

به نام حق

مبانی و تعاریف کیفیت برق، اثر عدم کیفیت برق بر عملکرد تجهیزات و مصرف انرژی، راه کارهای بهبود کیفیت برق

تعداد صفحات: ۴۶

فهرست مطالب:

- کیفیت برق چیست و چرا اهمیت دارد؟
- تعاریف و اصطلاحات کیفیت برق
- منابع برهم زننده کیفیت برق
- اثرات عدم کیفیت برق بر تجهیزات و مصرف انرژی
- راه حل های بهبود کیفیت برق

کیفیت برق چیست و چرا اهمیت دارد؟

- حساسیت بیشتر تجهیزات الکتریکی کنونی در مقایسه با تجهیزات مورد استفاده در گذشته نسبت به تغییرات کیفیت برق بسیار از ادوات مشترکین دارای کنترل کننده های میکروپروسسوری و قطعات الکترونیکی قدرت هستند، که به بسیاری از انواع اغتشاشات حساس می باشد.

- اهمیت روزافزون بر بهبود راندمان کلی سیستم قدرت، موجب رشد مدام استفاده از تجهیزات پربازده از قبیل محرکه های پربازده با قابلیت تنظیم سرعت موتور و خازنهای موازی تصحیح ضریب قدرت برای کاهش تلفات گردیده است. این امر موجب افزایش سطح هارمونیکی در شبکه های شده است.

- افزایش روزافزون آگاهی مشترکین نسبت به موضوعات کیفیت برق. مطلع شدن مصرف کنندگان برق از موضوعاتی مانند قطعی ها، کمبودهای ولتاژ و گذارهای کلیدزنی و دیگر پارامترهای کیفیت برق تحویلی.

- اتصال شبکه ها به یکدیگر و تشکیل شبکه های بزرگتر موجب شده است که معیوب شدن يك عنصر تبعات نامطلوب بیشتری را بدنبال داشته باشد.

کیفیت برق چیست و چرا اهمیت دارد؟

- کیفیت برق بیان کننده ی کیفیت محصولی به نام برق.
- کیفیت برق معادل قابلیت اطمینان نیست.
- کیفیت برق معادل بهبود ولتاژ نیست.
- کیفیت برق بیان کننده ی وضعیت پارامترهای انرژی الکتریکی می باشد که عبارتند از:

۱. ولتاژ

۲. جریان

۳. ضریب توان

۴. فرکانس

تعاریف و اصطلاحات کیفیت برق

■ ولتاژ:

۱. قطع ولتاژ (interruption)
۲. کمبود ولتاژ: دائمی - گذرا (sag)
۳. ازدیاد ولتاژ: دائمی - گذرا (swell)
۴. عدم تعادل ولتاژ: دامنه - فاز
۵. فلیکر ولتاژ

■ جریان: عدم تعادل جریان

■ هارمونیک های ولتاژ و جریان

■ ضریب توان: پایین بودن ضریب توان

■ فرکانس: تغییرات فرکانس

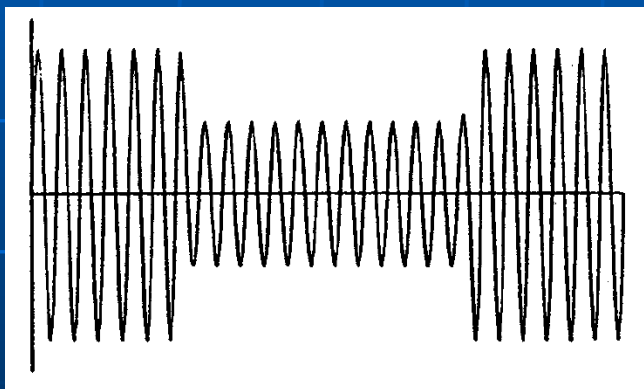
تعاریف و اصطلاحات کیفیت برق

■ ولتاژ:

۱. قطع ولتاژ (interruption): به sag هایی با دامنه ی کمتر از ۱۰ درصد یا ۰ درصد گویند.

۲. کمبود ولتاژ گذرا (sag): کاهش در ولتاژ مؤثر به اندازه ۰/۱ الي ۰/۹ پریونیت در فرکانس نامی برای مدت زمان ۰/۵ سیکل تا يك دقیقه. به sag های کمتر از نیم سیکل را transient گویند.

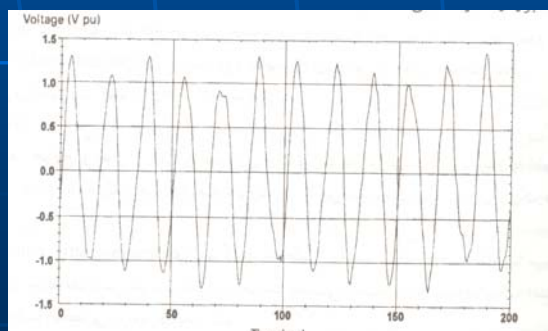
۳. ازدیاد ولتاژ گذرا (swell): افزایش در مقدار مؤثر ولتاژ بین ۱/۱ الي ۱/۸ پریونیت در فرکانس نامی برای مدت زمان ۰/۵ سیکل تا يك دقیقه



تعاریف و اصطلاحات کیفیت برق

۴. عدم تعادل دامنه ولتاژ = مقدار متوسط ولتاژ / (حداکثر انحراف از مقدار متوسط ولتاژ) * ۱۰۰

۵. فلیکر ولتاژ: نوسان اندازه ولتاژ و با دو شاخص اندازه گیری می شود:
شاخص کوتاه مدت فلیکر (Pst): به میزان شدت فلیکر در یک دوره زمانی ۱۰ دقیقه ای گفته می شود. وقتی Pst برابر یک است، میزان فلیکر در آستانه آزاردهی چشم انسان می باشد.
شاخص بلندمدت فلیکر (Plt): به میزان شدت فلیکر در یک دوره زمانی ۲ ساعته اطلاق می گردد.



حداکثر مجاز شاخص کوتاه مدت
فلیکر شینه فشار متوسط ناشی
از مجموعه مشترکین

۰/۷۹

حداکثر مجاز شاخص بلندمدت
فلیکر شینه فشار متوسط ناشی
از مجموعه مشترکین

۰/۶۳

ولتاژ

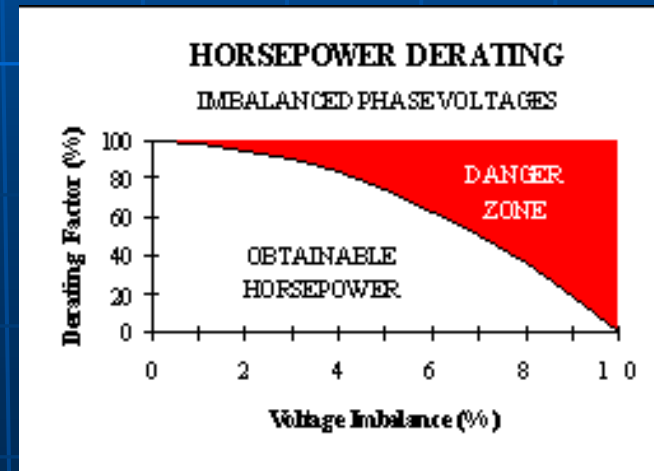
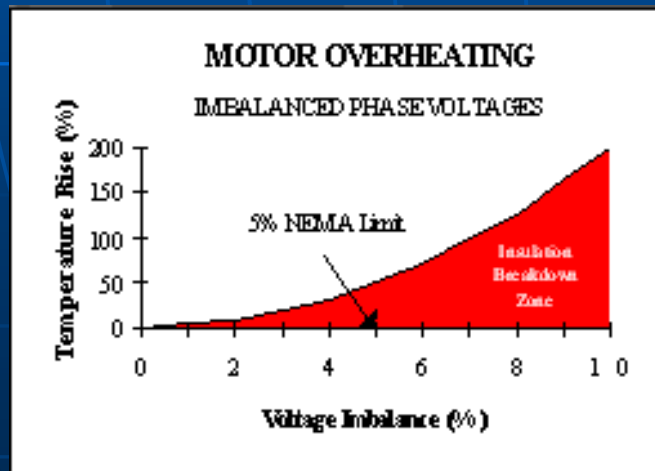
■ مشکلات عدم کیفیت ولتاژ

- گرم شدن بیش از حد موتور که منجر به خستگی عایقی می شود
- جریانهای نامتوازن
- توالی منفی ولتاژ
- تغییرات سرعت در موتور ها
- کاهش کیفیت محصول تولیدی
- کاهش میزان تحمل در برابر خطاهای موتور
- کاهش میزان راندمان موتور
- اتلاف انرژی که منجر به پرداخت بهای بیشتری برای برق مصرفی می گردد
- اتلاف سرمایه گذاری و سرمایه در گردش

