تعیین درصد تلفات مجاز در کابل سرویس از نقطه نظر اقتصادی

محمد غلامی امیرهوشنگ بخارائیان

شرکت توزیع نیروی برق استان مازندران

چکیده :

اهمیت بررسی وتجزیه وتحلیل تلفات شبکه توزیع بعلت آنکه بیش از ۶۵٪ کل تلفات سراسری برق راشامل میشود[۱] برکارشناسان این صنعت پوشیده نیست. یکی ازمؤلفه‌های تلفات‌ساز شبکه توزیع تلفات درکابل سرویس مشترکین میباشد که بعلت زیاد بودن تعداد کابل سرویس (حدوداً برابر تعداد مشترکین کل کشور) دارای ابعاد قابل توجهی میباشد.

دراین مقاله با استفاده از روش اندازه‌گیری نمونه‌ای بدو مطلب اساسی درمورد کابل سرویسها پرداخته میشود. اول آنکه درصد واقعی تلفات این بخش درچه حدود است. دوم آنکه رقم اعلام شده بعنوان درصدمجاز تلفات درکابل سرویس [۲] ازنقطه‌نظر فنی واقتصادی تاچه حدی قابل توجیه‌است.

شرح مقاله

باتوجه به عمر تأسیسات فشار ضعیف درصنعت برق ایران هنوز اطلاعات دقیقی در رابطه با میزان تلفات انرژی الکتریکی دردست نیست و آنچه درگزارشات آماری بعنوان درصد تلفات عنوان میشود ارقام متوسط سالیانه میباشد. که آنهم ازتفاوت انرژی خریداری شده وانرژی فروخته شده به مشترکین نتیجه شده‌است. باتوجه به درصد تلفات آماری ارائه شده ،درصد تلفات درشبکه‌های توزیع نیرو بیش ازمجموع تلفات داخلی نیروگاهها وشبکه‌های انتقال نیرو میباشد. لذا اهمیت بحث تلفات دراین بخش به لحاظ کمیت بیشترآشکار میشود.

نظربه وسعت شبکه‌های توزیع و تنوع آنها ازنقطه‌نظر مقطع ، طول و بار شبکه ابتدا میبایست حدی‌را بعنوان استاندارد مورد قبول ارائه نمود سپس نسبت به اولویت‌بندی وکاهش آنها اقدام نمود واین امکان‌پذیر نخواهدبود مگر اینکه حد ارائه شده ازنظرفنی واقتصادی قابل توجیه باشد.

۱- تعیین پیک مصرف :

جهت تعیین میزان تلفات درشبکه توزیع نیروی استان مازندران بر روی ۲۵ فیدر ازاین شبکه بعنوان نمونه که شرایط ذیل را دارا بودند کنتور اکتیو وراکتیو نصب گردید.

الف- فیدرهائی باطول زیاد

ب - فیدرهائی با طول کم

ج - فیدرهائی با بارزیاد

سپس دریک زمان معین باقطع جریان فیدر نسبت به قرائت همزمان تمام کنتورهای مشترکین ونیز کنتورهای نصب شده درابتدای فیدر اقدام گردید که پس‌ازقرائت همزمان، جریان فیدر برقرارو پس ازیک دوره ۷ روزه مجدداً جریان فیدر قطع وکنتورها قرائت گردید.

تعداد مشترکین این فیدرها : ۳۲۷۰ مشترک

جمع مصرف انرژی دریک دوره ۷ روزه : ۱۳۱۵۳۹ کیلووات ساعت

مصرف یکروزه هرمشترک (کیلووات ساعت) $\frac{۱۳۱۵۳۹}{۷} : ۳۲۷۰ = ۵/۷۵$

کیلووات ساعت متوسط مصرف یک ساعت هرمشترک ۲۴ : ۵/۷۵ = ۰/۲۴

ازآنجائیکه ضریب‌باربرای مشترکین خانگی ۰/۳ و برای مشترکین‌تجاری صنعتی ۰/۸ درنظر میگیریم و نیز باتوجه‌به‌اینکه‌ازنمونه‌گیری‌انجام شده ۷۰٪مشترکین‌عادی و ۳۰٪ تجاری

صنعتی میباشند لذا خواهیم داشت:

