شیوه های مناسب آزادسازی ظرفیت تجهیزات برق

قدرت اله حیدری

شرکت توانیر

چکیده :

اغلب اتفاق میافتد که یک کارخانه یا یک مرکزتولید با توجه به نیاز بازار مصرف لازم است توسعه یابد .دراین سری مواردیکی از قسمت هائی که ممکن است مسئله توسعه کارخانه را محدود سازد تجهیزات برق میباشد وحتی گاهی پیش آمید که کارخانه‌ای توسعه یافته ولی تجهیزات نصب شده درپست اعم ازترانسفورماتورها کابل ها یا سایر تجهیزات دارای ظرفیت کافی جهت انتقال انرژی موردنیاز آن نمیباشد .

هدف این مقاله ارائه روش ها وشیوه های مناسبی جهت آزادسازی ظرفیت تجهیزات الکتریکی در موارد خاص میباشند .

شرح مقاله :

باوجودیکه تنها درساعات محدودی ازشبانه روز بار یک کارخانه بمقدار ماکزیمم یا پیک خودمیرسد مع الوصف ظرفیت تجهیزات نصب شده نیزباید برای همین ساعات محدود طراحی شوند. بعبارت دیگر وقتی تجهیزات نصب شده درساعات پیک ظرفیت کافی جهت انتقال انرژی موردنیاز را نداشته باشددرچنین حالاتی ظرفیت تجهیزات راکافی ندانسته وتوسعه شبکه برق راضروری میدانند، حال آنکه دیماند همین کارخانه خاص ممکن است دربقیه ساعات روز بسیارکمترازظرفیت تجهیزات باشد .

آنچه دراین مقاله به آن توجه میکردد بررسی منحنی تغییرات بارمصرف

یک کارخانه وتاثیر آن درظرفیت تجهیزات میباشد.

۱ـ منحنی تغییرات مصرف :

انرژی الکتریکی موردنیاز یک مصرف کننده تابعی است از پارامترهای مختلف که همین متغیرها باعث میشوند که مصرف برق درطول روز، هفته، ماه یا فصل های مختلف سال متفاوت باشند، که همین تفاوت ها ومتغیرها باعث میشوند تا عملا" درساعات محدودی از روز یا حتی ماه، مقدار مصرف به حدپیک مصرف کارخانه برسد.

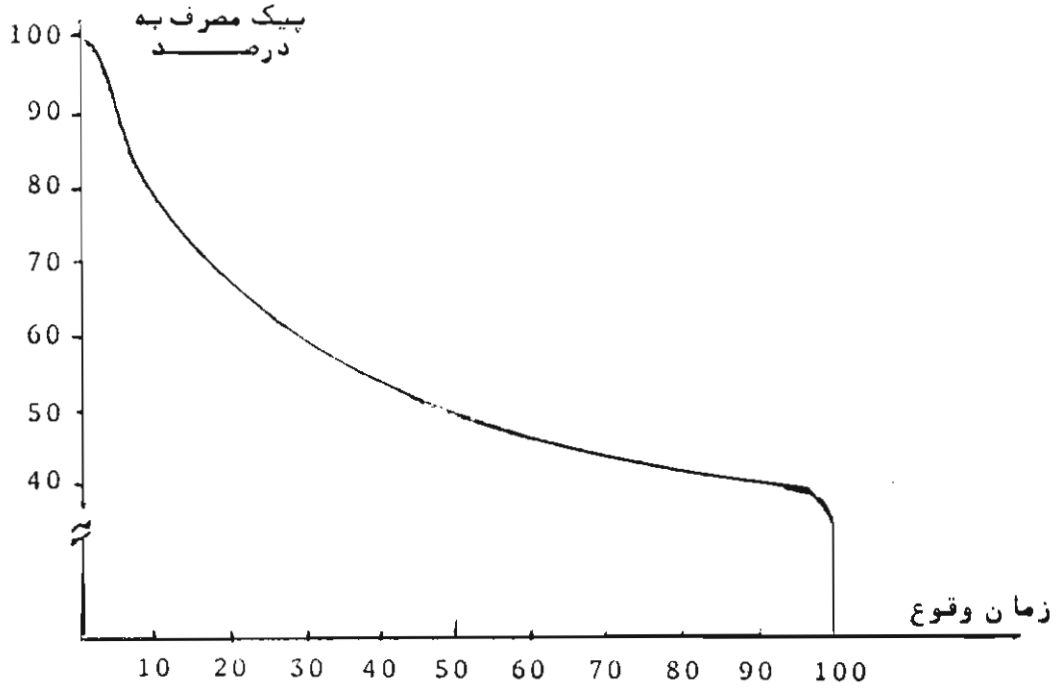
گرچه مدلهای مختلفی جهت تغییرات بارمصرفی یک کارخانه یا یک مصرف کننده ممکن است تعریف کردد ولی عمدتا " با استفاده ازمنحنی تغییرات بار ۲۴ ساعته، منحنی تداوم بار میتوان وضعیت مصرف را مورد بحث وبررسی قرارداد. که دراین مقاله ازمنحنی های مرجع (۱و۲) که مربوط است به یکی از صنایع بزرک کشور استفاده میشود.

