



واحد مهاباد

موضوع پروژة:

ترانسفورماتور توزیعی

استاد مربوطه:

آقای پیروت امیر عشایری

دانشجو:

هه ژار اسدپور

## فهرست مطالب

1. مقدمه ..... 4
2. معرفی محصول ..... 5
- 1-2. انواع ترانسفورماتورها و موارد کاربرد آنها ..... 6
- 2-2. ویژگی های ترانسفورماتور توزیع ..... 9
- 3-2. استانداردهای ملی و بین المللی ..... 10
- 4-2. قیمت داخلی و خارجی ترانسفورماتور توزیع ..... 10
- 5-2. نقش ترانسفورماتورهای توزیع در شبکه برق ..... 12
- 6-2. کشورهای عمده تولیدکننده و مصرف کننده ترانسفورماتور ..... 13
3. مطالعات بازا , ..... 14
4. مطالعات فنی و تکنولوژیکی ..... 15
- 1-4. تلفات در ترانسفورماتورهای توزیع ..... 15
5. سازندگان ترانسفورماتور , ..... 16
- 1-5. شرکت های سازنده ترانسفورماتور در جهان ..... 16
- 2-5. سازندگان داخلی ترانسفورماتور توزیع ..... 17
6. تحلیل مالی - اقتصادی ..... 17
- 1-6. هزینه ی ساخت ترانسفورماتور ..... 17
- 2-6. هزینه های موطه سازی و تامین تاسیسات زیر بنایی ..... 18
- 3-6. نیروی انسانی مورد نیاز ..... 19

éç..... ü ' ' ü ' ü î

éé..... ï

## 1. مقدمه

در حال حاضر در حدود بیست و پنج درصد از برق تولیدی کشور به دلیل تلفات سیستم های تولید، انتقال و توزیع نیرو به هدر می رود و علیرغم فعالیت های پراکنده ای که در زمینه کاهش چنین تلفاتی صورت گرفته است، هنوز نتیجه مثبت به چشم نمی خورد. وجود اینگونه تلفات بخصوص در سیستم توزیع نیروی کشور، از یک طرف باعث از بین رفتن حجم قابل توجه انرژی الکتریکی است و از طرف دیگر این تلفات فراوان به توسعه روز افزون اما غیر منطقی شبکه برق می انجامد. از سالیان دور کشورهای مختلف تلاشهای فراوانی نموده اند تا با استفاده از روشها و تکنیکهای مختلف مقدار تلفات را کاهش دهند و در این رابطه مناسب ترین نتایج وقتی بدست آمده است که قبل از اعمال هر روش، بررسی های دقیق در مورد آنها صورت گرفته باشد.

یکی از مناسب ترین و اقتصادی ترین روشهای کاهش تلفات شبکه توزیع کشور بهبود بازدهی ترانسفورماتورهای توزیع می باشد. لذا باید با استفاده از طراحی و مواد مناسب و با در نظر گرفتن طرحهای فنی - اقتصادی به بهبود بازده ترانسفورماتورهای توزیع و کاهش تلفات آنها اقدامات مؤثری انجام شود و در نتیجه هر گونه فعالیت در زمینه بهینه سازی راندمان آنها بسیار با ارزش خواهد بود. طبق برآوردهای انجام شده و محاسبات صورت گرفته نشان می دهد که در پایان برنامه سوم توسعه کشور سال (1383) سالانه حدود  $4/5$  الی  $5/5$  میلیارد کیلووات ساعت از انرژی الکتریکی تولید شده در کشور به دلیل تلفات ترانس های توزیع به هدر رفته که این میزان معادل با توان تولیدی یک نیروگاه بظرفیت تقریبی  $500-600$  مگاوات دربار کامل خود می باشد. بدیهی است که با توسعه تولید برق کشور در دهه های آینده پتانسیل بالقوه کاهش تلفات برق از طریق بهبود بازده ترانسفورماتورهای توزیع افزایش بیشتری خواهد یافت.

## 2. معرفی محصول

ترانسفورماتورها تجهیزاتی هستند که وظیفه تبدیل ولتاژ و جریان الکتریکی را در سیستمهای توزیع و انتقال در یک فرکانس ثابت و مشخص بر عهده دارند. در میان انواع مختلف این تجهیزات، ترانسفورماتورهای توزیع، آمار فروش و استفاده فراوانی داشته است، لذا از اهمیت ویژه برخوردار می باشد. براساس استانداردهای موجود ترانسفورماتورهای توزیع برای تبدیل ولتاژهایی در حدود 480 ولت تا 35 کیلو ولت (ولتاژ فشار قوی) به ولتاژهای در حدود 120 تا 480 (ولت ولتاژ فشار ضعیف) و در محدوده توان 0/25 تا 2500 کیلو ولت آمپر مورد استفاده قرار می گیرند. با توجه به این امر مشخص می شود که حجم زیادی از ترانس های مورد استفاده در دنیا از نوع ترانس های توزیع می باشند.