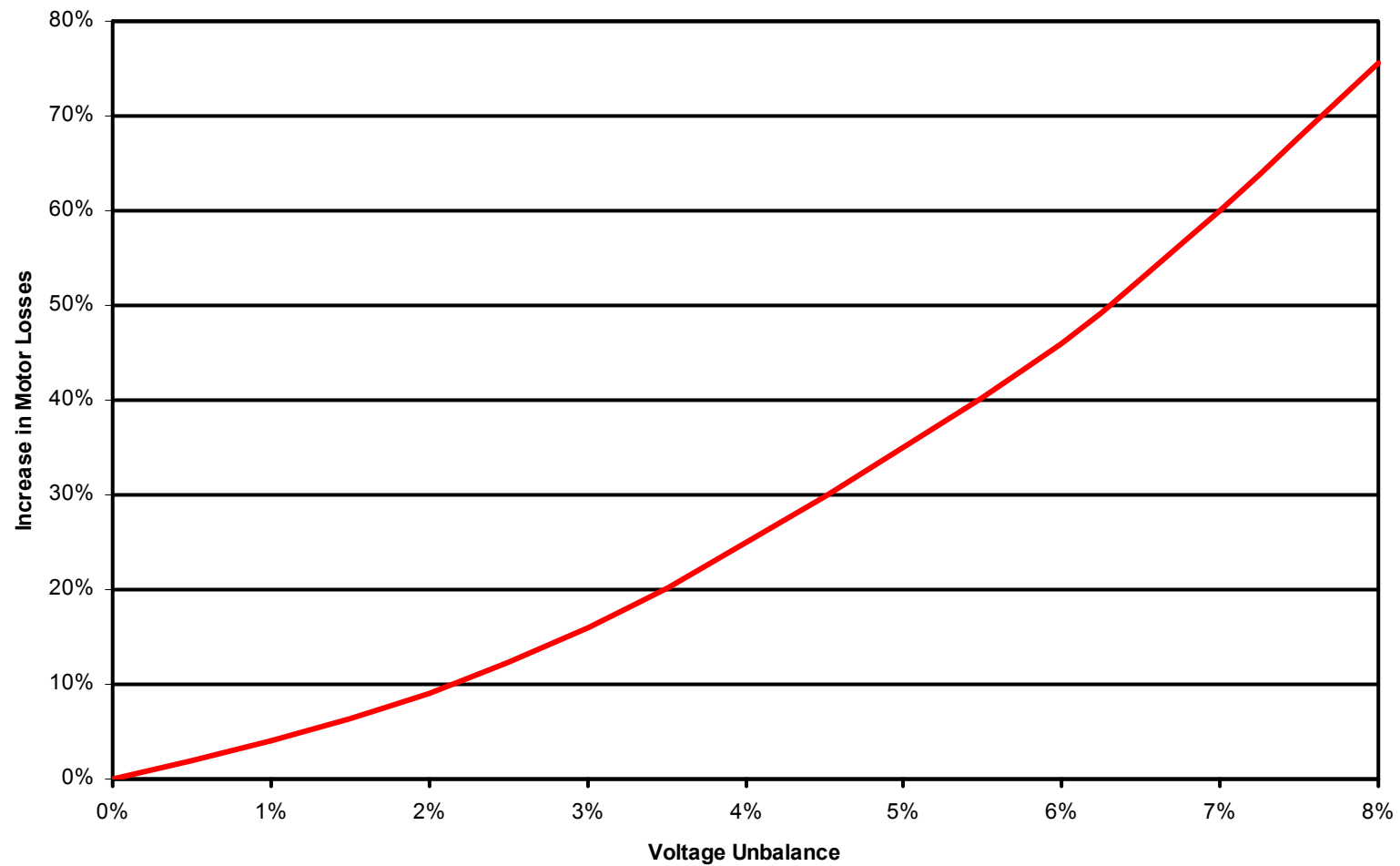
ولتاژ

■ ادامه مشکلات عدم کیفیت ولتاژ

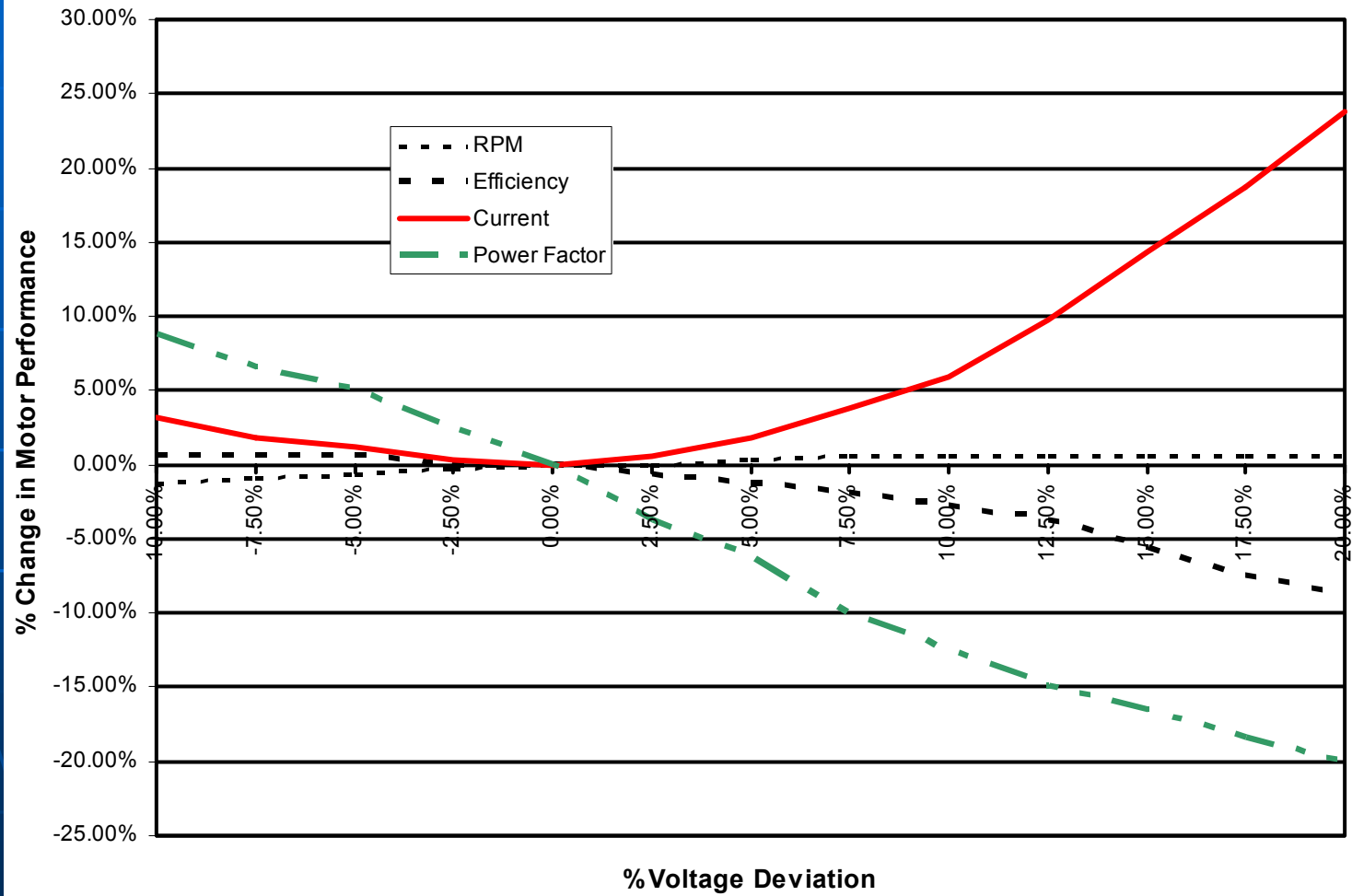
- استفاده از ماشینهایی با توانی بیش از حد مورد نیاز
- افزایش نویز و ارتعاش
- افزایش هزینه تعمیر و نگهداری تجهیزات



