تحلیل عوامل تلفات وتعیین اولویت کاهش آنهادر شبکه فشار ضعیف مازندران

حسین محمدیان علی فیاض
شرکت مهندسی مشاور نیروی مازندران

چکیده :

اهمیت توجه به مسئله تلفات درشبکه توزیع بعلت آنکه حدود ۷۴٪ ازتلفات کل شبکه سراسری برق را شامل میشود [۱] برهیچیک از کارشناسان صنعت برق پوشیده نیست. دربین سه بخش شبکه‌توزیع یعنی شبکه‌فشار ضعیف،پستهای توزیع وشبکه‌فشار متوسط ،شبکه فشار ضعیف بیشترین تلفات را موجب میگردد [۲]. بهمین دلیل شناخت وتجزیه وتحلیل آن ازاهمیت ویژه‌ای برخوردار میباشد.

دراین مقاله سعی شده‌است که نقش وسهم مؤلفه‌های تلفات ساز درتلفات شبکه فشار ضعیف مورد تجزیه وتحلیل قرار گرفته و درنتیجه اولویت این مولفه‌هاروشن گرددتا به‌کمک آن بتوان اولویت پیشنهادهای اصلاحی رامشخص نمود.

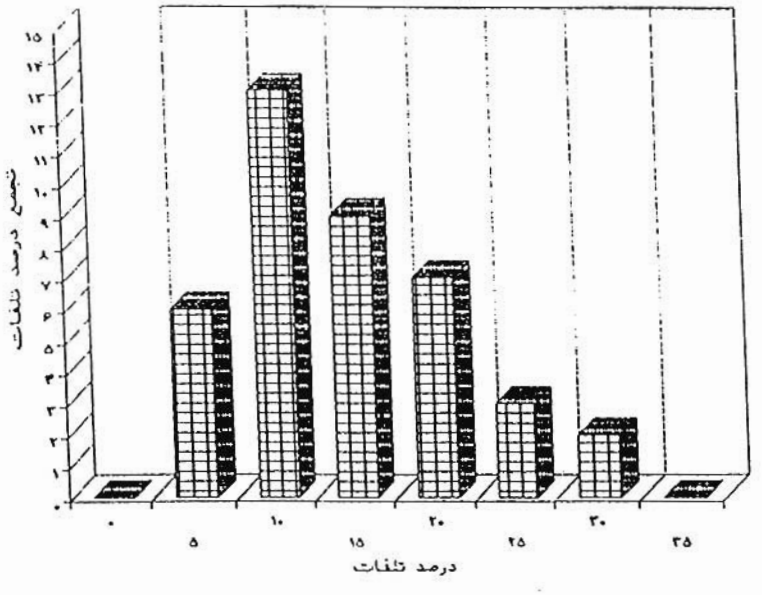
درانجام محاسبات فوق ،ازنتایج اندازه‌گیری‌های انجام شده مربوطه بر روی ۴۰ خط فشار ضعیف استان مازندران دریک دوره ۱۴ روزه استفاده شده‌است .اندازه‌گیری برروی انرژی ورودی ، انرژی خروجی ، جریان متوسط پیک فازها ونول مربوط به خطوط مزبورانجام شده، وبه کمک آنهاتلفات این خطوط محاسبه‌گردیده‌است. براساس تلفات این خطوط دسته‌بندی مناسبی ازآنها انتخاب وباتجزیه وتحلیل آنها اندازه وسهم مؤلفه‌های تلفات هریک محاسبه واولویت‌بندی گردید. آنگاه پیشنهادهای مناسبی جهت برخوردبانقاط ضعف اساسی شبکه فشارضعیف جهت کاهش تلفات آن مطرح شده‌است.

۱- شرح مقاله

به علت عدم وجود اطلاعات مناسب درمورد تلفات شبکه فشار ضعیف استان مازندران هم در مورد تلفات کل شبکه مذکورو هم درمورد بخش خطوط آن ما شیوه‌نمونه‌گیری از ۴۰ خط فشار ضعیف را باتوجه به ترکیب کل خطوط فشار ضعیف استان وبادرنظرگرفتن اطلاعات بار پیک آنها [۵] انتخاب نموده‌ایم. دراین نمونه‌گیری پس‌از دسته‌بندی خطوط به چهار دسته کم‌بار،بار متوسط ،پربار، وخطوط طولانی ،از هردسته چندنمونه‌انتخاب شده‌است .

سپس طی یک دورهٔ ۱۴ روزه انرژی ورودی این خطوط بانصب کنتورهای اکتیو وراکتیو درابتدای هر خط ، وانرژی خروجی باشماره‌خوانی کنتورهای مشترکین،و جریان فازها ونول هرخط درساعات پیک هرروز مورداندازه‌گیری قرارگرفته که نتایج آن در جداول‌از ۱تا۴ درج شده‌است.

باتوجه به جداول ۱تا۴ ملاحظه میگردد که تلفات انرژی خطوط نمونه‌برداری شده‌از ۴/۶۵ درصد شروع و تا مرز ۳۰ درصد نیز می‌رسد. برای مقایسهٔ بهترچگونگی تجمع درصدتلفات خطوط مذکوربصورت نمودارشماره (۱) نشان داده شده است.