ترانسفورماتورهای توزیع روغنی



ترانسفورماتورهای توزیع خشک رزینی

## 1-2. انواع ترانسفورماتورها و موارد معروف و کاربرد آنها

مهمترین انواع ترانسفورماتورها شامل ترانسفورماتورهای برق مورد استفاده در تبدیل ولتاژ *Power Transformers*، ترانسفورماتورهای اندازه گیری، *Instrument Transformers*، ترانسفورماتورهای راه اندازی *Starting Transformers* و ترانسفورماتورهای وسائل نقلیه متحرک بر روی خط آهن *Truction Transformers* و ترانسفورماتورهای جوشکاری می باشند که در میان آنها ترانسفورماتورهای برق مورد استفاده در تبدیل ولتاژ که برای انتقال و توزیع انرژی الکتریکی بکار می روند اهمیت ویژه ای دارند.

ترانسفورماتورهای توزیع معمولاً به دو دسته اصلی تقسیم بندی می شوند که شامل: ترانس های توزیع روغنی *Oil Immersed Transformers* و ترانس های توزیع خشک رزینی *Dry Type Transformer* می باشند.

در ترانسفورماتورهای روغنی *Oil Immersed Trans* هسته و سیم پیچ آن در داخل روغن، قرار دارند در حالیکه در ترانس های خشک هسته و سیم پیچ در داخل مایع عایق (عمدتاً روغن) قرار ندارند. از طرف دیگر ترانسفورماتورها عمدتاً به دو گروه ترانسفورماتورهای تکفاز ترانسفورماتورهای چند فاز (معمولاً سه فاز) تقسیم بندی می شوند که در ترانسهای تک فاز از یک سیم پیچ اولیه و یک سیم پیچ ثانویه استفاده می شود، در حالیکه در ترانس های سه فاز سه سیم پیچ اولیه و سه سیم پیچ ثانویه موجود می باشد.

در زیر نمودار انواع ترانسفورماتورها و قطعات ترانسفورماتور نشان داده می شوند:

## انواع ترانسفورماتور:

ترانسفورماتورهای قدرت:

ترانسفورماتورها و اتوترانسفورماتورهای پست های فشار قوی

ترانسفورماتورهای نیروگاهی

ترانسفورماتورهای سه سیم پیچ

ترانسفورماتورهای دو ولتاژ

ترانسفورماتورهای توزیع:

ترانسفورماتورهای توزیع خشک رزینی

ترانسفورماتورهای توزیع روغنی:

1. نوع هرمتیک

2. نوع دارای منبع انبساط

ترانسفورماتورهای خاص:

ترانسفورماتورهای موبایل

ترانسفورماتورهای یکسوساز

ترانسفورماتورهای مخصوص کوره های قوس الکتریک

ترانسفورماتورهای مخصوص تست

ترانسفورماتورهای زمین

کتورهای روغنی:

راکتورهای شنت

راکتورهای سری

راکتورهای زمین

نقطه نوترال

## قطعات ترانسفورماتور:

- 1- مواد عایقی (از جنس پرس اشبان، چوب فشرده و کاغذ عایقی)
- 2- مقره های سرامیکی (شامل مقره های فشار ضعیف، فشار متوسط و فشار قوی 36 جهت استفاده بعنوان پوشینگ روغنی در ترانسفورماتورها و مقره KV تا چینی در خطوط توزیع می باشد).
- 3- رادیاتور (برای استفاده در سیستم خنک کننده ترانسفورماتورهای توزیع، قدرت و راکتورهای روغنی می باشد. ظرفیت خنک کنندگی رادیاتورها بر اساس تعداد و ابعاد پره های آن تعیین می گردد).
- 4- کابل های ترانسپوزها (CIC این نوع کابل ها از ملزومات ساخت ترانسفورماتورهای قدرت با کیفیت بالا محسوب میشوند).
- 5- متعلقات ترانسفورماتور (در جهت استفاده در ترانسفورماتورهای توزیع روغنی بوده و شامل متعلقات: کلیدهای تنظیم ولتاژ بی باری محفظه رطوبت گیر، ترمومتر روغن و روغن نما می باشد)



## 2-2. ویژگی های ترانسفورماتور توزیع

همانگونه که قید شد، ترانسفورماتورهای توزیع شامل دو نوع ترانسفورماتورهای توزیع خشک رزینی و ترانسفورماتورهای توزیع روغنی می باشد.