پیک جریان هرمشترک خانگی (آمپر) $P_c = ۰/۲۴ : ۰/۳ = ۰/۸Kw \rightarrow = ۴/۵$

ازآنجائیکه کار روزانه مشترکین تجاری حدود ۸ ساعت میباشد لذا خواهیم داشت:

پیک جریان هرمشترک تجاری صنعتی (آمپر) $P_I = ۰/۲۴ \times \frac{۲۴}{۸} : ۰/۸ = ۰/۹Kw \rightarrow = ۵$

۲- تعیین تلفات

اگر طول متوسط کابل سرویس هرمشترک رابرابر ۲۰ متر وکابلها رابامقاطع $(۲\times۴)mm^2$ ٪۵۰، $(۲\times۶)mm^2$ ٪۳۰ و $(۲\times۲/۵)mm^2$ ٪۲۰ درنظر بگیریم خواهیم داشت:

$\Delta P_{cp} = ۲RI^۲$ و $R=\rho \frac{L}{S}$

تلفات پیک کابل سرویس یک مشترک عادی $\Delta P_{cp} = (\frac{٪۵۰\times۴۰}{۴\times۵۶} + \frac{٪۳۰\times۴۰}{۶\times۵۶} + \frac{٪۲۰\times۴۰}{۲/۵\times۵۶}) \times (۴/۵)^۲$

$\text{Loss Factor} = 0.7\ F_{load} + 0.3(F_{load})^2 = 0.153$

$\Delta P_{cp} = ۳/۷$ وات

$\Delta P_{cm} = \Delta P_{cp} \times F_{loss} = ۰/۱۵۳\times۳/۷ = ۰/۵۶۶$ وات = تلفات متوسط

$\Delta P_c = ۰/۵۶۶\times۲۴\times۳۲۷۰\times٪۷۰\times۷ = ۲۱۷$ کیلووات تلفات کابل سرویس مشترکین عادی

$2RI^2 = \Delta P_{lp} = ۰/۱۸۲\times۵^۲ = ۴/۵۵$ وات = تلفات پیک کابل سرویس یک مشترک صنعتی

$\text{Loss Foactor} = 0.688$

$\Delta P_{lm} = ۰/۶۸۸\times۴/۵۵ = ۳/۱۳۰$ وات تلفات متوسط یک مشترک صنعتی

$\Delta P_I = ۳/۱۳\times۸\times۳۲۷۰\times٪۳۰\times۷ = ۱۷۲$ کیلووات تلفات کابل سرویس مشترکین صنعتی

$\Delta P = ۲۱۷+۱۷۲ = ۳۸۹$ کیلووات جمع تلفات متوسط

$٪\Delta P = (۳۸۹ : ۱۳۱۵۳۹) \times ۱۰۰ = ٪۰/۲۹۵$

$\Delta P_p = ۳/۷\times۳۲۷۰\times٪۷۰ + ۴/۵۵\times۳۲۷۰\times٪۳۰ = ۱۲/۹۳$ کیلووات تلفات مربوط به ساعت پیک

$P_M = ۱۳۱۵۳۹ : (۲۴\times۷) = ۷۸۲/۹$ انرژی ورودی به فیدر بطور میانگین در یک ساعت کیلووات‌ساعت

درصورتیکه ضریب بار میانگین برابر ۰/۵ باشد خواهیم داشت:

$P_p = P_M : F_{ld} = ۷۸۲ : ۰/۵ = ۱۵۶۴$ پیک انرژی ورودی به فیدر

$\%\Delta P_p = (۱۲/۹۳ : ۱۵۶۴)\times۱۰۰ = ٪۰/۸۲۶$

این نکته رابابد توجه داشت که جریان کابل سرویس همه مشترکین یکسان نیستند وآنچه مادرنظر گرفتیم حد متوسط جریان بوده، لذادرصد تلفات ازاین مقدار نیزبیشتر خواهد شد بافرض

اینکه تلفات اضافی ٪۲۰ باشد داریم:

ΔP_p کل $= \Delta P_p + \%20\Delta P_p = ۱۲/۹۳۲+۲/۵۸۶=۱۵/۵۱۸$

$\%\Delta P_p = (۱۵/۵۱۸ : ۱۵۶۴)\times ۱۰۰ = ٪۰/۹۹۲$

$\%\Delta P_m = \frac{F_{loss} \times \% \Delta P_p}{F_{load}} = \frac{۰/۳۲۵\times ٪۰/۹۹۲}{۰/۵} = ٪۰/۶۴۵$

درصد تلفات متوسط بدست آمده باضریب بار ۰/۵ بوده نظربه‌اینکه ضریب بار شبکه‌معمولا" برابر ۰/۶ میباشد لذا خواهیم داشت:

$Pp = ۷۸۲ : ۰/۶ = ۱۳۰۴$ کیلووات

$\%\Delta Pp = (۱۵/۵ : ۱۳۰۴)\times ۱۰۰ = ٪۱/۱۸۹$

$\%\Delta Pm = ٪۰/۸۵$

۳- بالا بردن مقطع کابل

باتوجه‌به‌مطالب قبل مبنی‌بر اینکه ٪۲۰ از کابلهای سرویس بامقطع $۲\times ۲/۵mm^2$ میباشد، هرگاه جهت تقلیل تلفات کابل سرویس نسبت به تعویض این چنین کابلهائی بامقطع $(۶+۶\times ۱)mm^2$ اقدام نمائیم خواهیم داشت:

$\Delta P_{cp} = ۳/۰۱۳$ وات

$\Delta P_{cm} = ۰/۲\times ۳/۰۱۳ = ۰/۶۰۳$ وات

$\Delta P_c = ۰/۶۰۳\times ۲۴\times ۳۲۷۰\times ٪۷\times ۷ = ۲۳۱/۸$ کیلووات

$\Delta P_{lp} = ۳/۷$ وات

$\Delta P_{lm} = ۰/۶۸۸\times ۳/۷ = ۲/۵۴$ وات

$\Delta P_l = ۲/۵۴\times ۸\times ۳۲۷۰\times ٪۳۰\times ۷ = ۱۳۹/۸$ کیلووات

$\Delta P_m = ۲۳۱/۸+۱۳۹/۸ = ۳۷۱/۶$ کیلووات

$\%\Delta P_m = (۳۷۱/۶ : ۱۳۱۵۳۹)\times ۱۰۰ = ٪۰/۲۸۳$

$\Delta P_p = ۳/۰۱۳\times ۳۲۷۰\times ٪۷۰ + ۳/۷\times ۳۲۷۰\times ٪۳۰ = ۱۰/۵۳$ کیلووات

$P_m = ۱۳۱۵۳۹ : (۷\times ۲۴) = ۷۸۲/۹$ کیلووات ساعت

$P_p = ۷۸۲ : ۰/۵ = ۱۵۶۵/۹$ کیلووات ساعت

$\%\Delta P_p = (۱۰/۵۳ : ۱۵۶۶)\times ۱۰۰ = ٪۰/۶۷۲$

ازآنجائیکه جریان در تمام کابلهای سرویس یکسان نمیباشدلذاتلفات‌نیزبیشتر خواهد بود.

$\Delta P_p = \Delta P_p \times ۱/۲ = ۱۰/۵۳ \times ۱/۲ = ۱۲/۶۴$ کیلووات

$\Delta P_p = (۱۲/۶۴ : ۱۵۶۶) \times ۱۰۰ = ۰/۵۲۴$

نظربه‌اینکه ضریب بارشبکه‌معمولا"برابر ۰/۶ میباشدلذا خواهیم داشت :

$\Delta P_p = ۷۸۲ : ۰/۶ = ۱۳۰۴/۸$ کیلووات

$\%\Delta P_p = (۱۲/۶۴ : ۱۳۰۴/۸) \times ۱۰۰ = ٪۰/۹۶۸$

$\Delta P_m = ٪۰/۶۹۶$

$٪۰/۸۵ - ٪۰/۶۹۶ = ٪۰/۱۵۴$

چنانچه ملاحظه میشودباتعویض کابل تلفات به میزان ۰/۱۵۴٪ کاهش یافت.