نمودار شماره ۱ - تجمع درصد تلفات خطوط نمونه‌برداری شده برحسب تعداد خطوط مربوطه

ردیف	نام خط	تعداد خانوار	انرژی ورودی KWh	انرژی خروجی KWh	تلفات انرژی KWh	طول خط متر	بارمتوسط پیک‌خط آمپر	بارمتوسط پیک‌نول آمپر	درصد تلفات‌انرژی
۱	اروندرود	۸۷	۶۴۵۰	۶۱۵۰	۳۰۰	۳۰۰	۶۰	۱۵	۴/۶۵
۲	بهجت‌آباد	۵۷	۵۱۰۰	۴۸۰۰	۳۰۰	۴۸۰	۶۵	۲۴	۵/۸۸
۳	فرخی	۶۱	۶۴۰۰	۵۹۵۰	۴۵۰	۳۸۰	۵۰	۱۵	۷/۰۳
۴	مطهری ۲	۱۰۰	۹۰۰۰	۸۳۷۰	۶۳۰	۴۸۰	۶۰	۲۷	۷/۰۰
۵	خانقاه ۴	۳۵	۲۵۰۰	۲۳۲۰	۱۸۰	۳۱۰	۶۰	۱۳	۷/۲۰
۶	شغال تپه	۸۴	۵۵۰۰	۵۰۷۰	۴۳۰	۴۵۰	۴۰	۲۶	۷/۸۲
	جمع		۳۴۹۵۰	۳۲۶۶۰	۲۲۹۰				۶/۵۵

جدول (۱) - آمار تلفات انرژی درچند نمونه از خطوط فشار ضعیف از دستهٔ اول

ردیف	نام خط	تعداد خانوار	انرژی ورودی KWh	انرژی خروجی KWh	تلفات انرژی KWh	طول خط متر	بارمتوسط پیک‌خط آمپر	بارمتوسط پیک‌نول آمپر	درصد تلفات‌انرژی
۱	رحمان‌آباد۲	۶۰	۷۷۵۰	۷۱۵۰	۶۰۰	۴۸۰	۹۰	۲۰	۷/۷۴
۲	اروندرود۱	۷۰	۱۲۶۰۰	۱۱۶۱۸	۹۸۲	۴۵۰	۹۲	۲۵	۷/۷۹
۳	میناگل	۵۰	۱۳۴۰۰	۱۲۲۹۶	۱۱۰۴	۴۰۰	۸۰	۲۰	۸/۲۴
۴	خانه‌پیشاهنگی	۱۶۵	۱۲۸۶۰	۱۱۷۸۰	۱۰۸۰	۵۷۰	۹۰	۳۵	۸/۴۰
۵	رحمان‌آباد	۶۷	۸۳۸۰	۷۶۵۰	۷۳۰	۴۵۰	۱۰۰	۲۵	۸/۷۱
۶	شهربازی ۲	۶۰	۹۰۹۰	۸۲۹۰	۸۰۰	۴۵۰	۹۵	۲۰	۸/۸۰
۷	خانقاه ۳	۵۸	۴۰۸۰	۳۷۰۰	۳۸۰	۴۱۰	۸۴	۳۰	۹/۳۱
۸	خانقاه ۲	۵۳	۳۵۵۰	۳۱۹۰	۳۶۰	۴۰۰	۸۲	۲۰	۱۰/۱۴
۹	خانقاه ۱	۴۵	۳۰۰۰	۲۶۹۰	۳۱۰	۳۸۰	۸۰	۲۰	۱۰/۳۳
۱۰	کارمزد(زیراب)	۱۲۵	۴۰۸۰	۳۵۹۰	۴۹۰	۵۶۰	۱۰۰	۳۵	۱۲/۰۱
۱۱	خرم‌آباد(تازه‌آباد)	۸۰	۵۳۶۰	۴۶۵۰	۷۱۰	۳۸۰	۸۰	۳۰	۱۳/۲۵
۱۲	کلاگسر	۵۵	۴۵۵۰	۳۸۳۶	۷۱۴	۳۵	۹۰	۲۰	۱۵/۶۹
	جمع	۸۸۷۰۰	۸۰۴۴۰	۸۲۶۰					۹/۳۱