ترانسفورماتورهای خشک رزینی بهترین گزینه برای توزیع انرژی الکتریکی با درجه بالای ایمنی می باشند. علاوه بر آنکه خودشان آتشگیر نیستند، سبب انتشار آتش نیز نبوده و در صورت آسیب دیدن آن، خطر نشت مواد آتشزا با آلوده کننده ای مثل روغن وجود دارند. این موارد باعث می شود که ترانس های خشک رزینی ایمن ترین و قابل اطمینان ترین نوع ترانس در بازار باشد. اینگونه ترانسها دارای مزایایی چون: مناسب برای فضای محدود، تلفات پایین، استقامت بالا در برابر اتصال کوتاه و نصب آسان می باشند. کاربرد آن در ساختمان های بلند و برج های مسکونی، تجاری، کارخانجات سیمان، راه آهن و فرودگاه ها مورد استفاده قرار می گیرد.

ترانسفورماتورهای توزیع روغنی از نقطه نظر ارتباط روغن با بیرون (تنفس ترانسفورماتور)

به دو دسته نوع هرمتیک و نوع دارای منبع انبساط می توان تقسیم کرد:

ترانسفورماتورهای توزیع هرمتیک دارای سیستم نگهداری روغنی هستند که از تماس روغن عایق، اکسیژن و رطوبت که عوامل اصلی فساد روغن و کاهش استقامت الکتریکی آن می باشد جلوگیری می کند. ترانسفورماتورهای هرمتیک برای نصب در محیط های مرطوب، مواردی که محدودیت عملیات نگهداری وجود دارد و ترانس های با نصب هوایی و فضاهای محدود مثل پست های پکیج بر انواع معمولی برتری دارند.

ترانسفورماتورهای توزیع منبع انبساط (*Conservator*) در زمان تغییرات درجه حرارت روغن ترانس و در نتیجه تغییرات در حجم روغن کنسرواتور نوسانات در حجم روغن را متعادل و کنترل می کند.

## 2-3. استانداردهای ملی و بین المللی

استانداردهایی نظیر *IEC76* که در کارخانه ایران ترانسفورماتور و سایر کارخانجات تولید کننده ترانسفورماتور توزیع در ایران رایج است می توان بعنوان معیاری برای بازده ترانسفورماتورها استفاده نمود. این نوع استاندارد برای هر رده از ترانسفورماتورهای توزیع حداقل بازده الکتریکی مورد نیاز را ارایه می دهد. این استاندارد بگونه ای تهیه شده است که هدف آن افزایش بازده ترانسفورماتورها است. در استاندارد *IEC076* از آزمایش های اندازه گیری تلفات بی باری و اتصال کوتاه می توان بعنوان معیاری برای بازده ترانسفورماتورها استفاده نمود. استانداردهای بین المللی برای تولید ترانسفورماتور توزیع، *Ansi*، *Nematp Cenelec* می باشند.

پراستفاده ترین استاندارد استفاده شده *Nema* می باشد که برای چهارده ترانسفورماتور توزیع تک فاز و چهارده ترانسفورماتور توزیع سه فاز به کار گرفته شده است.

## 2-4. قیمت داخلی و خارجی ترانسفورماتور توزیع

در این قسمت در رابطه با قیمت ترانسفورماتورهای توزیع از آنجا که شرکت ایران ترانسفورماتور بزرگترین تولیدکننده و سازنده انواع ترانسفورماتورها در ایران است قیمت محصولات آنرا براساس قیمت ترانس داخلی معیار قرار می دهیم. قیمت ترانسفورماتورهای توزیع تولیدی در شرکت ایران ترانسفورماتور در سال **1385** در جدول **1** آورده شده است. این قیمت ها برای فروش ترانسفورماتورهای مورد نیاز شرکتها ارایه گردیده و شامل قیمت پایه ترانسفورماتور همراه با تجهیزات رطوبت گیر برای کلیه قدرت ها می باشد. در مورد ترانسفورماتورهای بزرگتر **630KVA** قیمت تجهیزات اضافی شامل رله، بوخهلتس و ترمومتر نیز لحاظ گردیده است.

جدول 1. حدود قیمت فروش ترانسفورماتورهای توزیع سه فاز روغنی برای ولتاژ اولیه 20 کیلو ولت در شرکت ایران ترانسفورماتور

قدرت (KVA)	حدود قیمت (ریال)
25	8/946/330
50	11/450/365
100	14/655/830
125	16/795/345
200	20/042/420
250	22/470/030

قیمت ترانسفورماتور توزیع در خارج به موجب جدول (2) از شرکت *Tower electric motor Company* که نماینده فروش ترانسفورماتور شرکت های بین المللی چون *Teuco transformer manufacturing, General electric, Acme transformer, Hammond transformer* می باشد استخراج شده است. این قیمت ها بدون در نظر گرفتن مالیات و هزینه حمل و نقل بوده و دارای 10 سال گارنتی نیز می باشند.