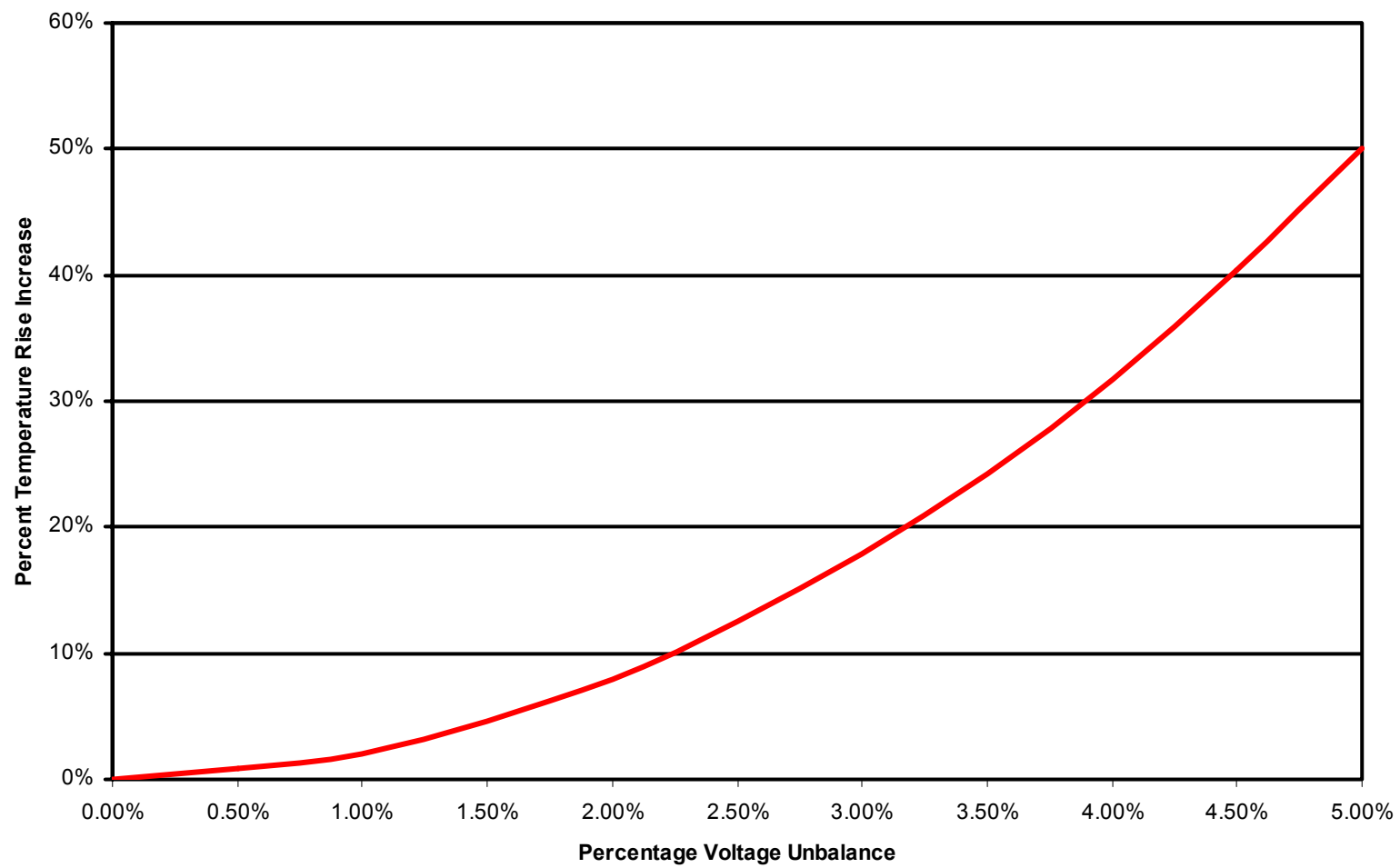
Phase Unbalance Motor Losses



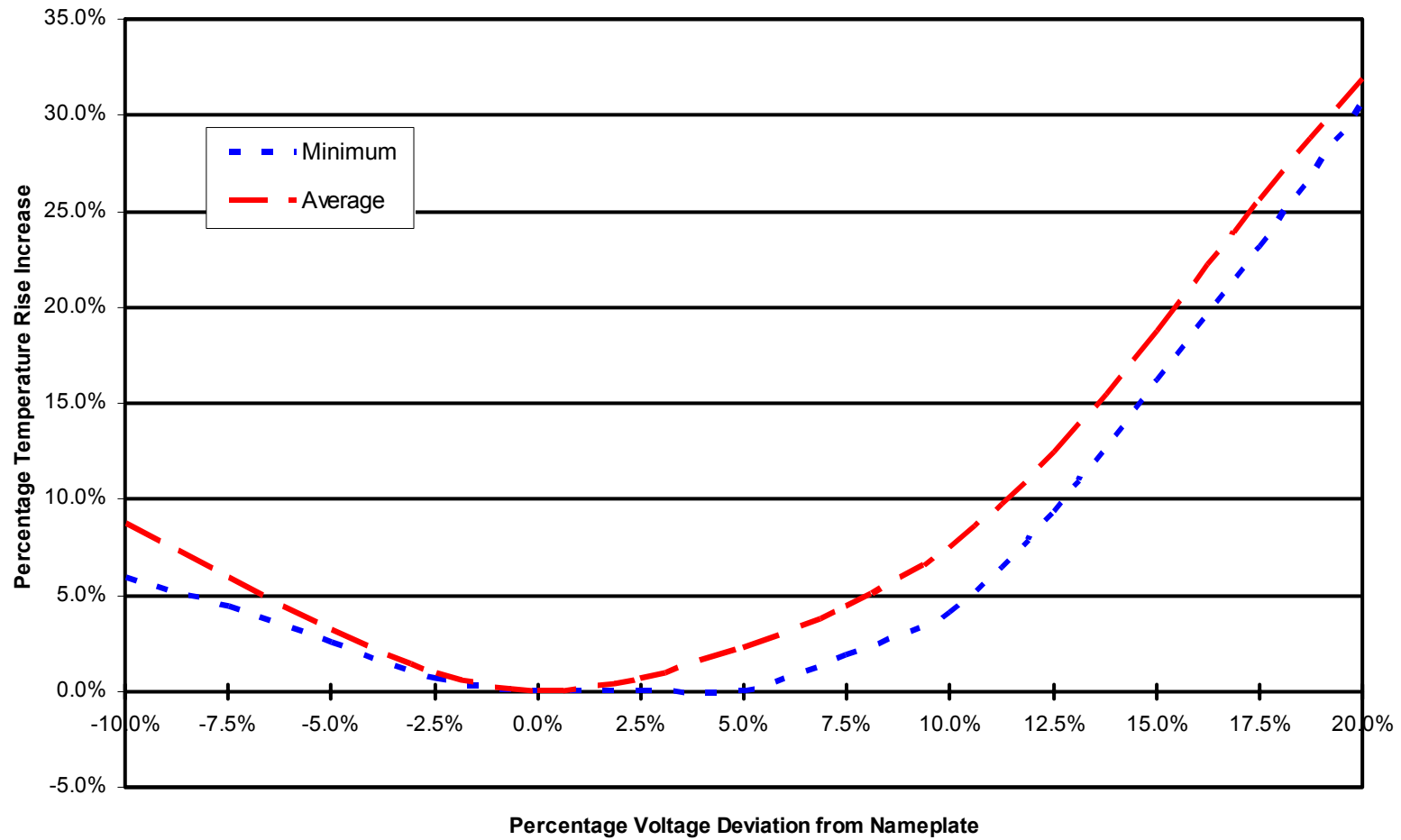
Voltage Deviation Effect on Standard Motor Performance at Full Load



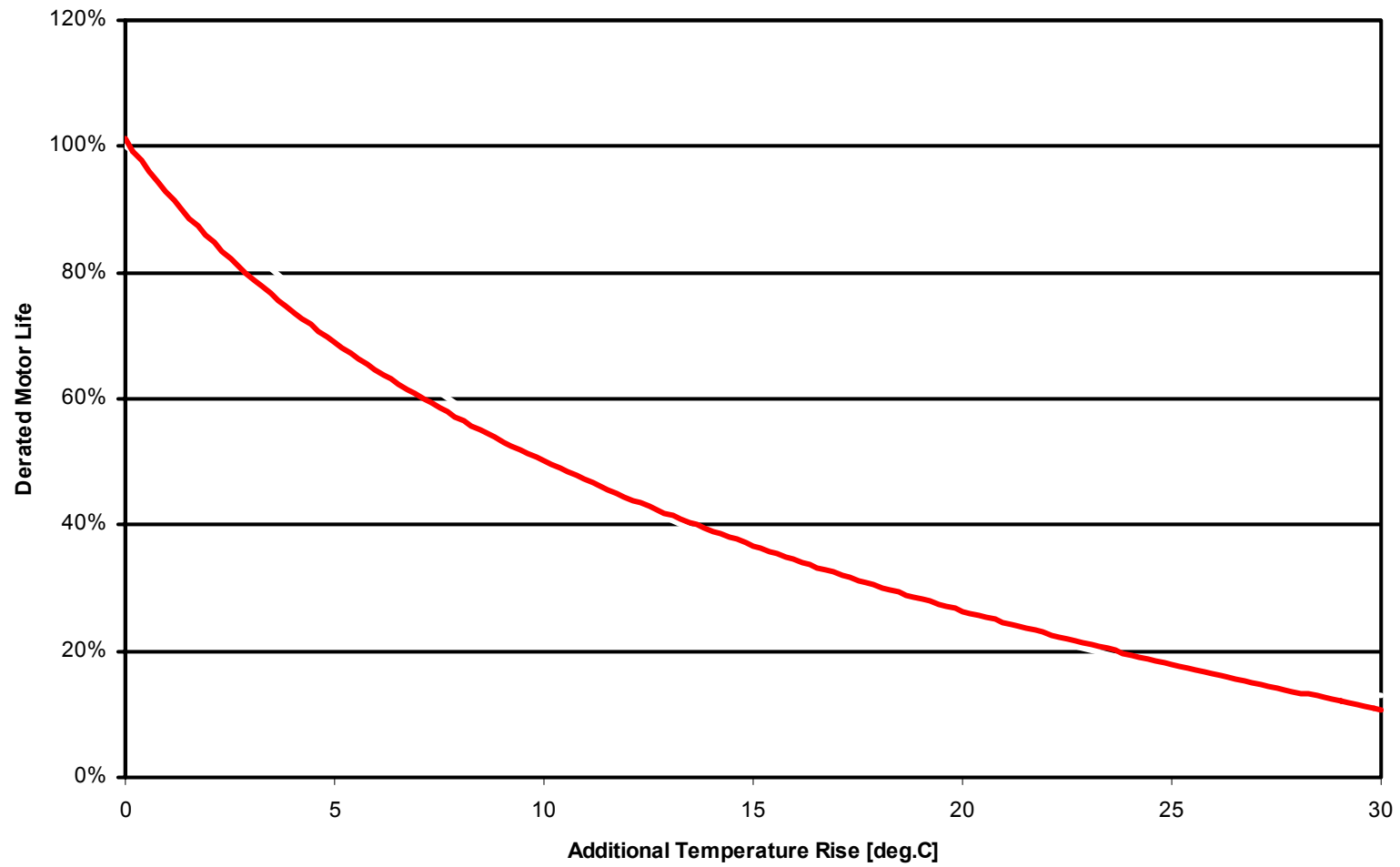
Temperature Rise With Voltage Unbalance (Std. Motor Near Full Load)