جدول (۲) - آمار تلفات انرژی درچند نمونه از خطوط فشار ضعیف از دستهٔ دوم

ردیف	نام خط	تعداد خانوار	انرژی ورودی KWh	انرژی خروجی KWh	تلفات انرژی KWh	طول خط متر	بارمتوسط پیک‌خط آمپر	بارمتوسط پیک‌نول آمپر	درصد تلفات انرژی
۱	مطهری ۱	۵۱	۵۱۶۰	۴۸۱۰	۳۵۰	۴۵۰	۱۱۰	۳۵	۶/۷۸
۲	رحمانی ۱	۶۵	۱۳۵۰۰	۱۲۰۵۰	۱۴۵۰	۴۸۰	۱۲۰	۴۰	۱۰/۷۴
۳	رحمانی ۲	۷۵	۱۵۵۰۰	۱۳۷۵۰	۱۷۵۰	۵۰۰	۱۰۵	۳۸	۱۱/۲۹
۴	اسکندرکلا	۹۰	۷۳۶۰	۶۲۶۰	۱۱۰۰	۴۰۰	۱۱۵	۴۵	۱۴/۹۴
۵	موزیرج ۱	۴۰	۹۰۴۰	۷۶۴۰	۱۴۰۰	۴۳۰	۱۲۰	۳۰	۱۵/۴۹
۶	صاحب‌الزمان ۱	۸	۸۵۶۰	۷۱۶۰	۱۴۰۰	۴۵۰	۱۳۰	۴۵	۱۶/۵۲
۷	موزیرج ۳	۵۰	۱۱۵۰۰	۹۶۰۰	۱۹۰۰	۴۲۰	۱۰۵	۳۸	۱۶/۳۵
۸	موزیرج ۲	۴۸	۱۰۵۰۰	۸۷۶۰	۱۷۴۰	۴۷۰	۱۰۲	۵۰	۱۶/۵۷
۹	صاحب‌الزمان۲	۱۰۰	۹۵۱۰	۷۸۶۰	۱۶۵۰	۴۷۰	۱۰۲	۵۰	۱۷/۳۵
۱۰	صاحب‌الزمان ۳	۱۱۸	۱۲۰۵۰	۹۹۵۰	۲۱۰۰	۴۸۰	۱۲۰	۵۰	۱۷/۴۲
۱۱	ده محمودآباد	۴۰	۶۷۰۰	۵۴۸۰	۱۲۲۰	۴۵۰	۱۲۰	۳۰	۱۸/۲۱
۱۲	اکبریان	۹۶	۱۳۴۳۲	۱۰۸۳۲	۲۶۰۰	۴۲۰	۱۱۰	۴۵	۱۹/۳۶
۱۳	مازیار	۷۴	۱۲۰۸۰	۹۵۸۰	۲۵۰۰	۵۰۰	۱۱۰	۴۲	۲۰/۷
۱۴	شیرگاه	۷۲	۱۳۴۷۵	۱۰۳۷۵	۳۱۰۰	۴۸۰	۱۰۵	۴۰	۲۳
	جمع	۱۴۸۳۶۷	۱۲۴۱۰۷	۲۴۲۶۰					۱۶/۳۵

جدول (۳) - آمار تلفات انرژی درچند نمونه از خطوط فشار ضعیف از دستهٔ سوم

ردیف	نام خط	تعداد خانوار	انرژی ورودی KWh	انرژی خروجی KWh	تلفات انرژی KWh	طول خط متر	بارمتوسط پیک‌خط آمپر	بارمتوسط پیک‌نول آمپر	درصد تلفات انرژی
۱	رحمانی ۳	۷۱	۱۷۲۷۰	۱۴۴۷۰	۲۸۰۰	۷۵۰	۱۴۰	۶۰	۱۶/۲۱
۲	خیابان مولوی ۱	۱۰۰	۱۳۰۰۰	۱۰۵۰۰	۲۵۰۰	۸۰۰	۱۷۰	۵۸	۱۹/۲۳
۳	خیابان‌مولوی ۲	۱۲۱	۱۵۰۰۰	۱۲۱۰۰	۲۹۰۰	۸۰۰	۱۳۵	۵۰	۱۹/۳۳
۴	ساکت‌تبار	۶۳	۶۳۵۰	۴۹۵۰	۱۴۰۰	۷۰۰	۱۳۰	۵۰	۲۲/۰۵
۵	کوچه‌چهار ۶۰۰	۹۵	۲۱۲۸۰	۱۶۲۸۰	۵۰۰۰	۸۰۰	۱۳۵	۵۰	۲۳/۵
۶	بی‌بی‌سرروضه	۵۰	۳۹۵۰	۲۹۴۰	۱۰۱۰	۶۱۰	۱۶۵	۴۵	۲۵/۵۷
۷	نهارخوران	۳۵	۹۳۸۰	۶۵۸۰	۲۸۰۰	۶۵۰	۱۵۰	۴۰	۲۹/۸۵
۸	شازده‌رودخانه	۵۲	۴۵۰۰	۳۱۵۰	۱۳۵۰	۶۶۰	۱۴۲	۴۵	۳۰
	جمع	۹۰۷۳۰	۷۰۹۷۰	۱۹۷۶۰					۲۱/۷۸

جدول (۴) - آمار تلفات انرژی درچند نمونه از خطوط فشار ضعیف از دستهٔ چهارم

همانطورکه ملاحظه میشود خطوط با تلفات انرژی ۱۵٪ و بیشتر ازآن حدود ۵۲٪ خطوط را شامل میشوند و قریب ۱۳ خط یعنی ۳۳٪ خطوط دارای تلفات انرژی حدود ۱۰٪ میباشند این مطلب بیانگر آن است که تلفات درشبکه فشار ضعیف‌موردمطالعه‌بطرز فوق‌العاده‌ای زیادبوده‌ودقت‌کافی‌راجهت‌بررسی ومقابله‌باآن طلب می‌نماید.

باتوجه به جداول ۱ تا ۴ مقدار متوسط درصد تلفات در ۴۰ خط نمونه‌برداری شده را میتوان بصورت زیرخلاصه نمود :

- جمع انرژی ارسالی ۳۶۲۷۴۷ کیلووات ساعت
- جمع انرژی دریافتی ۳۰۸۱۷۷ کیلووات ساعت
- میزان تلفات انرژی ۵۴۵۷۰ کیلووات ساعت
- متوسط تلفات انرژی ۱۵ درصد