جدول 2. قیمت ترانسفورماتورهای تک فاز به دلار آمریکا

KVA	BS1 وزن دستگاه به پوند	قیمت به دلار
2500	250	4/112
3750	280	5/206
5000	350	6/183
7500	430	8/384
10000	525	10/847
16700	700	17/684

## 2-5. نقش ترانسفورماتورهای توزیع در شبکه برق

ترانسفورماتورهای توزیع از جمله تجهیزات اصلی مورد نیاز برای انتقال الکتریسته به مصرف کنندگان نهائی این انرژی در منازل، صنایع و بخش های تجاری و کشاورزی می باشد. این ترانسفورماتورها بر اساس استاندارد های موجود برای تبدیل ولتاژهایی در محدوده 480 ولت تا 36 کیلو ولت (ولتاژ فشار قوی) به ولتاژی در حدود 120 تا 1100 ولت (ولتاژ فشار ضعیف) مورد استفاده قرار می گیرند. با توجه به این امر مشخص می گردد که حجم زیادی از ترانسهای مورد استفاده در شبکه های برق از نوع ترانس های توزیع می باشند. با توجه به این که قیمت این ترانسفورماتورهای توزیع چندان بالا نمی باشد و بعلاوه ظرفیت و توان اسمی آنها در مقایسه با ترانسهای قدرت و انتقال بسیار کمتر می باشد، عموماً توجه کافی به مساله راندمان آنها نمی شود.

معمولاً ترانسفورماتورهای توزیع بیش از 90 درصد کل ترانسهای مورد استفاده در شبکه های تولید، انتقال و توزیع را شامل می گردند لذا تلفات کلی این ترانس ها بسیار چشمگیر بوده و بایستی دقت فراوان در این زمینه بعمل آید. این امر بخصوص با در نظر گرفتن این موضوع که ضرایب بارگیری از این نوع ترانس های کوچک عموماً در مقادیر بسیار کمتری از ترانس های قدرت و فوق توزیع قرار دارد بر اهمیت موضوع می افزاید.

لازم به ذکر است که از آنجائی که کلیه ترانسفورماتورهای توزیع در تمامی ساعات سال فعال بوده و حتی در ساعات بی باری نیز انرژی مصرف می نمایند، افزایش راندمان آنها حتی به مقادیر نسبتاً کم می تواند مزایای اقتصادی و فنی فراوانی به همراه داشته و لذا به هیچ وجه نبایستی از آنها غافل بود. این موضوع برای کشورهای با خصوصیات جغرافیائی و ملی نظیر ایران با پراکندگی جمعیت فراوان و روستاهای متعدد و تعداد مصرف کنندگان کم بار اهمیت دو چندانی می یابد.

مهمترین روش های کاهش تلفات شبکه های توزیع نیرو شامل موارد ذیل می باشد:

الف - خازن گذاری

ب - افزایش سطح مقطع هادی ها

ج - افزایش ولتاژ شبکه

د - اضافه کردن خطوط یا فیدرهای جدید

و - بهبود بازدهی و مدیریت بار ترانسفورماتورها

توزیع سه فا

ه -تجدید آرایش شبکه (فیدرها)

استفاده صحیح از هر یک از روشهای فوق می تواند تلفات شبکه را تا حد قابل قبولی کاهش دهد هر چند در نظر گرفتن پارامترهای اقتصادی در این رابطه همواره نقش اساسی را ایفا می نماید.

## 6-2. کشورهای عمده تولیدکننده و مصرف کننده ترانسفورماتور

قسمت پایین اسامی حدود 33 شرکت لیدر زمینه ساخت ترانسفورماتورها در دنیا را ارائه می دهد. همانطور که در پایین مشاهده می شود برخی شرکت های بزرگ علاوه بر کارخانه اصلی در کشور ما، دارای کارخانه ها و کارگاه های ساخت متعدد در کشورهای دیگر نیز می باشند که از جمله آنها می توان به *ABB Elin Vatech*، *Alston* اشاره کرد. شرکت های یادشده در جدول فوق خود نیز مصرف کننده انواع ترانسفورماتورها در کشورشان می باشند.

1.ABB Asea Brown Boveri Ltd.(Switzerland)  
ABB Australia(Australia)  
ABB Automation(France)  
ABB Inc(USA)  
ABB Limited(UK)  
ABB Ltd.(Ireland)  
ABB Power Technology Products AB (Sweden)  
ABB Power Technology S.A(Spain)  
ABB Powertech Transformers (Sout Africa)  
ABB Limited (Thailand)  
ABB Transformeren GmbH(Germany)  
2.Acme Electric Corporation(USA)  
3.Acutran(USA)  
4.Aggreko Deutschland GmbH(Germany)  
5.Aikargo S.Coop.L.(Spain)  
6.Allis Electric Co.Ltd.(Taiwan)  
7.Alstom(France)  
Alstom Australia Limited(Australia)  
Alstom Ltd.(India)  
Alstom Power Transformers (South Africa).....IV-68  
Alstom Schorch Transformeren GmbH(GERMANY)..IV-68  
Alstom T&D Belgium SA (Belgium).....IV-6  
Alstom T&D Pte.Ltd.(Singapore) ....IV-69  
Alstom Power Conversion .Inc.(USA).....IV-70  
Alstrom T&D .Inc.(USA)... ....IV-72  
8.AM Transformers (UK) ... .....IV-73  
9.Ames IMPEX Electicals Pvt.Ltd.(India)  
10.AMP Control Pty.Ltd.( Australia)  
11.Anshan Transformers Co.Ltd(China)  
12.Arcontrol .Ltd (UK)