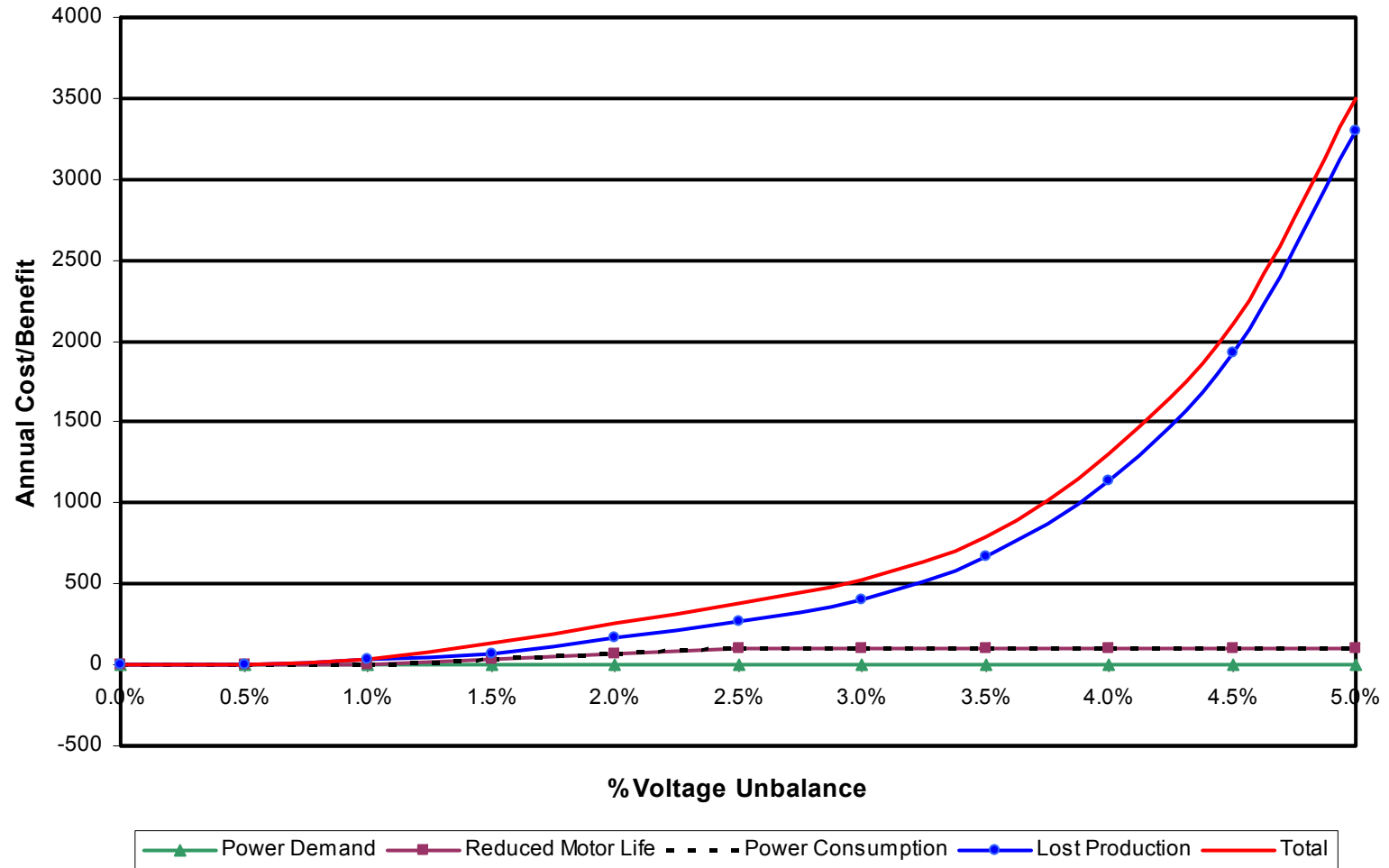
Temperature Rise With Voltage Deviation



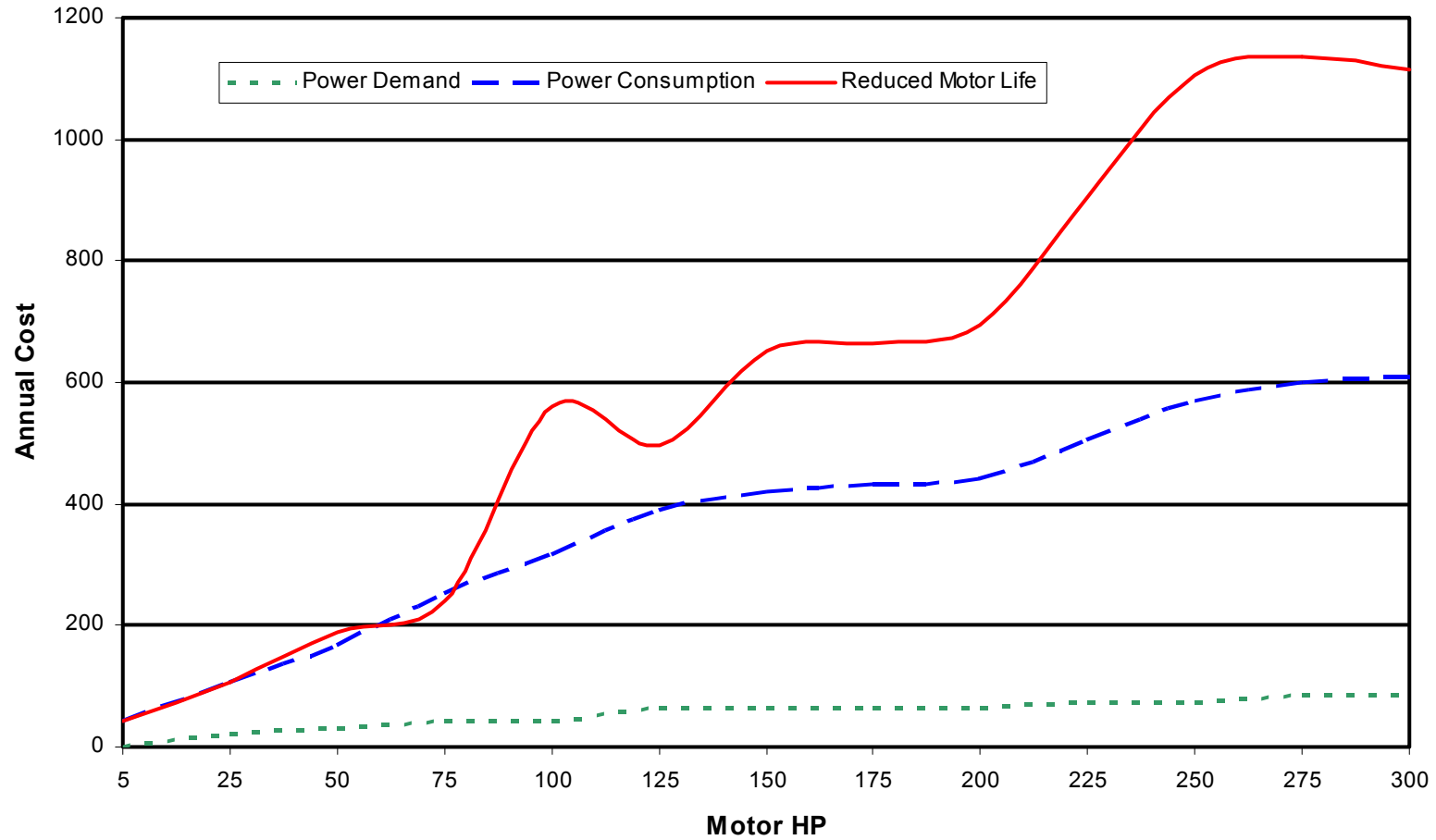
Reduced Motor Life with Temperature (Std. TEFC 1800 rpm)



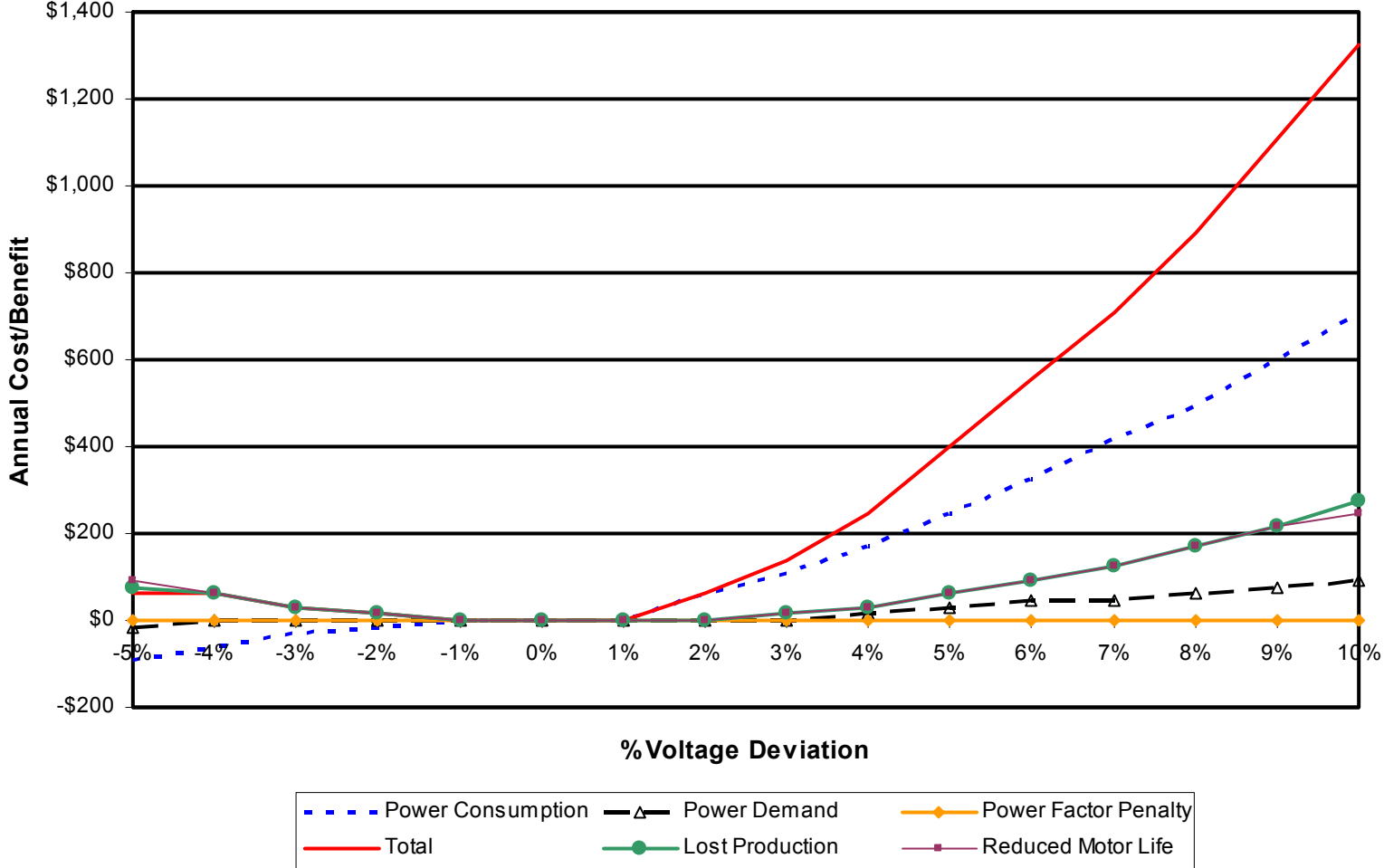
Voltage Unbalance Cost/Benefits (20 hp Motor with 15 kW Load)