عدد ۱۵ درصدبعنوان متوسط درصدتلفات‌انرژی شبکه فشارضعیف مبنای مطالعه‌قرار میگیرد. اگرچه خطوط نمونه درهرطبقه بصورت اتفاقی انتخاب شده‌اند، لیکن تعداد خطوط نمونه به‌نسبت تعداد زیادخطوط فشار ضعیف منطقه‌نسبتاً کم ،وتقریب نمونه‌گیری قاعدتاً زیاداست. امانتیجه تلفات درقیاس بامتوسط تلفات سالیانه بدست آمده از آمارخرید و فروش سال ۷۲ یعنی ۱۷/۱۷ درصد [آمار خرید برابر ۳۰۱۷۶۵۴ ، وآمار فروش برابر با ۲۴۹۹۶۰۸ هزارکیلووات ساعت براساس گزارش واحد خدمات ماشینی (کامپیوتر) شرکت توزیع نیروی برق مازندران] وباتوجه به اینکه نمونه‌گیری درماه بهمن (پیک زمستان)، انجام شده، وبعلاوه چون محور بحث نیز به تلفات کل مربوط نبوده وهدف تعیین سهم واهمیت هردسته در ایجاد تلفات بوده‌است، لذا نتایج نمونه‌های انتخاب شده رابرای این منظور می‌توان قابل قبول دانست .

حال بااین فکرکه نمونه‌گیری مادرسطح کل شبکه فشارضعیف استان مازندران قابل‌تعمیم باشد و باتوجه به پیک باراستان P_p درماه مورد نظرتلفات انرژی آن بشرح زیربدست می‌آید:

ابتدا باتوجه به اینکه F_{LD} ضریب باراستان درسال ۷۲ رقم ۶۵٪ می‌باشد [۳] ،ضریب تلفات F_{LS} را بااستفاده ازفرمول زیر[8] بدست می‌آوریم:

$$F_{LS} = 0.3F_{LD} + 0.7F^2_{LD} = 0.3 \times 0.65 + 0.7 \times 0.65^2 = 0.49 \qquad (۲)$$

ازطرفی بنابه‌تعاریف ضریب باروضریب تلفات داریم : $$\%\triangle P_p = \frac{F_{LD}}{F_{LS}} \cdot \%\triangle W \qquad (۳)$$

که درآن $\%\triangle P_p$ درصد تلفات دیماند یعنی درصد تلفات توان درساعات پیک میباشدلذا:

$$\%\triangle P_p = \frac{0.65}{0.49} \times \%15.0 = \%20$$

ازآنجاکه تلفات دیماند یعنی تلفات درساعات پیک استان مازندران برابر میشود با:

$$\triangle P_p = \%\triangle P_p \times P_p \qquad (۴)$$

که درآن $\triangle P_p$ تلفات توان مصرفی پیک درماه‌بهمن (ماه‌نمونه‌گیری)و $P_p = ۶۰۰MW$ [۵] است ،لذا:

$$\triangle P_p = 600 \times \%20 = 120\ MW$$

همچنین تلفات متوسط توان در این روز: $\triangle P_M = F_{LS} . \triangle P_p = 0.49 \times 120 = 58.8\ MW$

که درآن $\triangle P_M$ تلفات متوسط توان میباشد ازآنجا جهت محاسبه تلفات انرژی درماه مذکور خواهیم داشت: $\triangle W = \triangle P_M \times 24 \times 30 = 58.8 \times 24 \times 30 = 42336\ MWh$

چنانچه ملاحظه میشود هم رقم تلفات دیماند وهم رقم تلفات انرژی درماه مورد نظر بسیاربالا بوده و بیانگر ضرر هنگفتی است که سیستم شبکه فشار ضعیف فعلی و شیوه‌های سنتی بهره‌برداری از آن متوجه شرکت برق منطقه‌ای مینماید.

۲- تجزیه وتحلیل تلفات خطوط مورد مطالعه .

دراینجا برای آنکه بتوانیم تجزیه وتحلیل مناسبی ازتلفات ۴۰ خط مورد مطالعه و مؤلفه‌های تلفات مربوطه داشته باشیم باتوجه به دانسته‌های زیر:

الف : اندازه جریان متوسط فازها وجریان‌نول این خطوط درشرایط پیک بار پریود ذکرشده(ستون هشتم ونهم جداول شماره ۱تا۴).

ب : مشخصات فنی خطوط مذکور [۴].

ج : جریان متوسط پیک خطوط فشارضعیف استان که ازتقسیم پیک باراستان (معادل ۶۰۰ مگاوات درزمان نمونه‌گیری) برتعداد خطوط فشار ضعیف آن که‌معادل ۱۳۵۰۰ خط [۴]است ،برابر حدود ۸۰آمپر محاسبه‌میشود.

شیوه‌دسته‌بندی خطوط موردمطالعه را برحسب بار وشعاع تغذیه که هم بیانگرنقش پارامترهای فرمول تلفات ژولی بوده و هم تأثیرروشهای بهره‌برداری خطوط رانشان میدهد انتخاب نموده‌ایم. دسته‌های مورد نظر بشرح زیرمیباشد .

۲-۱ ـ تلفات در دسته خطوط با بارسبک (دسته اول) - این دسته خطوطی راشامل میشودکه بارآنهاکمتراز ۷۰ آمپراست. باملاحظه جدول ۱ مشاهده میشود که از ۴۰ خط مورد مطالعه تعداد ۶ خط دارای بار سبک میباشند درصد تلفات این دسته از ۴/۶۵٪ شروع شده وبه حداکثر ۷/۸۲٪ میرسد.