کار راباتعویض کابل $۲ \times ۴mm^2$ نیز ادامه میدهیم:

$\Delta P_{cp} = ۲/۴۱$ وات

$\Delta P_{cm} = ۰/۱۵۳ \times ۲/۴۱ = ۰/۳۶۸$ وات

$\Delta P_c = ۱۴۱/۵$ کیلووات

$\Delta P_{lp} = ۲/۹۷۶$ وات

$\Delta P_{lm} = ۲/۹۷۶ \times ۰/۶۸۸ = ۲/۰۴۷۶$ وات

$\Delta P_l = ۱۱۲/۵$ کیلووات

$\Delta P_m = ۲۵۴$ کیلووات

$٪\Delta P_m = ٪۰/۱۹۳$

$\Delta P_p = ۸/۴۳$ کیلووات

$\Delta P_m = ۷۸۲/۹$ کیلووات

$P_p = ۷۸۲/۹ : ۰/۵ = ۱۵۶۵/۹$ کیلووات

$٪\Delta P_p = ٪۰/۵۳۸$

ازآنجائیکه جریان در تمام کابلهای سرویس یکسان نمیباشد:

$\Delta P_p = ۸/۴۳ \times ۱/۲ = ۱۰/۱۱۶$ کیلووات

$٪\Delta P_p = ٪۰/۶۴۵۹$

$٪\Delta P_m = ٪۰/۴۱۹$

نظربه‌اینکه ضریب‌بار شبکه رامعمولا" ۰/۶ درنظر می‌گیریم لذاخواهیم داشت :

P_p=۱۳۰۴/۸ کیلووات

٪ΔP_p= ٪۰/۷۷۵ کیلووات

٪ΔP_m= ٪۰/۵۵۸ کیلووات

باتعویض تمام کابلهای $2\times2/5mm^2$ به $(1\times6+6)mm^2$ درشبکه ، تلفات درکابل سرویس به میزان ۰/۲۹۲٪ کاهش یافت و این نشان میدهد که تلفات درکابل سرویس با مقطع $(1\times6+6)mm^2$ از ۰/۵۸۸٪ پائین‌تر نخواهد آمد، مگر اینکه مقطع کابل رابالاتر برد.

٤- توجیه اقتصادی

آنچه ما تاکنون مورد بحث قرار دادیم محاسبات فنی تعویض کابل سرویس بود واینکه می‌توان تمام کابلهای بامقطع پائین را به مقطع بالاتر افزایش داد ازنقطه‌نظر اقتصادی توجیه‌پذیرمیباشد یاخیر، رادرزیرمورد بحث قرار خواهیم داد.

درمرحله اول تعویض کابلهای $2\times2/5mm^2$ ، بافرض اینکه طول کابل سرویس بطور میانگین ۲۰ متر باشد درنتیجه طول کابل برابر خواهدشدبا:

۳۲۷۰×٪۲۰×۲۰=۱۳۰۸۰ متر

سرمایه موردنیاز جهت تأمین ۱۳۰۸۰ متر کابل بامقطع فوق برای هرمتر طول ۲۸۵۰ ریال جمعاً ۳۷۲۷۸۰۰۰ ریال خواهد بود.

هرگاه فرض کنیم بازیافت کابلهای ۲×۲/۵ بعنوان دستمزد انجام کارباشد، میزان بازیافت انرژی برابرخواهدشد با:

٪۰/۱۵۴×۱۸۷۹۱×۳۰×۱۲=۱۰۴۱۷ کیلووات ساعت

هرگاه بهای انرژی راجهت محاسبه ریالی انرژی بازیافت شده۲۱۰ریال درنظربگیریم لذا خواهیم داشت :

۱۰۴۱۷×۲۱۰=۲۱۸۷۵۷۰ ریال

ضمناً درصورتی که بتوانیم سرمایه موردنیاز راازمنابع بانکی دریافت نمائیم درنرخهای مختلف بهره ومدت بازپرداخت ۲۰ ساله خواهیم داشت:

$$A = P\frac{I(1+e)^n}{(1+e)^n-1}$$

P	A	e	n
سرمایه‌گذاری اولیه	بازپرداخت سالانه	نرخ بهره	مدت بازپرداخت

$$A = ۳۷۲۷۸۰۰۰ \times \frac{٪۸\ (1+٪۸)^{۲۰}}{(1+٪۸)^{۲۰}-۱} = ۳۷۹۶۸۴۶ \text{ ریال}$$