درشرایطی که پیک مصرف کارخانه ازظرفیت تجهیزات نصب شده فراتر رود ـ اولین سئوال میتواند این باشد که آیا پیک مصرف درتمام روزها اتفاق میافتد یا تنها درساعات محدودی ازروز، هفته ویا حتی ماه؟ برای این پرسش منحنی تداوم بار" هرکارخانه میتواندمناسب ترین الکو جهت ارزیابی این موضوع باشد.

با توجه به شکل (۱) میتوان جدول (۱) را تنظیم نمود. همانطور که این جدول نشان میدهد تنها در کمتراز ۵ ساعت درماه بار کارخانه معادل بار پیک (۱۰۰٪) خواهد بود ودرحدود ۶ درصد زمانی یا کمتراز ۴۲ ساعت در ماه بار کارخانه بین ۹۰ تا ۱۰۰ درصد بارپیک میباشدودرحدود ۱۰ درصد زمانی بار کارخانه بالای ۸۰ درصد پیک کارخانه میباشد.

مفهوم مطالب فوق این است که اگر مصرف این کارخانه خاص به ۱۱۰ درصد ظرفیت تجهیزات افزایش یابد تنها در ۴۲ ساعت ودرصورتیکه مصرف کارخانه به ۱۲۰ درصد مقدار اولیه خود (یا ظرفیت تجهیزات) افزایش یابد تنها در ۷۰ ساعت تجهیزات نصب شده قادر به انتقال انرژی موردنیاز کارخانه خواهندبود

(البته بسیاری ازتجهیزات ازجمله کابل ها ، ترانسفورماتورها ، قادرند طبق دستورالعمل های استاندارد درمدت معین ومشخصی اضافه بار ازخودعبور دهند) بعبارت دیگر وقتی صحبت از محدودیت ظرفیت تجهیزات به میان میآید باید مشخص شود که این محدودیت درچنددرصدزمانی ویا چندساعت درسال میباشد . با توجه به موارد فوق الذکر درصورتیکه افزایش بارموردنیاز کارخانه محدود باشد میتوانند باشیوه های زیر نسبت به آزاد سازی ظرفیت تجهیزات اقدام نمود.



شکل (۱) ـ منحنی تداوم بارپیک سالیانه دریکی ازواحدهای مشخص

درصد بار پیک مصرف	مدت وقوع (کمتراز)	
	ساعت	درصد
مدت وقوع پیک مصرف	۵	۰/۵
بالاتراز ۹۰ درصدپیک	۴۲	۶
بالاتراز ۸۰ درصد	۷۰	۱۰

جدول (۱) ـ درصدزمانی وقوع ،ماکزیمم مصرف کارخانه

۲ـ اضافه بارداد ن :

قبل از اینکه مسئله اضافه بار مطرح گردد سئوال این است که ظرفیت مجاز چیست ؟ظرفیت مجاز برحسب نوع تجهیزات دارای تعاریف مختلف میباشند که تعریف آن درکابل ها وترانسفورماتورها تا حدودی یکسان بوده وذیلا" به آن اشاره میگردد.

۲ـ۱ـ جریان مجاز کابل ها : جریان مجاز کابل ها به مقداری از جریان الکتریکی اطلاق میگردد که با عبور آن جریان، درجه حرارت کابل از حد مجاز شتجاوز ننماید. یا جریان مجاز کابل ها با توجه به درجه حرارت محیط ممکن است ارقام متفاوتی را دارا باشد. معمولا" جریان مجاز برای درجه حرارت ماکزیمم محیط تعریف میگردد درنتیجه دردرجات حرارت پائین تر مقدار آن افزایش مییابد.