ضمن اینکه‌درصدتلفات متوسط این دسته‌رقم ۶/۵۵٪ میباشدسهم‌تلفات‌آن دردرصدتلفات ۴۰ خط (۱۵٪)باانرژی ورودی ۳۶۲۷۴۷ KWh برابر ۰/۶۳٪=۳۶۲۷۴۷:۱۰۰×۲۲۹۰ بدست می‌آید. همچنین سهم تلفات این ۶ خط (۲۲۹۰KWh) در مقدار تلفات ۴۰ خط (۵۴۵۷۰ KWh) برابر ۴/۲٪ محاسبه میگردد.

چنانچه خواهیم‌دیدبامقایسه مقدار تلفات و درصد تلفات این دسته بارقمهای نظیردر دسته‌های دوم وسوم وچهارم،درصدتلفات‌این دسته‌خیلی کمتراست.درواقع باتوجه‌به‌این‌نکته که شعاع تغذیه متوسط این دسته‌ها بایکدیگر تفاوت زیادی ندارند واختلاف مربع جریان آنها چشمگیرمیباشد، جهت محاسبه تلفات آنها می‌توان ازجریان ورودی این دسته‌ها باتقریب خوبی استفاده نمود و سراغ پروفیل بارآن نرفت.

۲-۲ ـ تلفات دردسته خطوط بابارمتوسط (دسته دوم) -- این دسته شامل خطوطی است که‌بار آنهانزدیک به بارمتوسط ۸۰ آمپریعنی خطوطی با بارهای بین ۷۰ تا۱۰۰آمپراست.این خطوط در جدول شماره۲ مشخص شده است. باتوجه به اعداد وارقام مربوطه ملاحظه میگردد که درصد تلفات انرژی خطوط این دسته از ۷/۷۴٪ شروع و تارقم ۱۵/۶۹٪ پیش میرود. متوسط درصد تلفات انرژی این دسته ۹/۳۱٪ بوده و سهم آن در درصد تلفات انرژی ۴۰ خط مورد مطالعه (۱۵٪) برابر ۲/۲۸٪=۳۶۲۷۴۷:۱۰۰×۸۲۶۰ می‌باشد. ضمناً" تعداد خطوط این دسته ۱۲ خط بوده که مقدار ۳۰٪=۴۰:۱۰۰×۱۲ کل خطوط ۴ دسته را شامل میشود، اما سهم تلفات آن درمقایسه باتلفات ۴ دسته مقدار ۱۵/۱۴٪=۵۴۵۷۰:۱۰۰×۸۲۶۰ است، یعنی بازهم این دسته سهم تلفات کمی را درقیاس با دسته‌های دیگر دارا می‌باشد.

۲-۳ ـ تلفات در دسته‌خطوط با بار زیاد (دسته سوم) - این دسته به خطوطی اطلاق میشود که بارآنهااز ۱۰۰ آمپرزیادتراست. خطوط این دسته در جدول شماره ۳ مشخص شده‌است. بابررسی ارقام این دسته، مشاهده میگردد که تلفات انرژی خطوط این دسته‌از ۶/۷۸٪ شروع و تامرز ۲۳٪ پیش

میرود. متوسط درصد تلفات انرژی این دسته ۱۶/۳۵٪ است وسهم تلفات آن نسبت به درصد تلفات ۴۰ خط (۱۵٪) برابرمیشود با ٪۶/۶۹=۳۶۲۷۴۷:۱۰۰×۲۴۲۶۰ ، یعنی درواقع سهم تلفات خطوط این دسته درمقایسه با دسته‌های اول ودوم خیلی بیشتربوده و سهم قابل توجهی از درصد تلفات انرژی ۴۰ خط راشامل میگردد. ضمناً"این دسته دارای ۱۴ خط یعنی ۳۵٪ تعدادکل خطوط بوده،وسهم تلفات آن از مقدار تلفات ۴ دسته برابر با ٪۴۴/۴۶ = ۵۴۵۷۰:۱۰۰×۲۴۲۶۰ میگرددکه بیانگر سهم نسبتاً زیاد تلفات ایندسته درمجموعه خطوط فشارضعیف است .

۴-۲ ـ تلفات دردسته خطوط باشعاع تغذیه طولانی (دسته چهارم) - این دسته شامل خطوطی است که شعاع تغذیه آنهافارغ ازباربیش از ۵۰۰ مترمی‌باشد. این دسته خطوط درجدول شماره ۴ مشخص شده است .

مطالعه آمارهای این خطوط نشان می‌دهد که آنها علاوه‌بر شعاع تغذیه طولانی بعلت تغذیه تعداد زیادی از مشترکین دارای بار زیادی نیز میباشند. درصد تلفات انرژی این خطوط از ۱۶/۲٪ شروع و به مرز ۳۰٪ نیز میرسد که رقمهای فوق‌العاده بزرگی درمفاهیم درصد تلفات انرژی میباشد. متوسط درصد تلفات انرژی ایندسته ۲۱/۷۸٪ بوده و سهم تلفات آن در درصدتلفات ۴۰ خط (۱۵٪) برابر میشود با ٪۵/۴۵ =۳۶۲۷۴۷:۱۰۰×۱۹۷۶۰ است .

همچنین تعداد خطوط این دسته ۸ خط بوده‌که ٪۲۰ = ۴۰:۱۰۰×۸ تعداد خطوط موردمطالعه‌را تشکیل میدهد درصورتیکه‌سهم‌تلفات‌ایندسته‌ازمقدارتلفات ۴۰ خط رقم ۳۶/۲۱٪ می‌باشد که مقدار قابل‌توجهی است. بدین‌ترتیب علیرغم تعدادکم خطوط ایندسته‌درصدقابل توجهی ازکل تلفات را بخود اختصاص داده است.