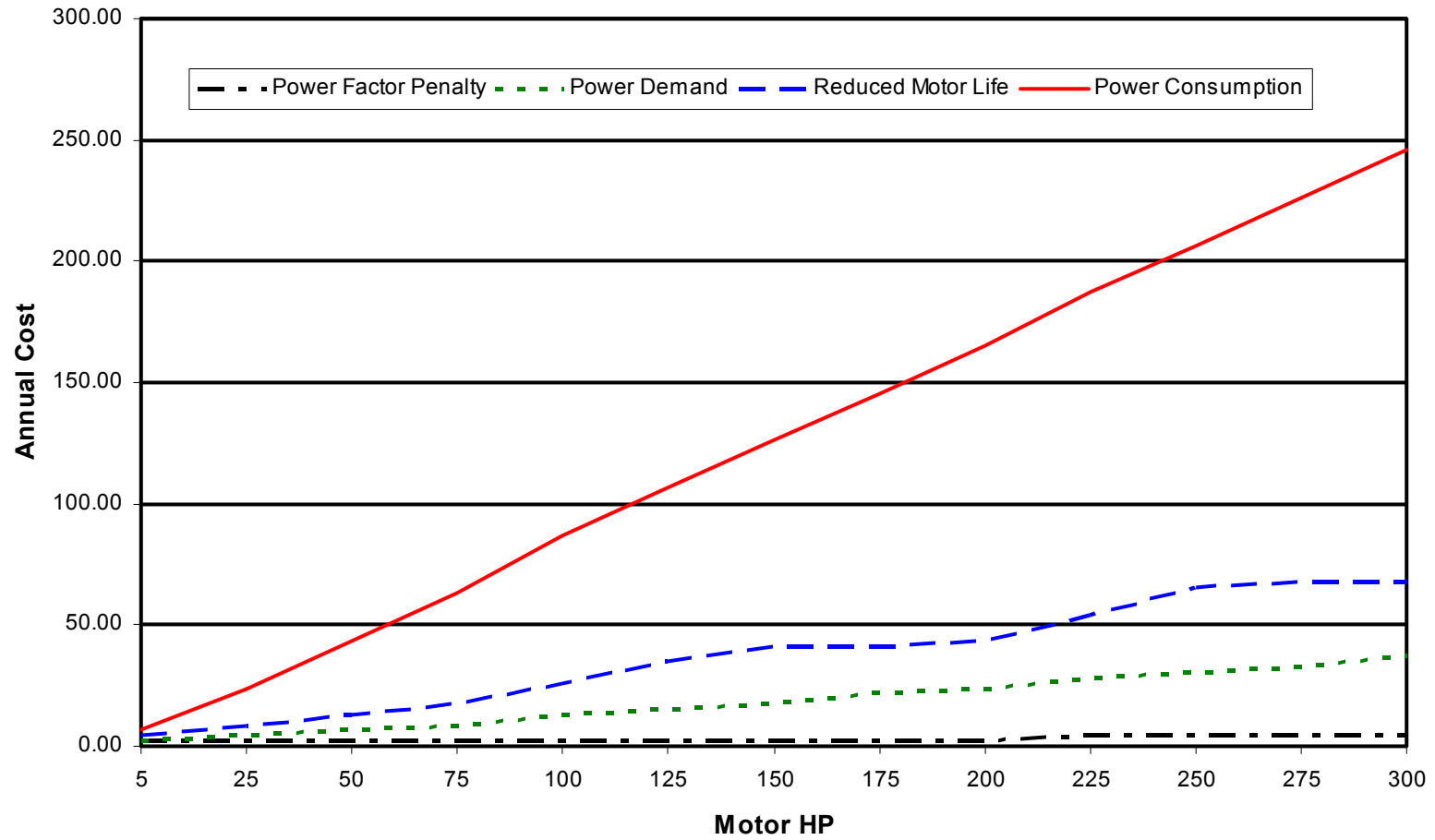
Voltage Unbalance Cost Trends Based on Motor HP (For a Voltage Unbalance of 5.0%)



Voltage Deviation Cost/Benefits (200 hp Motor with 140 kW Load)



Voltage Deviation Cost Trends Based on Motor HP (For a Voltage Deviation of 4.0%)



مشكلات Surge ها و transient هاي ولتاژ

- زمان خوابیدن دستگاه ها و نیاز آنها به تعمیر را افزایش می دهد.
- عمر تجهیزات را کوتاه می کند.
- موجب هنگ کردن کامپیوترها و عدم اجرای برنامه ها می گردد.
- اطلاعات غلط در کامپیوترها ایجاد می کند.
- اطلاعات روی حافظه کامپیوتر را پاک می کند.
- به سخت افزار لطمه می زند.
- موجب خرابی عایق موتورها و ترانسفورماتورها می شود.
- به داریور موتورها لطمه می زند.
- انرژی را تلف می کند.

عوامل برهم زننده کیفیت و لتاژ

- اتصال کوتاه سیستم قدرت
- خرابی دستگاه و بدکار کردن سیستم کنترل
- کلیدزنی بارهای سنگین مانند راه اندازی موتورهای پر قدرت
- کم باری و یا بی باری
- تغییرات جبران کننده های راکتیو در سیستم (بانک خازنی)
- تنظیم نامناسب تپ های ترانسفورمرها
- بارهای صنعتی بوده که شامل : ماشینهای جوشکاری مقاومتی - کارخانه های نورده آهن - کوره های قوس الکتریکی - تأسیسات جوشکاری برق
- صاعقه- فرورزناس ها
- وجود بارهای تک فاز
- قطع یا کاهش ظرفیت یکی از فازهای بانک های خازنی سه فاز

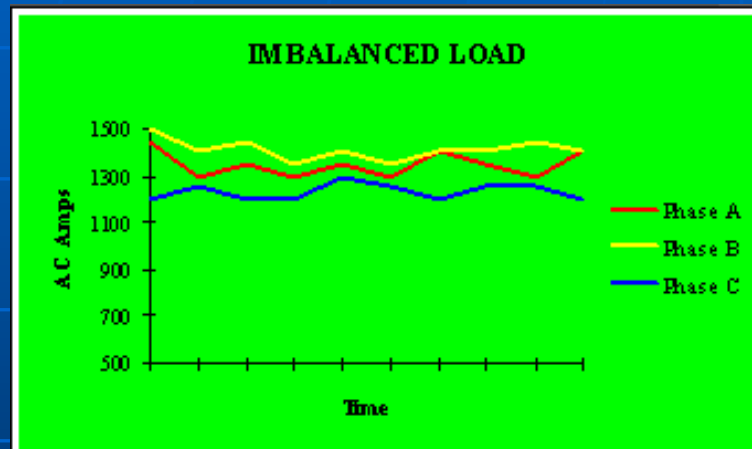
حدود مجاز ولتاژ و عدم تعادل ولتاژ

نوع شبکه	شبکه توزیع و فوق توزیع و فشار ضعیف و متوسط	شبکه انتقال فشار قوی و فوق فشار قوی
درصد عدم تعادل ولتاژ	۲	۱

با توجه به تأثیر تغییرات ولتاژ در بهره برداری و ایمنی شبکه محدوده های ولتاژی ذیل تعریف می گردند:

- الف – ولتاژ عادی: افزایش تا ۲٪ و یا کاهش تا ۲٪ ولتاژ نامی.
- ب – ولتاژ غیر عادی: افزایش تا ۵٪ و یا کاهش تا ۱۰٪ ولتاژ نامی.
- ج – ولتاژ غیر قابل تحمل: افزایش بیش از ۵٪ و یا کاهش بیش از ۱۰٪ موارد الف و ب حدود مجاز تغییرات بلند مدت ولتاژ می باشند.

جریان



- مشکلات عدم تعادل جریان
 - ایجاد توالی منفی ولتاژ
 - جریانهای گردشی
 - افزایش جریان در رسانای نول
 - افزایش ولتاژ نول به زمین
 - گرمای بیش از حد موتورها و خستگی عایقی
 - کاهش راندمان موتور
 - کاهش میزان تحمل موتور
 - افزایش میزان تعمیرات موتورها
 - افزایش انرژی اتلافي که افزایش بهای قبض برق را به دنبال دارد.
 - افزایش اتلاف سرمایه گذاری و سرمایه در گردش

عوامل برهم زننده کیفیت جریان

- وجود بارهای تک فاز و عدم توزیع مناسب
- قطع یا کاهش ظرفیت یکی از فازهای بانک های خازنی سه فاز
- وجود سیستم های تک فاز یا دو فاز در سیستم های توزیع
- عدم تقارن امپدانس سه فاز کابل ها

درصد عدم تعادل مجاز جریان هر مشترك

ولتاژ شینه	۴۰۰ ولت و ۲۰ و ۳۳ کیلوولت	۶۳، ۱۳۲، ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلوولت
درصد عدم تعادل جریان	$\frac{2(1-Z_1)}{Z_0}$	$\frac{(1-Z_1)}{Z_0}$

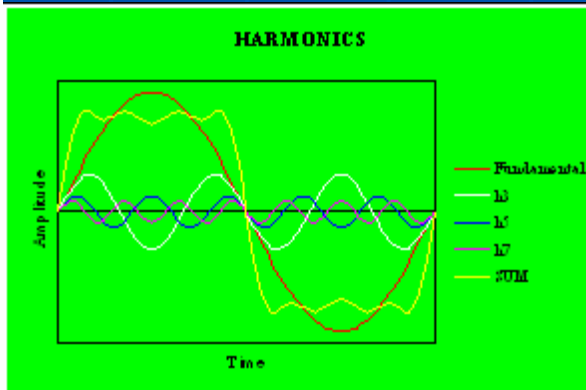
Z1: امپدانس توالی مثبت شبکه از دید مشترك (می تواند با توجه به ظرفیت اتصال کوتاه شینه بدست آید) برحسب پریونیت

Z0: امپدانس توالی صفر شبکه از دید مشترك (می تواند با توجه به ظرفیت اتصال کوتاه تک فاز شینه بدست آید) برحسب پریونیت

هارمونیک ها

■ مشکلات هارمونیک ها

- گرم شدن بیش از حد ترانسفورمرها و تجهیزات دورانی.
- افزایش تلفات هسترزیس.
- بارگذاری بیش از حد خط نول و ولتاژ غیرقابل قبول نول به زمین.



