorem," International Journal of Electrical Power & Energy Systems, vol. 54, pp. 123-133, 2014.

[9] H. Ahmadi and J. R. Martí, "Minimum-loss network reconfiguration: A minimum spanning tree problem," Sustainable Energy, Grids and Networks, vol. 1, pp. 1-9, 2015.

[10] S. Ghasemi and J. Moshtagh, "A novel codification and modified heuristic approaches for optimal reconfiguration of distribution networks considering losses cost and cost benefit from voltage profile improvement," Applied Soft Computing, vol. 25, pp. 360-368, 2014.

[11] W.-Y. Yu, V.-W. Soo, and M.-S. Tsai, "Power distribution system service restoration bases on a committee-based intelligent agent architecture," Engineering Applications of Artificial Intelligence, vol. 41, pp. 92-102, 5// 2015.

[12] D. S. Sanches, J. B. A. London Junior, and A. C. B. Delbem, "Multi-Objective Evolutionary Algorithm for single and multiple fault service restoration in large-scale distribution systems," Electric Power Systems Research, vol. 110, pp. 144-153, 5// 2014.

[13] H. Ahmadi and J. R. Martí, "Mathematical representation of radiality constraint in distribution system reconfiguration problem," International Journal of Electrical Power & Energy Systems, vol. 64, pp. 293-299, 1// 2015.

[14] Q. Peng, Y. Tang, and S. H. Low, "Feeder Reconfiguration in Distribution Networks Based on Convex Relaxation of OPF," IEEE Transactions on Power Systems, vol. PP, pp. 1-12, 2014

[15] N. C. Sahoo, S. Ganguly, and D. Das, ‘‘Multi-objective planning of electrical distribution systems incorporating sectionalizing switches and tielines using particle swarm optimization,’’ Swarm Evol. Comput., vol. 3, pp. 15–32, Apr. 2012.

[16] P. M. S. Carvalho, L. A. F. M. Ferreira, and A. J. Cerejodasilva, ‘‘A decomposition approach to optimal remote controlled switch allocation in distribution systems,’’ IEEE Trans. Power Del., vol. 20, no. 2, pp. 1031–1036, Apr. 2005.

[17] Y. Kumar, B. Das, and J. Sharma, ‘‘Multiobjective, multiconstraint service restoration of electric power distribution system with priority customers,’’ IEEE Trans. Power Del., vol. 23, no. 1, pp. 261–270, Jan. 2008.

[18] Moskwa, Szczepan, et al. "Multiobjective optimization for switch allocation in radial power distribution grids." 2018 International Conference on Signals and Electronic Systems (ICSES). IEEE, 2018.

[19] Bezerra, José Roberto, et al. "Multiobjective optimization algorithm for switch placement in radial power distribution networks." IEEE Transactions on power delivery 30.2 (2014): 545-552.

[20] Vahidnia, Arash, et al. "An improved genetic algorithm and graph theory based method for optimal sectionalizer switch placement in distribution networks with DG." AUPEC 2011. IEEE, 2011.

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

پیشگفتار
فهرست
شکل
جدول
۱
۲
۳
۴
۵
۶
۷
۸
پ الف
پ ب
پ ج
مراجع
اعضا

۱۰- اعضای تدوین‌کننده دستورالعمل به‌ترتیب الفبا:

ردیف	نام و نام خانوادگی	نام شرکت متبوع
۱	جناب آقای مهندس میلاد بی‌آزار قادیکلائی	شرکت توانیر
۲	جناب آقای دکتر صلاح بهرام آراء	دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج
۳	جناب آقای مهندس اشکان حجتی	شرکت مهندسین مشاور دانشمند
٤	جناب آقای دکتر علیرضا دهقانی	شرکت توزیع نیروی برق استان تهران
٥	جناب آقای مهندس حمید دانایی	پژوهشگاه نیرو
٦	جناب آقای مهندس وحید متقی	شرکت توزیع نیروی برق شهرستان اصفهان
۷	جناب آقای مهندس محمد علوی	شرکت توزیع نیروی برق استان فارس
۸	جناب آقای مهندس صالح عسگری مقدم	شرکت مهندسین مشاور دانشمند
۹	جناب آقای مهندس ابراهیم عقابی	شرکت توزیع نیروی برق استان آذربایجان غربی
۱۰	جناب آقای دکتر رحیم عجبی فرشباف	شرکت توزیع نیروی برق استان آذربایجان شرقی
۱۱	جناب آقای مهندس احمد بزرگر	شرکت توزیع نیروی برق خراسان جنوبی
۱۲	جناب آقای دکتر حمید فلقی	دانشگاه بیرجند
۱۳	جناب آقای دکتر مهیار قلی‌زاده	شرکت توانیر
١٤	جناب آقای مهندس سعید معتمدی	شرکت توزیع نیروی برق استان فارس
١٥	جناب آقای دکتر حسین مخدومی	شرکت توزیع نیروی برق استان کردستان
١٦	سرکار خانم مهندس نیکی مسلمی	پژوهشگاه نیرو
۱۷	جناب آقای دکتر سجاد نجفی	دانشگاه شهید مدنی آذربایجان