۳- بررسی تلفات انرژی مجموعه خطوط مورد مطالعه

قبل ازآنکه به بررسی تلفات ۴۰ خط مورد مطالعه بپردازیم اثرعوامل تلفات‌ساز دیگر این خطوط ازقبیل عدم تعادل بار، کابل سرویس و غیره راکه جزئی ازعوامل تلفات هرچهاردسته میباشد بطور خیلی خلاصه مطرح مینمائیم.

۳-۱ ـ تلفات مربوط به عدم تعادل بار - این عامل که خودناشی‌ازدومولفه‌عدم تساوی بار فازهاو جریان دارشدن سیم نول میباشد[۶] با اندازه‌گیریهای لازم وبااستفاده ازفرمولهای زیربرای هردسته بطور جداگانه وبرای هرچهاردسته بصورت یکجامحاسبه‌شده ودرجدول شماره ۵ برحسب سهمی که در درصد تلفات ۴۰ خط دارند مطرح شده‌اند[۷].

$$\triangle P_N = \frac{1}{3} R_N I_N^2 \qquad (۷)$$

$$\triangle P_u = \frac{1}{3} \triangle P_N \qquad (۸)$$

دراین فرمولها $\triangle P_N$ و I_N به ترتیب تلفات توان وجریان سیم نول ، R_N و $\triangle P_u$ به ترتیب مقاومت اهمی سیم نول واضافه‌تلفات توان مربوط به عدم تساوی بارفازها میباشد ضمناً" ناگفته نماند این فرمولها بافرض توزیع یکنواخت باردرطول خط نوشته شده واستفاده ازاین فرض نیز باتوجه به اینکه پراکندگی مصارف خانگی وتجاری درطول خطوط استان تقریبا" یکنواخت بوده‌وتأسیسات ارتفاعی عموماًازپست ترانسفورماتور جداگانه تغذیه میگردند باتقریب خوبی نتیجه میدهد.

چنانچه از جدول ۵ ملاحظه میشود سهم تلفات سیم نول دردرصد تلفات ۴۰ خط ودر مقدار تلفات آن به ترتیب ٪۰/۹۳ و ٪۶/۲ و سهم تلفات اضافی مربوط به عدم تساوی بارفازها در درصد تلفات و مقدار تلفات ۴۰ خط مورد نظر به ترتیب ٪۰/۳۱ و ٪۲/۰۶ میباشد.

۳-۲ ـ تلفات کابل سرویس - تلفات‌کابل سرویس هردسته ومجموع چهاردسته بااستفاده ازفرمول زیر واندازه‌گیری‌های لازم‌بدست آمده وبرحسب سهم آنها در درصد تلفات ۴۰ خط درجدول ۶ یادداشت شده‌اند:

$$\triangle P_s = \sum r_{av} \, i^2_{av}$$

دراین فرمول i_{av} جریان متوسط کابل سرویس هرمشترک است‌که بااستفاده ازکیلووات پریود مورد نظربدست آمده و r_{av} نیزمقاومت متوسط کابل سرویس میباشد. مقدار متوسط مقاومت کابل سرویس r_{av} بااستفاده ازآمار طول مقطع کابل سرویس حدود ۳۰۰۰ مشترکی که به این ۴۰ خط فشار ضعیف نمونه متصل بوده‌اند، محاسبه ومورد استفاده قرارگرفته‌است.

طبق جدول ملاحظه میگردد که سهم تلفات کابل سرویس در درصد تلفات ومقدار تلفات ۴۰ خط به ترتیب برابر ٪۰/۶۸ و ٪۴/۰۵ است.

مولفه‌ها / دسته	درصدسهم دسته	درصدسهم تلفات نول	درصدسهم تلفات عدم تساوی بارفازها	درصدسهم تلفات کابل سرویس	درصدسهم تلفات فازهادرحالت تعادل بار
دسته‌اول	۰/۶۲	۰/۰۳۸	۰/۰۱۲	۰/۱۰	۰/۴۷
دسته دوم	۲/۲۷	۰/۱۲	۰/۰۴	۰/۲۰	۱/۹۱
دسته سوم	۶/۶۷	۰/۳۷۵	۰/۲۱۵	۰/۲۴	۵/۹۳
دسته چهارم	۵/۴۴	۰/۴	۰/۱۴	۰/۱۴	۴/۷۶
جمع چهاردسته	۱۵	۰/۹۳	۰/۳۱۷	۰/۶۸	۱۳/۰۷
نسبت‌به‌تلفات ۴۰خط	۱۰۰	۶/۲	۲/۰۶	۴/۰۵	۸۷/۲۴

جدول ۵ - سهم مؤلفه‌های تلفات در درصد تلفات ومقدار تلفات ۴۰ خط مورد مطالعه

	تعداد خطوط	درصدسهم تلفات دسته درتلفات ۴۰ خط	درصدسهم تعداد خطوط دسته	درصدسهم تلفات هرخط برهردسته	درصدتلفات
دسته‌اول	۶	۴/۰۴	۱۵	۰/۶۷	۰/۶۲
دسته دوم	۱۲	۱۵/۱۶	۳۰	۱/۲۶	۹/۳۱
دسته سوم	۱۴	۴۴/۵	۳۵	۳/۱۸	۱۶/۵
دسته چهارم	۸	۳۶/۳	۲۰	۴/۵۴	۲۱/۷
مجموع چهاردسته	۴۰	۱۰۰	۱۰۰	۲/۵	۱۵