3.Arlih Ind co.Ltd (Taiwan)  
4.Arya Transformers Pvt.Limited.(India)  
5.Asata Utama Eleccrical Industries Pt ndonesia)  
6.Augier Energy (France)  
7.Ba Shyang Co.Ltd . (Taiwan)  
8.Basler Electric Company(USA)  
9.Belelli.Sas (Italy)  
0.Belyea Company .Inc. (USA)  
1.Bharat Heavy Electricals .Ltd.(India)  
2.Biing Jey Enterprise Co.Limited(Taiwan)  
3.Birmingham Transformers .Ltd(UK)  
4.Bobinados Zarel SA(Spain)  
5.Bodo Ehmman GmbH (Germany)  
6.Brush Transformers .Ltd(UK)  
7.C.Seydell &Zoon BV (The Netherlands)  
8.Celme.Srl(italy)  
9.Cetas .Sas (Italy)  
0.Chllenge Ind.Co.Ltd(China)  
1.Changchun Transformers Co.Ltd(China)  
2.Changsha Shunte Transformers Sci-Ind-  
rade Co.  
China)  
3.Changzhou Lianhuan Group  
o.Ltd(China)

### 3. مطالعات بازار محصول:

در حال حاضر ترانسفورماتور در کشور ما با کیفیت مطلوب و بوسیله متخصصان ایرانی تولید می شود . این متخصصان با تکیه بر امکانات داخلی با تولید ترانسفورماتورهای مورد نیاز بخش توزیع صنعت برق کشور عملاً دورنمای مطلوبی را در زمینه بهره گیری از ترانسفورماتورهای ساخت داخل ، ترسیم می کنند.

تولید ترانسفورماتور در کشور برای تامین بخش مهمی از نیازهای داخلی و همچنین صادرات آن به خارج انجام می شود . ولی ظهور فناوری های جدید و تجربیات حاصل از بهره برداری انجام مطالعات و بهینه سازی در روش های طراحی ، ساخت و استفاده از مواد مناسب، فعالیت جدی و همگام با فناوری در صنعت ترانسفورماتور را ضروری کرده است.

تولید ترانسفورماتورهای توزیع در داخل کشور متناسب با نیازها است.

همانطور که می دانیم برق از شریانات مهم حیاتی یک کشور محسوب می شود . لذا صنعت را می توان از صنایع مهم و استراتژیک یک کشور برشمرد . هم اکنون ظرفیت نصب شده نیروگاه ها در ایران در حدود 26600 مگا وات است که با توجه به 15 میلیون مشترک مصرفی معادل 85 میلیارد کیلو وات ساعت از آن بهره می برند . بموجب آمار موجود گسترش پراکندگی توزیع نیروی برق در سطح کشور ایران بسیار بالا است . لذا تجلی این صنعت عظیم را باید در بخش توزیع این شبکه یافت.

در حال حاضر 48/8 درصد نیروی انسانی شاغل در صنعت برق در شرکت های توزیع مشغول به کار هستند . یکی از ویژگیهای منحصر به فرد سیستم توزیع بهره گیری از ترانسفورماتورهای گوناگون است که بسیار کاربرد دارد . لذا ترانسفورماتورها از قسمت های اصلی سیستم توزیع محسوب می شوند.

### 4. مطالعات فنی و تکنولوژیکی

#### 4-1. تلفات در ترانسفورماتورهای توزیع

جدول (4) تلفات سالانه ترانسفورماتورهای توزیع نصب شده در نواحی مختلف دنیا را نشان می دهد . همانگونه که از این جدول ملاحظه می شود در 6 اقتصاد برتر دنیا در حدود 295 میلیارد کیلو وات ساعت از انرژی الکتریکی تولید شده بدلیل تلفات ترانسفورماتورهای توزیع به هدر می رود . این 6 ناحیه اقتصادی بزرگ در حدود 70 درصد از مصرف انرژی الکتریکی دنیا را بخود اختصاص داده اند و راندمان

شبکه های آنها بالاتر از مقادیر متوسط جهانی می باشد . پتانسیل تلفات انرژی الکتریکی از طریق استفاده از ترانسفورماتورهای با راندمان بالاتر در این کشورها در حدود 150 میلیارد کیلو وات ساعت تخمین زده شده است.