- معوج کردن شکل موج ولتاژ و جریان.
- لطمه به بانک های خازنی.
- عمل کردن فیوزها و کلیدهای حفاظتی.
- کارکرد غیر قابل اعتماد تجهیزات الکترونیکی و ژنراتورها.
- ایجاد خطا در میزان قرائت شده توسط ادوات اندازه گیری.
- افزایش انرژی مصرفی.
- افزایش تلفات توان در خطوط توزیع.
- افزایش میزان تعمیرات و زمان خوابیدن دستگاه ها.

هارمونیک ها

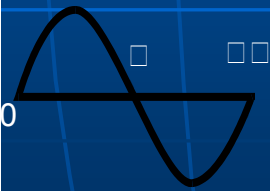
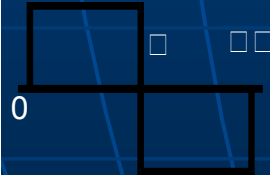
A periodic function can be described mathematically as:

$$f(x) = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} [A_n \sin(nx) + B_n \cos(nx)]$$

where the period of repetition is 2π and A_0 , A_n and B_n are defined as:

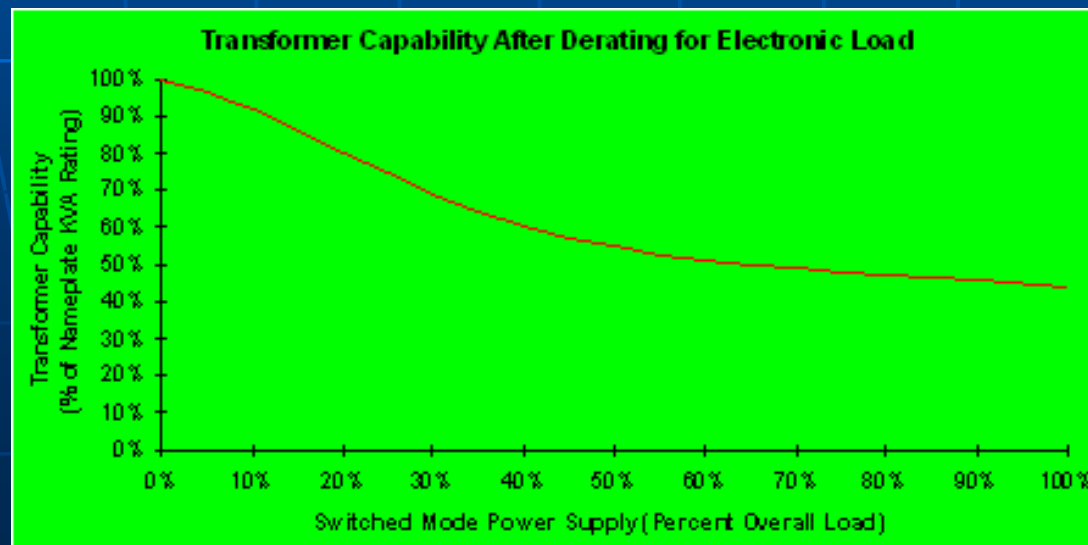
$$A_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(x) dx \quad A_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \sin(nx) dx$$

$$B_n = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \cos(nx) dx$$

Name	Waveform	RMS Value	Form Factor	Crest Factor
Sinusoidal Wave		$\frac{A}{\sqrt{2}}$	$\frac{\pi}{2\sqrt{2}}$	$\sqrt{2}$
Square Wave		A	1	1

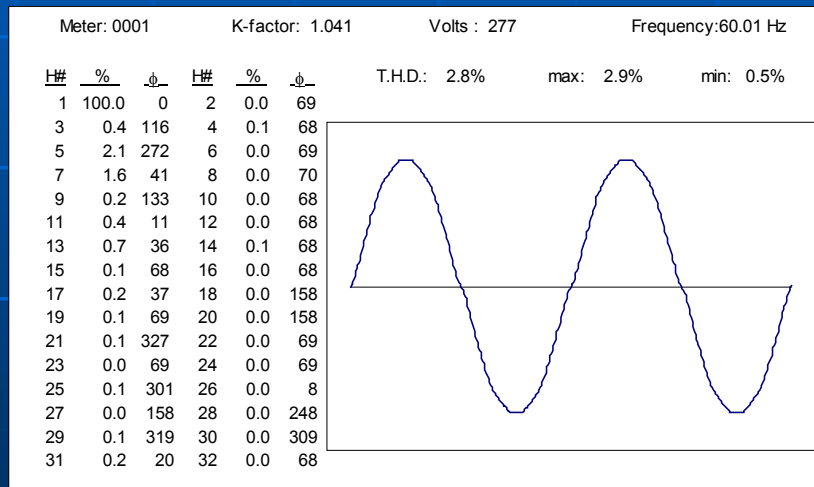
اثر هارمونیک ها بر کاهش ظرفیت ترانسفورمر

Percent of Electronic Load	I ² R Loss	Core Loss	Transformer Efficiency
0%	2.5%	2.5%	95.0%
10%	2.5%	5.2%	92.2%
20%	2.5%	8.0%	89.4%
30%	2.5%	10.8%	86.6%
40%	2.5%	13.5%	83.9%
50%	2.5%	16.3%	81.1%
60%	2.5%	19.1%	78.3%
70%	2.5%	21.9%	75.5%
80%	2.5%	24.6%	72.8%
90%	2.5%	27.4%	70.0%
100%	2.5%	30.2%	67.2%

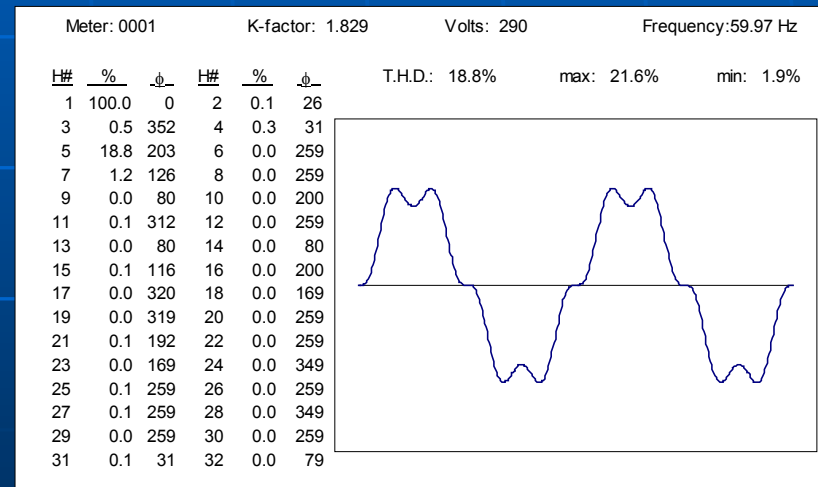


اثر بانک خازنی بر افزایش دامنه هارمونیک ها

No PFCC

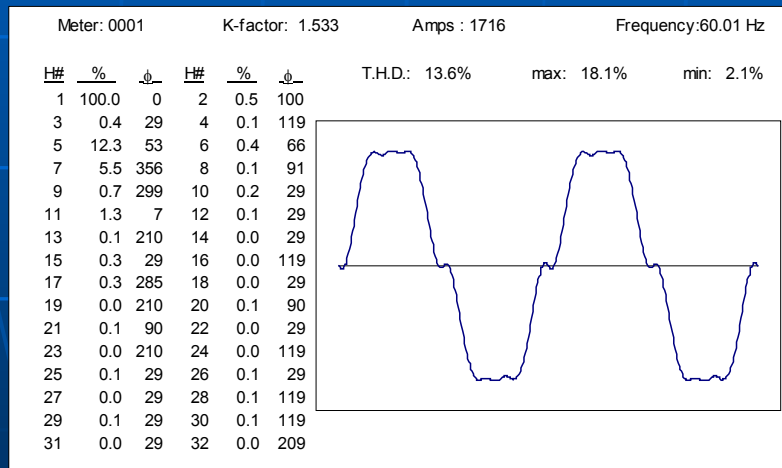


With PFCC

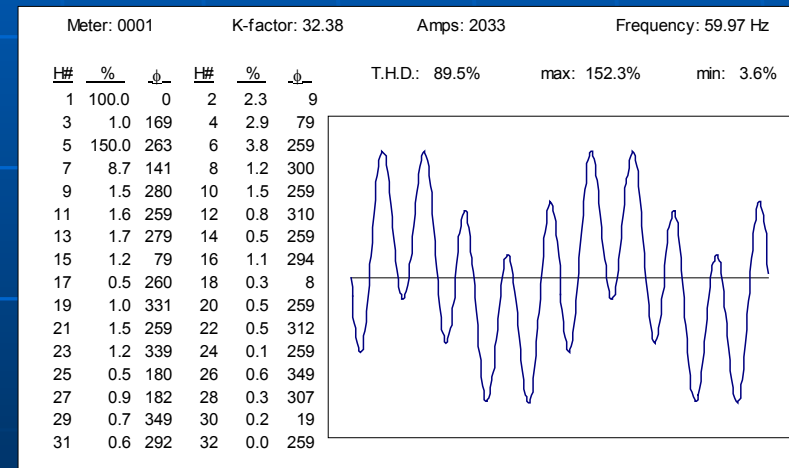


اثر بانک خازنی بر افزایش دامنه هارمونیک ها

No PFCC



With PFCC



عوامل ایجاد کننده هارمونیک

- همه ی بارهای غیرخطی
- بارهای دارای کلیدزنی
- بارها با هسته اشباع شونده
- کنترل دور موتورها- منابع تغذیه کلیدزنی -کوره های الکتریکی، دستگاههای حفاری و جوشکاری – لامپ های فلورسنت و پربازده و غیره