جدول ۶ - سهم تلفات هردسته درمقایسه باتلفات ۴۰ خط مورد مطالعه

مطابق این جدول بیشترین سهم تلفات مجموعه خطوط موردمطالعه مربوط به مولفه‌تلفات فازهای خطوط با فرض تعادل بارمیباشد ومولفه‌تلفات جریان‌دارشدن سیم نول ،مولفه‌تلفات کابل سرویس ومولفه‌تلفات عدم تساوی بارفازها در مراتب بعدی قرار دارند. درمولفه تلفات فازهای خطوط چنانچه در دسته‌بندی قبلی نیزمطرح شد بیشترین سهم را همانطورکه انتظارمیرفت به ترتیب مؤلفه‌های تلفات بارزیاد و تلفات شعاع تغذیه طولانی دارا می‌باشند.

باتوجه به این جدول وتوضیحات اخیردرواقع نقش وسهم هریک ازمؤلفه‌های تلفات درایجاد وافزایش تلفات ۴۰ خط موردمطالعه مشخص میشود ودرنتیجه می‌توان باعنایت به این موضوع راه حل‌های مناسبی را جهت کاهش تلفات کلی مجموعه ارائه داد.

همچنین جهت مطالعه سهم تلفات هردسته درمقدارتلفات مجموعه خطوط موردمطالعه و

نقش هریک‌ازخطوط مربوطه جدول زیررابا‌توجه به مقادیر بدست آمده تشکیل می دهیم (جدول۶)

طبق این جدول سهم تلفات بریک خط درهردسته از دسته‌خطوط بابارسبک تادسته خطوط با شعاع‌تغذیه‌طولانی سیرصعودی داردیعنی درواقع هرچقدرخطوط شبکه‌فشارضعیف‌یک‌منطقه بعلت رشدبارازیک‌دسته‌خارج شده‌ودردسته‌بالاترقراربگیرندتلفات‌آنهابه‌نسبت زیادی افزایش پیدا میکند.

باتوجه به این توضیحات وبادسته‌بندی کلیه ۱۳۵۰۰ خط شبکه‌فشارضعیف‌استان مازندران برحسب دسته‌بندی عنوان شده (البته بادرنظرگرفتن اندازه‌گیری پیک تابستان این خطوط [۵]) ملاحظه میگرددکه دربین این خطوط حدود ۴۷۰۰ خط پرباروحدود ۲۷۰۰ خط طولانی (باشعاع تغذیه‌بیش از ۵۰۰ متر) وجود دارند که درافزایش تلفات سهم بسیار زیادی را دارا می‌باشند. علیهذا ازدیدگاه اولویت دادن به برخورد بامعضلاتی که‌موجب‌افزایش تلفات‌درشبکه مذکورمیشوند می‌بایستی دردرجه‌اول پیشنهادات مناسبی راجهت‌کاهش وتعدیل بارخطوط پرباروکاهش طول و بار خطوط طولانی ارائه داد وبهمراه آن اقداماتی راجهت‌بهبوداشکالات‌عدم‌تعادل باروکابل سرویسهای نامناسب وبقیه عوامل تلفات‌سازمطرح نمود.

۴- پیشنهادات جهت‌کاهش تلفات شبکه فشار ضعیف استان مازندران

بنظرمابایک‌دیدمهندسی‌به‌وضعیت‌فعلی‌وآتی‌شبکه‌توزیع مازندران‌همچنانکه‌برای‌خطوط انتقال سه نوع برنامه‌ریزی‌کوتاه‌مدت،میان مدت‌ودرازمدت‌داریم‌بهتراست‌که‌پیشنهادات‌کاهش تلفات‌شبکه‌فشار ضعیف رادرچارچوب سه‌نوع‌برنامه‌ریزی فوق مطرح نمائیم‌امااز‌آنجائیکه‌مطالب مربوط به‌برنامه‌ریزی میان مدت ودراز مدت ازمباحث این مقاله فراتر میرود درزیربه طرح پیشنهادات برنامه‌کوتاه‌مدت اکتفا می‌کنیم.

۴-۱ ـ کاهش بارخطوط فول‌بار درکوتاه‌مدت باروشهای زیر:

الف. تقسیم باربین خطوط منطقه: قابل ذکراست که باتوجه به‌نقشه‌فشارضعیف موجوداستان [۴] مشاهده میشود که بسیاری ازخطوط یک پست توزیع یاچند پست توزیع درنقاطی از شبکه یابهم خیلی نزدیک میباشند (۱۵۰ - ۵۰ متر) ویااینکه بهم میرسند درآنصورت براحتی میتوان بارخطوط فول بار را بین خطوط محل بطور مناسبی تقسیم نمود (تعیین نقاط ژرف - قراردادن مشترک پربار روی خط کم‌بار)

ب. احداث خط فشارضعیف جدید: اگر امکان اجرای پیشنهاد فوق نباشد می‌توان بااحداث خط

فشار ضعیف جدید یادومداره کردن خط موجود تاشعاع لازم بار خط رابه نصف یادرهمین حدود تقلیل داد توضیح اینکه طبق کتاب استاندارد وزارت نیرو جریان مجاز خطوط فشار ضعیف بمقطع ۳۵ میلیمتر مربع ۱۳۵ آمپرمی‌باشد درنتیجه جریانهای بالاترازآن مثلا" ۱۷۰ آمپرباتوضیحات فوق به حدود ۸۰ یا ۹۰ آمپر تقلیل داده میشود .