جدول 4. تلفات ترانسفورماتورهای توزیع و پتانسیل کاهش آنها در اقتصادهای مهم دنیا

نام کشور	تلفات سالانه ترانسفورماتور (Twh)	ذخایر بلقوه ی سالانه (Twh)	کاهش سالانه گاز گلخانه ای (میلیون تن) (CO <sub>2</sub> )
اروپا	55	22	9
آمریکا	141	84	60
استرالیا	6	3	3
هندوستان	6	3	3
چین	55	25	25
ژاپن	32	13	6-8
جمع	295	15	106

## 5. سازندگان ترانسفورماتور

### 5-1. شرکتهای سازنده ترانسفورماتور در جهان

صنعت ترانسفورماتورها پس از پیدایش آن در بیش از 100 سال پیش تاکنون تغییرات فراوانی یافته است. ساخت ترانسفورماتورها که در ابتدا توسط چند شرکت بزرگ نظیر وستینگ هاوس و زیمنس صورت می گرفت، امروزه گسترش فراوانی یافته است بگونه ای که حتی بسیاری از کشورهای عقب مانده صنعتی نیز در زمینه ساخت برخی انواع ترانسفورماتورها (بخصوص ترانسفورماتورهای توزیع و کوچک) پیشرفت های محسوسی داشته اند. بر اساس اطلاعات منتشر شده حجم فروش جهانی ترانسفورماتورهای توزیع و قدرت به ارقامی در حدود 13-12 میلیارد دلار می رسد که سهم ترانسفورماتورهای توزیع بیشتر و در حد 7 میلیارد دلار بوده است. اگرچه تولید این ترانسفورماتورها در اکثر کشورها و در بیش از 1000 شرکت مختلف صورت پذیرفته است اما برخی از شرکت ها نظیر: *Cooper Power Sys ABB HOWARD SEHNEIDER AREVAALSTOM* در زمینه فروش ترانسفورماتورهای توزیع بیشترین سهم را دارا بوده اند.

یک نمونه شرکت خارجی:

شرکت *Asea Brown Boveri ABB* در حال حاضر بزرگترین تولیدکننده و فروشنده ترانسهای توزیع در دنیا محسوب می شود. این شرکت اصلی تی سوئیسی دارد و امروزه به یک شرکت بین المللی بزرگ در آمده است. این شرکت در چند سال اخیر حدود 15 درصد فروش ترانسفورماتورهای توزیع را در دنیا به خود اختصاص داده است که مقدار آن به رقمی در حدود یک میلیارد دلار می رسد. کارخانه های ساخت ترانسفورماتورهای توزیع این شرکت بطور عمده در سوئیس، استرالیا، فرانسه، آمریکا و آفریقای جنوبی، تایلند، آلمان و ترکیه قرار دارند. که امکان فروش انواع مختلف ترانس ها را به کل دنیا برای این شرکت فراهم کرده است. شرکت *ABB* قابلیت تولید انواع ترانسفورماتورهای توزیع را مطابق با استانداردهای *Ansi Iec* دارا می باشد.



## 5-2. سازندگان داخلی

علیرغم آن که شرکت ایران ترانسفو حدود 90 درصد ترانسفورماتورهای توزیع مورد نیاز کشور را تأمین می کنند، شرکت های دیگری نیز در زمینه ساخت برخی از رده های ترانسفورماتورهای توزیع در کشور فعال می باشند که مهمترین آنها شامل:

- شرکت توس نیرو
- شرکت ساخت نیرو
- شرکت توسعه نیرو
- شرکت نیرو ترانسفور

## 6. تحلیل مالی - اقتصادی

در این بخش سرمایه گذاری ثابت برای طرح تولید ترانسفورماتور توزیع کوچک 250 کیلو ولت آمپر که ورودی ولتاژ 2000 ولت را به 400 ولت تبدیل می کند و به مقیاس تولید روزانه 60 عدد ترانسفورماتور ارایه می شود.

### 6-1. هزینه ساخت ترانسفورماتور 250 KVA

هزینه های اجرا برای ساخت 60 دستگاه ترانسفورماتور 250 KVA در روز شامل تهیه و نصب ماشین آلات ساخت بدنه، دستگاه پرس ضخیم، دستگاه خم کاری، ماشین آلات ساخت عایق و ماشین فالت (که ورق را بصورت کنگره درمی آورد) و عملیات مهندسی و طراحی، سیویل فونداسیون و تهیه و نصب تاسیسات بارگیری و تخلیه هزینه ای بالغ بر 500/000 میلیون ریال پیش بینی می شود که در محاسبات مالی حداقل قیمت ها لحاظ شده است.