بانرخ بهره ۲۰٪ ریال $A = ۷۶۵۵۲۸۰$

بانرخ بهره ۳۰٪ ریال $A = ۱۱۲۴۲۵۵۵$

درمقایسه بابهای انرژی بازیافت شده وبازپرداخت سالانه وام خواهیم داشت:

$$۲۱۸۷۵۷۰ - ۳۷۹۶۸۴۶ = -۱۶۰۹۲۷۶ \text{ ریال}$$

یعنی اگر بهای هرکیلووات‌ساعت‌انرژی ۲۱۰ ریال باشدحتی وام‌بانرخ‌بهره ۸٪ نیزمقرون به‌صرفه نخواهد بود، مگر اینکه میانگین قیمت رابالاتر از ۳٦٤ ریال درنظربگیریم درآن صورت امکان سرمایه‌گذاری می‌باشد.وبه همین ترتیب‌برای نرخهای بهره ۲۰درصد و ۳۰ درصد اگر درمرحله دوم کابلهای $۲\times۲/۵mm^2$ و $۲\times۴mm^2$ رانیزتعویض کنیم خواهیم داشت :

متر $۳۲۷۰\times٪۶۰\times۲۰=۳۹۲۴۰$

سرمایه اولیه موردنیاز ریال $۳۹۲۴۰\times۲۸۵۰=۱۱۱۸۳۴۰۰۰$

کیلووات ساعت $۱۹۷۵۳=۲\times۳۰\times۱۸۷۹۱\times٪۰/۲۹۲$

سود حاصل ازکاهش تلفات $۱۹۷۵۳\times۲۱۰ = ۴۱۴۸۱۳۰$

واگذاری وام بانرخ بهره ۸٪ و مدت بازپرداخت ۲۰ سال دارای بازپرداخت سالانه برابر ۱۱۳۹۰۵۳۹ ریال میباشد.

این هزینه باسود حاصل ازکاهش تلفات مقایسه شود خواهیم دید هرگاه نرخ فروش انرژی بطور میانگین ۵۷۴ ریال به بالا باشد سرمایه‌گذاری مقرون به صرفه میباشد.

نتیجه

درصدتلفات درشبکه نمونه‌گیری شده میزان ۰/۸۵٪ را برای کابل سرویس نشان میدهد که باتوجه به روش ارائه شده ازدرصد خطای کمتری نسبت به روشهای دیگر برخوردار میباشد. همچنین نظر به اینکه درصد تلفات مجاز درهرشبکه‌ای به یک سری پارامترهائی که آن نیز ازمشخصات خود شبکه میباشد بستگی دارد. لذا عنوان اینکه تلفات کابل سرویس باید حداکثر

۰/۵٪ [۴] باشد ویااینکه باید آنرا بـه ایـن مـقدار کـاهش داد تـوجیه‌پذیربه نـظر نـمی‌رسد. زیـرا دربحث‌های انجام شده به این نتیجه رسیدیم که درصد تلفات درکابلهای سرویس به میزان ۰/۸۵٪ وحتی بیشتر ازآن درشرایط کنونی مجاز میباشد وکمتر از آن از نقطه‌نظراقتصادی باتوجه به قـیمت واحد طول کابل ونیز میانگین قیمت فروش انرژی وبازپرداخت ۲۰ ساله (برابـر عـمر تأسـیسات شبکه) مقرون به صرفه نخواهد بود وجالبتر اینکه باتوجه به نمونه‌گیری انجام شده حتی اگر تمام کابلهای سرویس مشترکین با مقطع mm^2(۶+۶×۱) باشد تلفات درکابل سرویس از ۰/۵۸۸٪ کمتر نخواهد شد واین مقدار بعنوان مبنا برای کاهش تلفات میباشد.

منابع

۱- آمار صنعت برق کشور درسال ۱۳۷۳ .

۲- مصوبات کمیته تلفات شبکه توزیع سازمان برق ایران .

۳- ELECTRIC POWER DISTRIBUTION SYSTEM ENGINEENG TURAN GONEN

۴- اقتصاد کلان فریدون تفضلی

۵- روزنامه رسالت مورخ ۷۴/۷/۱۶