محدوده مجاز هارمونیک های جریان

هارمونیکهای زوج		هارمونیکهای فرد که مضرب ۳ می باشند		هارمونیکهای فرد که مضرب ۳ نمی باشند	
فشار ضعیف و متوسط	مرتبه (h)	فشار ضعیف و متوسط	مرتبه	فشار ضعیف و متوسط	مرتبه (h)
۲	۲	۵	۳	۶	۵
۱	۴	۱/۵	۹	۵	۷
۰/۵	۶	۰/۳	۱۵	۳/۵	۱۱
۰/۵	۸	۰/۲	۲۱	۳	۱۳
۰/۵	۱۰	۰/۲	> ۲۱	۲	۱۷
۰/۲	۱۲			۱/۵	۱۹
۰/۲	> ۱۲			۱/۵	۲۳
				۱/۵	۲۵
اعوجاج هارمونیک کل ولتاژ برای سیستم های فشار ضعیف و متوسط : ۸ درصد					> ۲۵

$$0/2 + \frac{1/3 \times 25}{h}$$

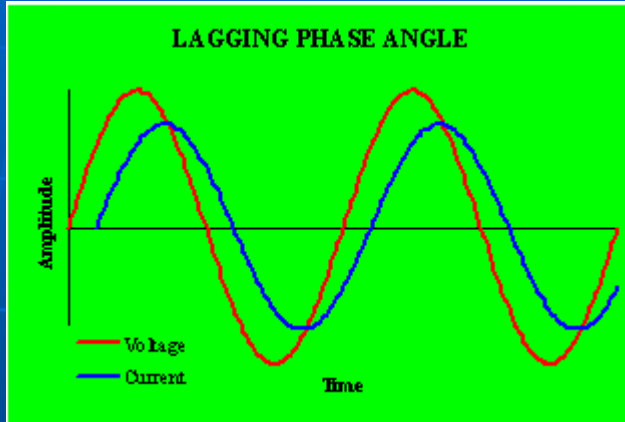
حدهای مجاز هارمونیک ها ولتاژ در شبکه

ماکزیم اعوجاج ولتاژ مجاز در شینه های با ولتاژهای مختلف به درصد نسبت به ولتاژ نامی با فرکانس ۵۰ هرتز

اعوجاج كلي ولتاژ	اعوجاج تكي ولتاژ هارمونيك فرد زوج		ولتاژ شينه
	۱/۵	۳/۰	
۵/۰	۱/۵	۳/۰	۳۸۰ ولت و ۲۰ كيلو ولت
۲/۵	۰/۷	۱/۵	۶۳ و ۱۳۲ كيلو ولت
	۰/۵	۱/۰	۲۳۰ و ۴۰۰ كيلو ولت

$$\text{Power Factor} = \cos \theta = \frac{\text{Actual Power (KW)}}{\text{Apparent Power (KVA)}}$$

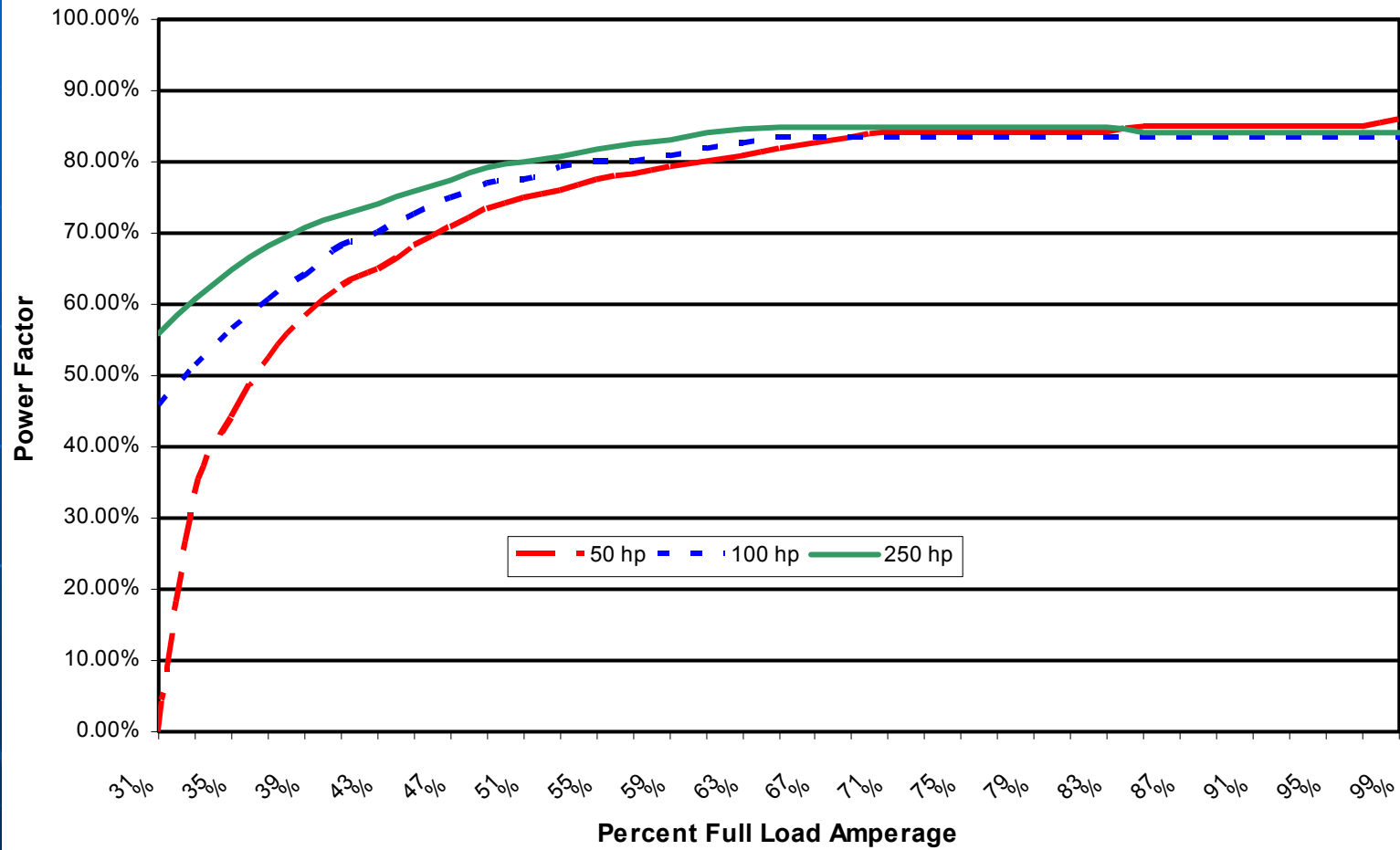
ضریب توان



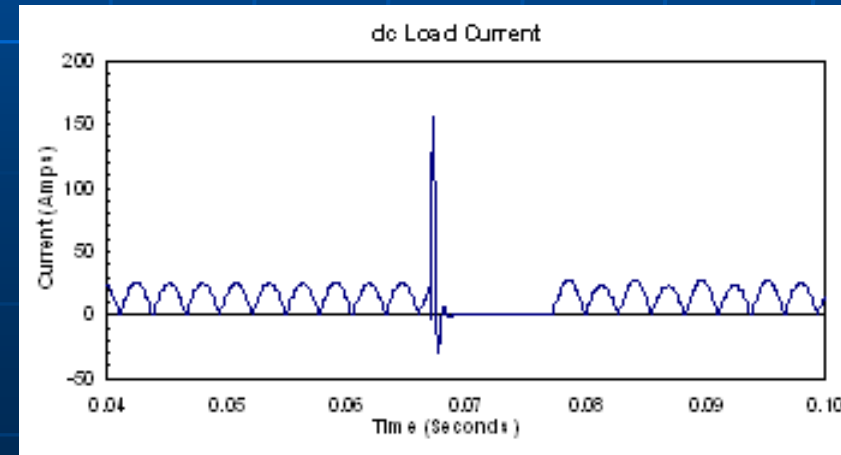
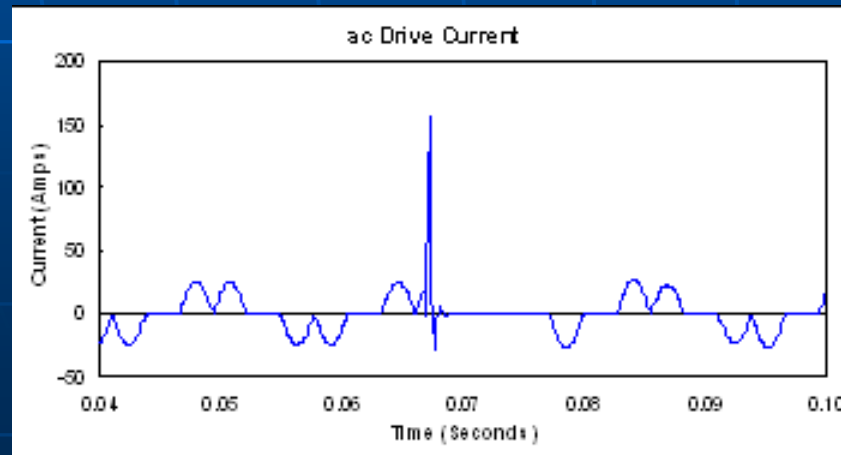
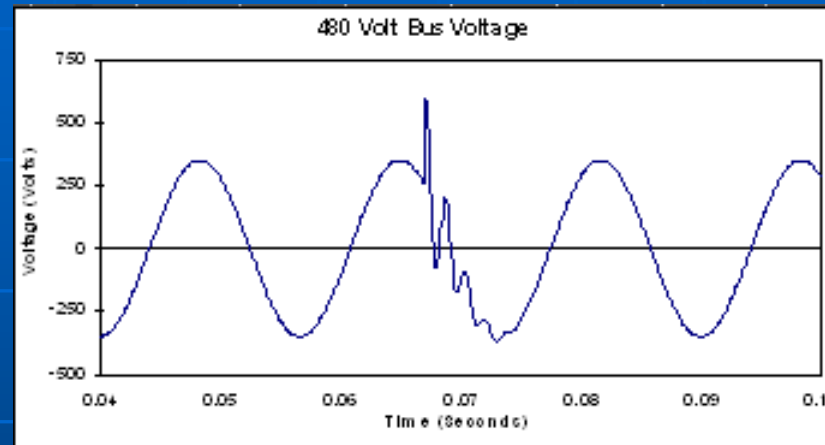
■ مشکلات بدی ضریب توان

- افزایش تلفات خطوط.
- اتلاف ظرفیت تولیدی.
- اتلاف ظرفیت سیستم.
- کاهش راندمان سیستم.
- اتلاف ظرفیت توزیع و ظرفیت ترانسفورمرها.
- افزایش ماکزیمم دیماند (Demand) و هزینه های مربوطه.
- هزینه ضریب توان.
- افزایش هزینه نگهداری از وسائل و تجهیزات.
- اتلاف انرژی و افزایش بهای قبوض برق.
- اتلاف سرمایه گذاری و سرمایه در گردش.