جدول (۱) جریان مجازدوهادی Curlew و Waxining را درچندشرایط مختلفی ازدرجه حرارت محیط نشان میدهد. همانطورکه دراین جدول آمده است مقدار جریان مجازهادی Curlew وقتی درجه حرارت محیط صفردرجه سانتیگراد (case ۱) ودرجه حرارت هادی ۹۰ درجه سانتیگراد باشدمعادل ۱۶۵۱ آمپر میباشد ولی جریان همین هادی وقتی درجه حرارت محیط به ۴۰ درجه سانتیگراد میرسد (case 6) ودرجه حرارت هادی ۶۰ درجه سانتیگراد میباشدبه ۴۸۲ آمپر کاهش مییابد. بعبارت دیگر مقدار جریان مجازهادیها عددثابتی نیست وبرحسب مورد ممکن دردامنه وسیعی تغییر نمایدکه درموردمثال فوق تا سه برابرکم یا زیاد میگردد.

درنتیجه برحسب اینکه پیک مصرف کارخانه درچه ساعتی ازروزباشدمقدار جریان مجاز را میتوان بدون اینکه اثر سوئی روی کابل ها ایجادنماید افزایش داد. البته درصدافزایش جریان مجاز درکابل های روکش داربستگی به نوع آنها داردکه بهرحال تابعی است ازدرجه حرارت محیط

۲ـ۲ـ ظرفیت مجازترانسفورماتور: درترانسفورماتورها نیز ظرفیت مجاز به مقداری ازجریان یا قدرت عبوری اطلاق میگرددکه درجه حرارت Hot spot را ازحد مشخصی که سازنده تعیین کرده است افزایش ندهد.

قدرت انتقالی ازترانسفورماتوردرحالت اضطراری میتواندبا توجه به متوسط بارعبوری آن (یا ضریب بار) وهمچنین درجه حرارت محیط تغییرنماید.

THERMAL RATING OF WAXWING - ACSR 267 KCM CONDUCTOR (Amp.) IN Mazandaran AREA						
TC	CASE 1	CASE 2	CASE 3	CASE 4	CASE 5	CASE 6
60	571	524	471	353	289	236
65	590	546	496	389	332	289
70	609	567	520	421	370	332
75	627	587	543	450	404	370
80	644	605	564	476	434	404
85	660	623	583	501	462	434
90	676	640	602	525	488	462

DATA

AMBIENT TEMP. IN 6 CONDITION (o C)	: 0 , 10 , 20 , 30 , 35 , 40
SOLAR HEAT IN 6 CONDITION (W/in2)	: 0 , 0 , 0 , .5 , .66 , .66
CONDUCTOR CONSTANT	: 225
VIND VELOCITY (ft/sec)	: 2
EMMICIVITY OF CONDUCTOR SURFACE	: .9
ABSORBIVITY OF CONDUCTOR SURFACE	: .9
METHOD OF CALCULATION	: CIGRE - Study Committee - 1984

THERMAL RATING OF CURLEW - ACSR 1033 KCM CONDUCTOR (Amp.) IN Mazandaran AREA						
TC	CASE 1	CASE 2	CASE 3	CASE 4	CASE 5	CASE 6
60	1385	1273	1147	815	629	483
65	1435	1329	1210	908	749	634
70	1482	1381	1270	992	851	753
75	1527	1431	1326	1068	941	854
80	1570	1479	1379	1137	1021	943
85	1611	1524	1429	1202	1094	1024
90	1651	1568	1477	1262	1162	1097