ج . نصب پست توزیع جدید: ازآنجائیکه محدودیت افزایش تعداد خطوط فشار ضعیف هوائی درکوچه‌ها وخیابانها وجود دارد (هرپیاده رو یک خط تک مداره یا یک خط دو مداره) درصورت عدم امکان اجرا ویااقتصادی نبودن پیشنهاد فوق و فول باربودن خطوط منطقه می‌توان نسبت به نصب پست توزیع درنقطه تقریبی مرکز ثقل باراقدام ویاخطوط منطقه را بنحو چشمگیری کاهش داد.

توضیح – درمورد سه بند اخیرطرح این نکته لازم است که اجرای این طرحها جنبه ضرورت فنی دارد و رعایت جنبه‌های اقتصادی درمرحلهٔ بعد ازرعایت ضرورت فنی مطرح میباشد.

۲-۴ ـ اصلاح خطوط باشعاع تغذیه طولانی – اینگونه خطوط که عمدتا" باافت ولتاژ زیاد درانتهای خط همراه میباشندبعلت ضرورت پیش‌بینی ولتاژ مناسب برای مشترکین می‌بایستی هرچه سریعتراصلاح شوندواصلاح آنها ضرورت جدی فنی دارد وجنبه اقتصادی آن درمرحله بعدی میباشد پیشنهاد کاهش طول این خطوط با روشهای زیر:

الف – وصل قسمتی از این خطوط به خطوط مجاور منطقه درصورت امکان یادرصورت احداث خط فشار ضعیف ارتباطی درطولهای کم

ب – احداث پست توزیع جدیددرمحل مناسب بطوریکه درکاهش شعاع تغذیه خطوط مورد نظر و همچنین کاهش بار خطوط دیگر نقش مناسبی راایفا نماید.

۳-۴ ـ کاهش تلفات عدم تعادل بارشبکه – باتوجه به اینکه‌اصلاح عدم تعادل بارشبکه موجب کاهش تلفات درتمام دسته های ذکر شده میگردد و با ملاحظه جدول ۶ که درآن سهم تلفات مؤلفه‌های مربوطه ،یعنی عدم تساوی بارفازها و جریان‌دار شدن سیم نول درهر دسته وجمع چهار دسته مشخص شده‌است، پیشنهادهای زیرجهت مقابله با این مولفه‌ها مطرح میگردد .

الف – تقسیم مناسب‌باربین فازهای خطوط باتقسیم مناسب مشترکین روی فازها طی برنامه دوره‌ای .

ب – تبدیل شبکه‌های تکفاز به سه‌فاز بویژه در مورد خطوط وانشعابات طولانی

ج – افزایش سطح مقطع نول به سطح مقطع فاز درمواردیکه جریان سیم نول زیاد بوده وتوجیه

اقتصادی دارد.

د - اصلاح سیستم‌ارتینگ شبکه (ارتینگ نقطه ستاره‌ترانس توزیع باضافهٔ ارتینگ طول خط فشار ضعیف)

توضیح اینکه دراینمورد توجیه حفاظتی وایمنی اصل بوده وبه تبع آن جنبه فنی مورد نظر یعنی کاهش تلفات عدم تعادل بار نیزحاصل میگردد.

۵- نتیجه گیری

بااستفاده از تحلیل آمارهای نمونه‌گیری ، خطوط شبکه‌فشار ضعیف مازندران به چهاردستهٔ متمایز تقسیم گردید. سهم مؤلفه‌های مختلف تلفات یعنی تلفات نول ، تلفات عدم تساوی بارفازها، تلفات کابل سرویس ، تلفات فازها بفرض تعادل بارها ، و تلفات کل برای هردسته بطور جداگانه محاسبه‌گردید. باستناداین محاسبات نتیجه‌گیری شد که قسمت اعظم تلفات شبکه فشار ضعیف مربوط به خطوط طولانی ، و خطوط بابار زیادمی‌باشد. براساس این استنتاج پیشنهاداتی جهت حل مشکل در کوتاه مدت ارائه گردید.

۶- منابع

۱- آمار صنعت برق کشور درسال ۷۲ - ازانتشارات وزارت نیرو

۲- شبکه توزیع این معضل همیشگی - بهمن پور ازانتشارات برق منطقه‌ای تهران

۳- کارنامه‌سال ۷۲ شرکت‌برق منطقه‌ای‌مازندران - ازانتشارات شرکت برق‌منطقه‌ای‌مازندران

۴- مشخصات شبکه توزیع مازندران - ازانتشارات شرکت توزیع نیروی استان‌مازندران

۵- پیک بار خطوط فشارضعیف استان درمرداد و بهمن سال ۷۲ - استخراج ازماهنامه آماری شرکت برق منطقه‌ای مازندران

۶- اثرات عدم تعادل بار درشبکه توزیع - علی صفر نورالله - کنفرانس توزیع گیلان

۷- اثرات عدم تعادل بار - رحیم سلیمان آذر - کنفرانس توزیع مشهد

8- TURAN GONEN,: ELECTRUIC POWER DISTRIBUTION SYSTEM ENGINEERING, 1st ed., McGraw - Hill,Inc 1986,PP54-56