Motor Power Factor (As a Function of % Full Load Amperage)



اثر بانک خازنی به عنوان تصحیح کننده ضریب توان



اثر بانک خازنی به عنوان تصحیح کننده ضریب توان:

- افزایش ولتاژ که موجب می شود يك تغذیه تثبیت نشده داشته باشیم .
- آمادگی برای ولتاژ های گذرای لحظه ای و Spike ها به جهت کم بودن امپدانس آن .
- خرابی خازنها در اثر گذر جریانهای هامونیکي و لحظه ای .
- عدم حافظت از خازنها و نمایش خرابی آنها .
- تقویت هارمونیک ها .
- وقوع پدیده رزونانس و گرم شدن بیش از حد
- اثرات نوسانی در هنگام باردار شدن خازن
- پیش فاز شدن ضریب توان در زمانهای کم باری یا بی باری
- افزایش گشتاور و توان بر مبنای درصد بارگذاری

فرکانس

■ تغییرات فرکانس باعث:

➤ تغییر در انرژی مصرفی

➤ تغییر در بازده تجهیزات

➤ تغییر در دور موتورها

➤ پایین آمدن کیفیت تولید

➤ عملکرد نادرست تجهیزات حفاظتی

➤ کاهش عمر دستگاه ها

محدوده مجاز فرکانس

- میزان تغییرات فرکانس در حالت عادی شبکه: در محدوده ۵ / هرتز.
- در شرایط استثنایی فرکانس شبکه ممکن است تا ۵۲ هرتز بالا رفته یا به ۴۷ هرتز کاهش یابد.
- تجهیزات مشترکین می بایستی قادر به عملکرد دائم در محدوده ۵۲-۴۷/۵ هرتز و عملکرد ۲۰ ثانیه ای در محدوده ۴۷-۴۷/۵ هرتز باشند.

راه حل های بهبود کیفیت برق

■ راه کارهای بهبود ازدیاد، کاهش و عدو تعادل دایمی دامنه ولتاژ:

UPS ➤

SPS ➤

voltage stabilizers ➤

بانک خازنی ➤

SVC ➤

Electroflow ➤

راه حل های بهبود کیفیت برق

■ راه کارهای بهبود کاهش زیاد دامنه ولتاژ (Brownout):

UPS ➤

SPS ➤

voltage stabilizers ➤

Electroflow ➤

■ راه کارهای بهبود قطعی لحظه ای ولتاژ:

Electroflow ➤

UPS ➤

راه حل های بهبود کیفیت برق

■ راه کارهای کاهش Surge و Transient:

MOV ➤

Zener ➤

برق گیر ➤

Electroflow ➤

■ راه کارهای بهبود تعادل جریان:

Electroflow ➤

SVC : تا حدودی ➤

راه حل های بهبود کیفیت برق

■ راه کارهای کاهش هارمونیک ها:

➤ فیلترهای ثابت

➤ فیلترهای فعال

➤ Electroflow

■ راه کارهای بهبود ضریب توان:

➤ بانک خازنی

➤ SVC

➤ Electroflow

راه حل های بهبود کیفیت برق

■ راهکار بهینه بهبود کیفیت برق و صرفه جویی انرژی (سیستم الکتروفلو):

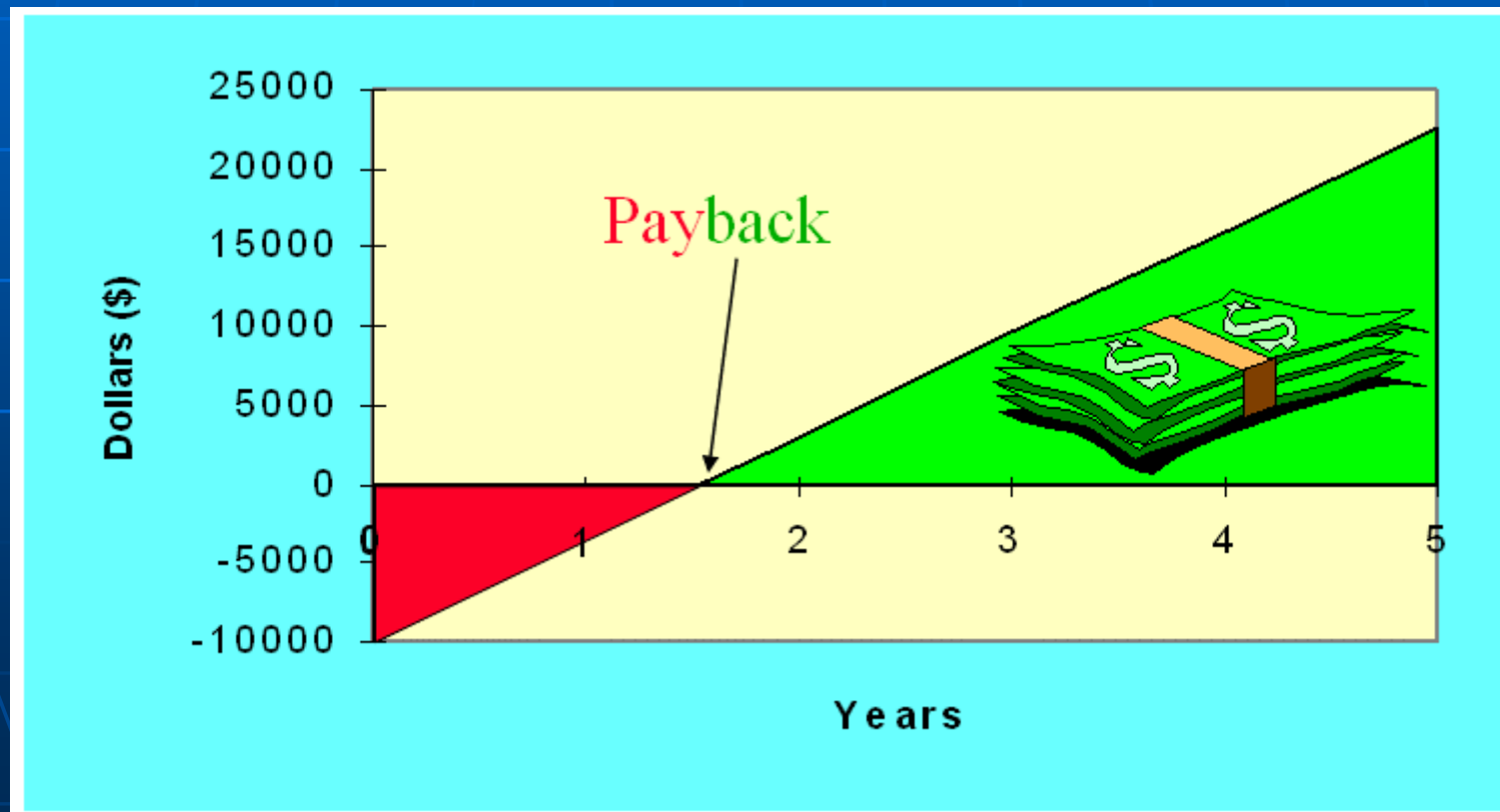
۱. تثبیت ولتاژ
۲. تعادل جریان
۳. فیلتر کردن Surge و Transient
۴. فیلتر کردن هارمونیک ها به صورت گسترده
۵. بهبود ضریب توان
۶. آزادسازی ظرفیت KVA
۷. حذف افت زیاد ولتاژ (Brownout)
۸. جبران قطعی های لحظه ای تا ۱ ثانیه
۹. فیلتر کردن هارمونیک خاص به هر اندازه
۱۰. ایجاد فاز از دست رفته توسط دو فاز دیگر

راه حل های بهبود کیفیت برق

- سطوح ولتاژ: ۲۰۸ ولت تا ۳۴۵ کیلو ولت
- ظرفیت نصب شده تا کنون: ۱۰۰ KW تا ۳۰۰۰ MW
- اندازه گیری مداوم V, I, PF, Hr و ورود و خروج RLC ها
- اندازه گیری با سرعت ۳۸۴۰ تا ۱۵۳۶۰ نمونه در ثانیه
- استفاده از طبقات RLC
- Self Diagnostic Feature (SDF)
- گارانتی کردن بازگشت سرمایه

راه حل های بهبود کیفیت برق

برای هر پروژه ی صرفه جویی انرژی تعیین بازگشت سرمایه الزامی است.



با تشکر و احترام

تاریخ : ۸۳/۱۰/۱۶

معاونت نظارت بر بهره برداری

دفتر مهندسی مدیریت توزیع

علی عارفی- رضا باقری