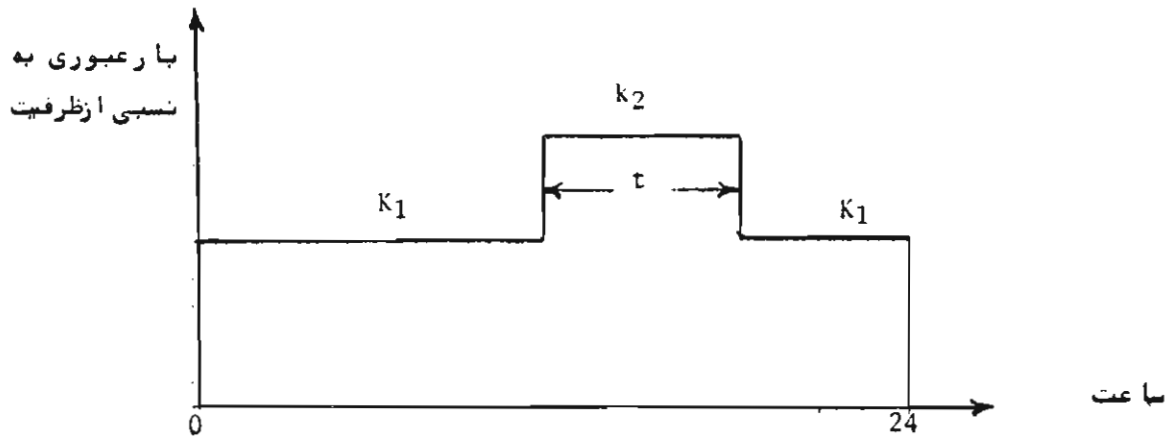
DATA

AMBIENT TEMP. IN 6 CONDITION (o C)	: 0 , 10 , 20 , 30 , 35 , 40
SOLAR HEAT IN 6 CONDITION (W/in2)	: 0 , 0 , 0 , .5 , .66 , .66
CONDUCTOR CONSTANT	: 225
VIND VELOCITY (ft/sec)	: 2
EMMICIVITY OF CONDUCTOR SURFACE	: .9
ABSORBIVITY OF CONDUCTOR SURFACE	: .9
METHOD OF CALCULATION	: CIGRE - Study Committee - 1984

TABLE (1)- Effect of Ambient Temprature on Conductor Thermal Capacity

با رعایت دستورالعمل IEC (Loading Guide- IEC 354) میتوان مقدار ظرفیت مجاز ترانسفورماتورها را به پیش از ظرفیت اسمی آن افزایش داد.

اگر بارعبوری از ترانسفورماتور مطابق شکل (۲) باشد ظرفیت مجاز آن میتواند تا میزان ۱/۵ برابر ظرفیت اسمی آن افزایش یابد.



شکل (۲) ـ منحنی تغییرات بار روزانه

جدول (۲) تاثیر تغییرات بار را در افزایش ظرفیت مجاز ترانسفورماتورها را نشان میدهد. همچنین در جدول (۳) تاثیر درجه حرارت محیط روی ظرفیت مجاز نشان داده شد. همانطورکه این جدول نشان میدهند درصورتیکه ترانسفورماتورها برای شرایط IEC طراحی شوند اگر دردرجه حرارت صفر درجه سانتیگراد مورد بهره برداری قرار گیرد، قدرت اسمی آنها ۱/۱۴ برابر افزایش مییابد و این ترانسفورماتور درچنین شرایطی میتواند برای ۴ ساعت (برای K_1= 0.25)تا ۳۳ درصد پیش از ظرفیت اسمی از خود بارعبور دهد. (این مطالب برای ترانسفورماتورهائی با سیستم خنک کننده OFAF صادق است).

با توجه به مطالب فوق میتوان برحسب مورد قدرت انتقالی از ترانسفورماتورها را درحالت اضطراری به بیش از ظرفیت اسمی آن افزایش داد بدون اینکه اثرات سوئی ایجاد نماید. بنابراین لازم است درمواردی که ظرفیت ترانسفورماتورها ظاهراً پرشده باشد با این شیوه از قطع جریان جلوگیری نمود.

۳ـ تقلیل دیماند مصرف :

درصورتیکه زمان وقوع پیک مصرف محدود باشد و تفاضل پیک کارخانه با ظرفیت مجاز نیز زیاد نباشد میتوان درکوتاه مدت دو برنامه زیر را اجرا کرد.