### 6-2. هزینه های محوطه سازی و تامین تاسیسات زیر بنایی

این هزینه ها شامل تسطیح زمین، خیابان کشی، محوطه سازی (شبکه ارتباط داخلی، فضای سبز و شبکه جمع آوری آبهای سطحی) ساخت ابنیه اداری، نگهبانی، سرایداری، واحد تعمیرات، تاسیسات (برق، آب و هوای فشرده) روشنایی محوطه، ایجاد دوربین های مدار بسته برای کنترل محوطه، نظارت بر عملیات

بارگیری و سیستم اطفاء حریق می گردد. براساس استعلام های بعمل آمده و در ارزیابی های مالی برای این مقدار هزینه 50,000 میلیون تخمین زده شده است.

برآورد هزینه های اجرایی طرح ساخت ترانسفورماتور 250KVA به تعداد 60 دستگاه در روز		
شرح هزینه	ظرفیت (KVA)	قیمت کل (میلیون ریال)
هزینه ساخت ترانسفورماتور	250	500/000
محوطه سازی و تامین تاسیسات زیر بنایی	250	50/000
جمع		550/000

در واقع حجم سرمایه گذاری ثابت جهت تولید 60 دستگاه ترانسفورماتور 250 KVA در روز 500/000 میلیون ریال خواهد بود که باید قیمت زمین را نیز به آن اضافه نمود. زمین مورد نظر برای این طرح باید 5 هکتار در نظر گرفته شود که با توجه به موقعیت مکانی قیمت زمین متفاوت خواهد بود ولی حتی الامکان به صلاح است زمین مورد نظر نزدیک به خط راه آهن بمنظور سهولت در حمل و نقل به نقاط مصرف باشد. بعنوان مثال در شهر صنعتی مهاباد برای ابتیاع 5 هکتار زمین و به ازاء هر متر مربع 200/000 ریال قیمت خریداری 5 هکتار زمین بالغ بر 100/000 میلیون ریال می گردد. لذا حجم کل سرمایه گذاری ثابت طرح فوق الذکر 560/000 میلیون ریال بالغ می شود.

### 3-6. نیروی انسانی مورد نیاز

نیروی انسانی مورد نیاز برای تولید 60 دستگاه ترانسفورماتور توزیع به قدرت 250 KVA در روز و نهایتاً تعداد 15000 دستگاه در سال طبق جدول زیر به شرح ذیل می باشد:

نیروی انسانی مورد نیاز				
کارکنان اداری		کارکنان تولیدی		میزان تخصص
زن	مرد	زن	مرد	
	2		10	فوق لیسانس
12	16		43	لیسانس
	8		75	فوق دیپلم
			26	دیپلم وزیر دیپلم
12	26		154	جمع

لذا مجموعاً تعداد 192 نفر برای ساخت 60 دستگاه ترانسفورماتور در روز 250 KVA اشتغال خواهند یافت.

## 7. نتیجه گیری و پیشنهادات

یکی از مناسبترین روشهای کاهش قیمت تمام شده برق مصرفی در کشور، کاهش تلفات سیستم های تولید انتقال توزیع نیرو است. امروزه به نظر می رسد در حدود 25 درصد از برق تولیدی در کشور به دلیل این تلفات به هدر می رود و علیرغم فعالیتهای پراکنده ای که در زمینه کاهش چنین تلفاتی صورت گرفته است هنوز تأثیر مثبت و قابل ارائه ای به چشم نمی خورد. به گونه ای که در چند سال اخیر بر خلاف پیش بینی های برنامه سوم توسعه کشور و نیز بر خلاف روند سایر کشورها، تلفات سیستم انتقال و توزیع نیرو در کشور روند صعودی داشته و عدم توجه به این مسأله بسیار زیان بار خواهد بود.

مهمترین روش های کاهش تلفات شبکه های توزیع نیرو شامل خازن گذاری، بهبود سطح مقطع هادی ها افزایش ولتاژ شبکه، به بود بازدهی ترانسفورماتورها و تجدید آرایش شبکه (فیدرها) می باشند. استفاده صحیح از هر یک از این روشها می تواند تلفات شبکه را تا حد قابل قبولی کاهش دهد هر چند که در نظر گرفتن پارامترهای اقتصادی در این رابطه همواره نقش اساسی را ایفا می نماید.

در میان تج هیزات مختلف شبکه توزیع ع، ترانسفورماتورها که وظیفه تبدیل ولتاژ را بر عهده دارند، همواره به عنوان دستگاه هایی با بازدهی بسیار بالا مطرح بوده اند. بر این اساس در کشور ما، سهم کمی از تلفات توان و انرژی الکتریکی را ناشی از آنها دانسته و یا آن که لااقل پتانسیل فنی - اقتصادی ناچیزی را برای کاهش تلفات توزیع کشور از طریق بهبود بازدهی آنها در نظر داشته اند.