۱ـ۳ـ برنامه ریزی مصرف : با اعمال مدیریت مصرف همراه با برنامه ریزی بهره برداری

	K1=0.25	K1=0.50	K1=0.70	K1=0.80	K1=0.90	K1=1.00
t=0.5	K2=1.61	K2=1.37	K2=1.51	K2=1.46	K2=1.41	K2=1.00
t=1	K2=1.48	K2=1.44	K2=1.39	K2=1.36	K2=1.31	K2=1.00
t=2	K2=1.33	K2=1.30	K2=1.27	K2=1.25	K2=1.21	K2=1.00
t=4	K2=1.19	K2=1.18	K2=1.16	K2=1.15	K2=1.13	K2=1.00
t=6	K2=1.13	K2=1.12	K2=1.11	K2=1.10	K2=1.09	K2=1.00
t=8	K2=1.10	K2=1.09	K2=1.08	K2=1.08	K2=1.06	K2=1.00
t=12	K2=1.06	K2=1.05	K2=1.05	K2=1.05	K2=1.04	K2=1.00
t=24	K2=1.00	K2=1.00	K2=1.00	K2=1.00	K2=1.00	K2=1.00

K1= Initial Load Power as a fraction of Rated Power
k2= Permissible Load Power as a fraction of Rated Power
t = Duration of k2 in Hours

TABLE(2) = Effect of Load in Transformer Permissible Load
(Ambient Temp.=20 oC & OFAF colling system)

	Permissible Load as a fraction of Rating			
Ambient Temperature ,o C	t= 1	t= 2	t= 4	t=24
00	1.63*	1.47	1.33	1.14
10	1.57*	1.41	1.27	1.07
20	1.48	1.33	1.19	1.00
30	1.40	1.25	1.13	0.92
40	1.31	1.17	1.05	0.84

Table (3)- Effect of Ambient Temprature on
Transformer Permissible Load

NOTE:
in normal cyclic duty the value of k2 should not be greater than 1.5 , in this tables the value of k2 greater than 1.5 is marked by *

Table(3) - Effect of ambient Temprature on Transformers Permissible Load

میتوان در روزهائی که پیک مصرف کارخانه از حد ظرفیت تجهیزات فراتر رفت مقدار پیک را کنترل نمود وبعبارت دیگر از روشهای برش قله مصرف (Peak Shaving) استفاده نمود.

۲-۳- راه اندازی مولدهای اضطراری : درصورتیکه زمان وقوع پیک محدودباشد یکی از شیوه های مناسبی که میتواند مانع از اضافه بارشدن تجهیزات گردد راه اندازی دیزل ژنراتورها دراین ساعات محدود میباشد. البته دراین سری موارد بایدبررسی گردد که محل اتصال دیزل ژنراتور به شبکه کارخانه طوری نباشد که خود باعث اضافه بارشدن تجهیزات گردد.

۴- افزایش ولتاژ:

همانطورکه قبلا" هم گفته شد اضافه بارشدن هر تجهیزات متناسب است با جریان عبوری ازآن اگربه رابطه (۱) توجه کنیم مقدارجریان برابراست با :

$$I = P/\sqrt{3}\ UCOS\ \varnothing \qquad (1)$$

اگر مقدار ولتاژ افزایش یابد میتوان با ثابت نگهداشتن مقدار P ازمقدار I ودر نتیجه اضافه بارشدن تجهیزات کاست. البته افزایش ولتاژکه میتواند بوسیله تپ چنجر ترانسفورماتورها انجام گیرد دارای حد محدودی است که معمولا" حدود ۵ درصد میباشدولی دربرخی موارد خصوصا " درولتاژهای پائین تر از ۲۰ کیلوولت تجهیزات میتوانند اضافه ولتاژهای بیشتری را نیزپذیرا باشند.

۵- ضریب قدرت :

همانطورکه رابطه (۱) نشان میدهد با افزایش ضریب قدرت نیزمیتوان ظرفیت تجهیزات راآزاد نمود. برای افزایش ضریب قدرت لازم است متناسب با قدرت راکتیو موردنیاز هرقسمت خازن نصب نمود، که این اقدام باعث میشود تا قدرت راکتیو موردنیاز بیمورد ازقسمت های مختلف شبکه عبورنکنند تا باعث اشغال شبکه گردد.

میزان درصد آزادسازی ظرفیت تجهیزات دراین حالات بستگی به ضریب قدرت

مصرف قبل از اصلاح دارد. جدول (۲) درصد آزادسازی تجهیزات را برمبنای شرایط اولیه نشان میدهد. درتنظیم ارقام جدول (۲) فرض براین است که ضریب قدرت درحالت نرمال ۰/۸ باشد که نتیجتا " با افزایش مقدار ضریب قدرت درصدی از ظرفیت تجهیزات آزاد میگردد.

ضریب قدرت درصد	ظرفیت اشغال شده درصد	ظرفیت آزاد شده درصد
۸۰	۱۰۰	۰۰
۸۵	۹۴/۱	۵/۹
۹۰	۸۸/۹	۱۱/۱
۹۵	۸۴/۲	۱۵/۸
۱۰۰	۸۰/۰	۲۰

جدول(۲)ـ تاثیر افزایش ضریب قدرت درآزادسازی ضریب تجهیزات

البته با اصلاح ضریب قدرت علاوه براینکه ظرفیت تجهیزات بعلت کاهش قدرت راکتیو انتقالی آزاد میگرددا ین اقدام باعث اصلاح ولتاژ میگرددکه خود این امر نیز مطابق با آنچه دربند(۴) ذکرشد نیز این آزاد شدن ظرفیت را تشدید میکنند.

۶ـ اقدامات مختلف :

علاوه برمواردی که فوقا " به آنها اشاره گردید، اقدامات دیگری نیز میتوانند باعث آزاد شدن ظرفیت تجهیزات گردد. البته این موارد در صورتی عملی است که تجهیزات ورودی از جمله ترانسفورماتورها یا کابل های وارده ـ به کارخانه مواجه با اضافه بارشده باشند، این عوامل را میتوان بصورت زیر دسته بندی نمود.

۱ـ۶ـ ایجاد رینگ : دربسیاری موارد ممکن است اضافه بارتنها قسمتی ازکابل های تغذیه کارخانه را تهدیدنماید دراین حالات یکی ازشیوه های مناسب اتصال

چندکابل درانتها وبصورت رینگ میباشد. (البته این اقدام درصورتی مفید خواهد بودکه سایر کابل ها دارای ظرفیت آزاد باشند) .

۲-۶- انتقال پیک بار به ساعات سردتر: همانطورکه قبلا" نیزاشاره گردیدبسیاری از تجهیزات درساعات سردتر روزمیتوانندبا ظرفیت بالاتراز مقدار اسمی مورد بهره برداری قرارگیرند، لذا یکی ازراه حل میتواندانتقال پیک مصرف از ساعات گرم روزبه ساعات معتدل تر یا ساعات شب باشد.

۳-۶- تقلیل تلفات: با اقدامات ذکرشده درقبل تلفات شبکه داخلی تقلیل میابد که البته این موضوع نیزمیتواند تا حدودی باعث آزادسازی ظرفیت تجهیزات گردد که البته درصد زیادی را به خوداختصاص نمیدهد.

۷- نتیجه :

اصولا" توجه به منحنی تغییرات بار وخصوصا " انتخاب دیماندبهینه برای کلیه مصارف ضمن اینکه باعث کاهش سرمایه‌گذاری مربوط به تاسیسات برق هرکارخانه میگردد باعث تقلیل سهم بهای دیماند انرژی نیز میگردد. همچنین در کارخانجات درحال بهره برداری درصورتیکه بدلیل توسعه کارخانه مصرف برق افزایش یا بدولی شبکه های مربوط به تاسیسات برقرسانی همزمان با آن توسعه نیافته باشد لااقل درکوتاه مدت میتوان بدون اینکه وقفه‌ای درتولیدانجام گردد، تدابیرمختلفی از جمله انتقال پیک مصرف به ساعات معتدل ترافزایش ولتاژ، افزایش ضریب قدرت وموارد مختلف دیگر که دراین مقاله به آنهااشاره‌گردیدرا بعنوان راه حل های مناسبی جهت پیشگیری از کاهش تولید یا اضافه‌بارشدن تجهیزات بکارگرفت .

۸- منابع :

۱- روش محاسبه ضریب قدرت در کارخانجات - قدرت اله‌حیدری - مسعود اطمینان مرکز مهندسی صنایع ایران بانک صنعت ومعدن سال ۱۳۶۸

۲- تعیین دیماندبهینه سیمان - مسعوداطمینان - چهارمین کنفرانس بین‌المللی برق۶۸

۳- شیوه‌های‌مناسب اصلاح ضریب باردرکارخانجات - قدرت اله حیدری - مسعوداطمینان مرکز مهندسی صنایع ایران - بانک صنعت ومعدن - ۱۳۶۸

۴- معیارهای انتخاب ضریب قدرت اقتصادی - سمینار بهینه سازی مصرف برق درصنایع بانک صنعت ومعدن - بهار ۱۳۶۹ .