بررسی های انجام شده در گزارش حاضر نشان می دهد که در اولین سال برنامه چهارم توسعه (1384) که پیک بار شبکه سراسری بیش از  $31000 MW$  و پیک بار شبکه توزیع در حدود  $28000 MW$  می باشد در حدود 340 هزار ترانسفورماتور توزیع با متوسط ظرفیت  $180 KVA$  در کشور نصب شده اند که تقریباً  $700 MW$  از پیک بار شبکه سراسری به دلیل تلفات آنها به هدر می رود، لذا ارزش کل تلفات ترانسفورماتورهای توزیع در کشور بیش از 800 میلیون دلار خواهد بود که مقدار آن بیش از قیمت کل ترانسفورماتورهای توزیع نصب شده در کشور می باشد با توجه به اهمیت تلفات ترانسفورماتورهای توزیع، امروزه در بسیاری از کشورها استانداردهای حداکثر مقادیر مجاز تلفات و یا حداقل مقادیر مجاز راندمان آنها تدوین گردیده است که در برخی از این کشورها نیز به صورت اجباری در آمده است این امر باعث گردیده که اکثر سازندگان ترانسفورماتورهای توزیع در دنیا ترانسفورماتورهای با تلفات بسیار کمتر (بین 10-40 درصد) از تلفات ترانس های موجود در کشور (ساخت داخل) بسازند. به گونه ای که امروزه یک روند رو به رشد در جهت

ساخت و استفاده از ترانسفورماتورهای با تلفات بسیار کم (نظیر ترانس های آمورف) در بسیاری از کشورها نظیر آمریکا، ژاپن، چین، هند و کره جنوبی آغاز گردیده است.

با توجه به موارد فوق جهت کاهش تلفات شبکه توزیع از طریق بهبود و راندمان ترانسفورماتورها پیشنهاداتی به صورت ذیل ارائه می گردد:

الف - تدوین استاندارد مربوط به حداکثر مقادیر مجاز تلفات ترانسفورماتورهای توزیع در کشور و نحوه تست آنها با توجه به شرایط سازندگان و استفاده کنندگان ترانسفورماتورهای توزیع در کشور، یکی از مهمترین روشها برای کاهش تلفات ترانس های توزیع کشور، تدوین استاندارد در این زمینه می باشد. نکته ای که در این مرحله توجه به آن ضروری به نظر می رسد آن است که برای تدوین استانداردهای مربوط به بازده دستگاههای الکتریکی و به خصوص ترانسفورماتوره ا، شرایط باید به گونه ای لحاظ گردد که این استانداردها به لحاظ تکنولوژی قابل دسترس بوده و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشند. به علاوه چنین استانداردهائی باید به نحوی ارائه شوند که کاهش قابل ملاحظه ای در تلفات انرژی به همراه داشته و از این نظر نیز انگیزه لازم را ایجاد نمایند. این استانداردها می بایستی با در نظر گرفتن فرصت و زمان لازم برای تولید کنندگان داخلی، در فواصل زمانی مناسب ارتقاء یابند تا پس از مدت زمان مشخص به حدود مناسب تلفات ترانسها برای کشور نزدیک گردند.

ب - تشویق و ترغیت به ساخت و استفاده از ترانسفورماتورهای توزیع با راندمان بالا این امر می تواند با ایجاد بستر مناسب جهت رقابت واقعی در زمینه ساخت ترانس های پر بازده با حضور کلیه سازندگان داخلی و خارجی صورت پذیرد همچنین کمک به استفاده کنندگان این تجهیزات پر بازده از طریق پرداخت ما به التفاوت قیمت این تجهیزات با دستگاه های با تلفات بیشتر و قدیمی تر از نظیر پروژه توسعه استفاده از لامپ های کم مصرف (نیز می تواند در این زمینه مفید باشد).

ج - ایجاد و تجهیز یک آزمایشگاه معتبر و مرجع در زمینه آزمایش تلفات ترانسفورماتورهای توزیع مورد استفاده در کشور.

د - حمایت از پروژه های پژوهشی مربوط به بهبود بازدهی ترانسفورماتورهای توزیع نظیر تهیه نرم افزار محاسبه قیمت و مشخصات بهینه ترانسفورماتورهای توزیع با سطوح تلفات مختلف، ساخت ترانس های توزیع با هسته آمورف و کاربردی کردن و توسعه نتایج این پژوهش ها.

ه - آموزش و آشنا نمودن کارشناسان و افراد مرتبط با موضوع در شرکت های توزیع از طریق برگزاری دوره ها و سمینارهای مناسب و همچنین ایجاد حساسیت و توجه به موضوع هنگام تصمیم گیری ها، خرید ها و غیره.

## 8. لیست منابع و مقالات استفاده شده در این پروژه:

-è

*ABB, GE, ALSTOM, Hyundai SGB-Smit*

2- سایت وزارت نیرو *www.moe.org.ir*

3- ماشین های الکتریکی پی سی سن مترجم: پروفیسور عابدی

4- کارگاه سیم پیچی ومدار فرمان مدرسان شریف