اولین گردهمایی تخصصی هم‌اندیشی فرصت‌های بهینه‌سازی عملکرد در حوزه تولید،توزیع و مصرف انرژی

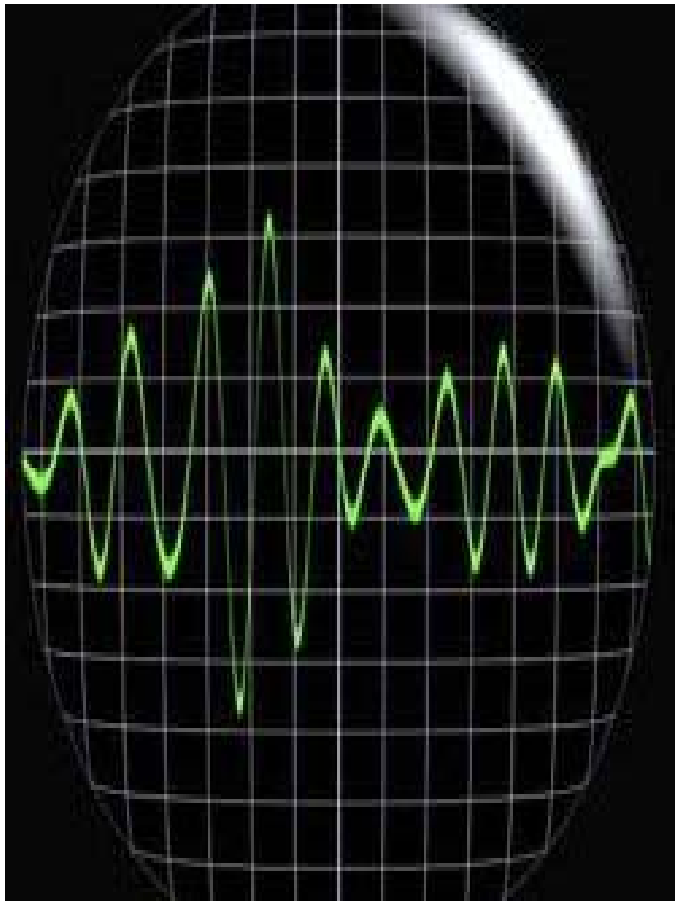
نقش کیفیت توان در کاهش مصرف انرژی

دکتر حسین مختاری
استاد دانشگاه صنعتی شریف

YEKTABEHAN
Yekta Behineh Tavan Co.

اولین گردهمایی تخصصی هم‌اندیشی
فرصت‌های بهینه‌سازی عملکرد در حوزه
تولید،توزیع و مصرف انرژی

فهرست



- مقدمه: اهمیت کیفیت توان
- کیفیت توان و مصرف انرژی
- نیازها و زمینه های تحقیقاتی و اجرائی
- توانمندی های دانشگاه
- تجربه های موجود
- مشکلات پیش رو
- نتیجه گیری

YEKTABEHAN
Yekta Behineh Tavan Co.

اهمیت کیفیت توان

- حساسیت بارها تجهیزات به کیفیت توان
- تاثیر بر عملکرد سیستم های اندازه گیر و جبرانساز انرژی
- تاثیر قابل توجه بر تلفات و بازدهی
- تاثیر بر عملکرد شبکه های برق

YEKTABEHAN
Yekta Behineh Tavan Co.

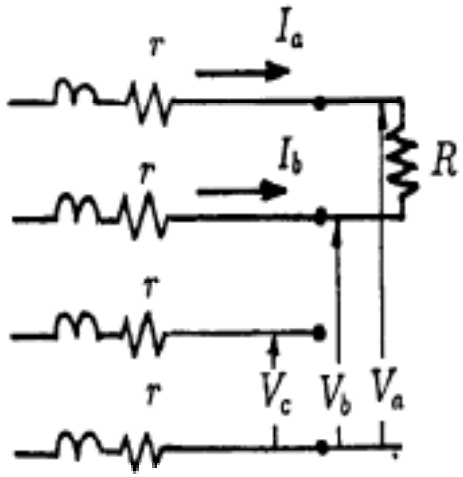
اهمیت کیفیت توان

- حساسیت بارها و تجهیزات به کیفیت توان
  - افزایش حساسیت به افت ولتاژ (سیستم های درایو)
  - افزایش مصرف با افت ولتاژ (دستگاههای جوش)
  - عملکرد کاذب رله های حفاظتی در محیط های هارمونیکی

اهمیت کیفیت توان

- تاثیر بر عملکرد سیستم های اندازه گیر و جبرانساز انرژی
  - تغییر تعاریف (توان راکتیو، توان ظاهری و ضریب توان)
  - ابهام در زمینه شبکه توزیع و انتقال انرژی بهینه
  - ناتوانی سیستم جبرانساز
  - پیدایش تنوع وسیعی از سیستم ها با توجه به طبیعت بار

انواع ضریب توان ها در شبکه های سینوسی نا متعادل



$$PF_A = \frac{P}{S_A} = \frac{P}{S_a + S_b + S_c} = 0.866$$

ضریب توان محاسباتی

$$PF_V = \frac{P}{S_V} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = 1$$

ضریب توان برداری

$$PF_e = \frac{P}{S_e} = 0.707$$

ضریب توان موثر

YEKTABEHAN
Yekta Behineh Tavan Co.

اهمیت کیفیت توان

- تاثیر قابل توجه بر تلفات و بازدهی
- افزایش تلفات خط به علت:
  - افزایش مقاومت به علت اثر پوستی
  - افزایش rms جریان
- افزایش تلفات ترانسفورماتورها
  - تلفات هسته
  - تلفات اهمی
- افزایش تلفات ناشی از سیستم های روشنائی بدون سیستم بهبود کیفیت توان

اهمیت کیفیت توان

- افزایش تلفات ناشی از بارهای بدون سیستم بهبود کیفیت توان
  - لامپ های کم مصرف (THD جریان بالای ۱۳۰٪)
  - لامپ های LED بدون PFC
  - سیستم های تهویه split

اهمیت کیفیت توان

- تاثیر بر عملکرد شبکه های برق
  - تغییر پاسخ فرکانسی شبکه
  - ایجاد رزونانس های سری و موازی
  - افزایش ولتاژها و جریان ها
  - صدمه به تجهیزات

YEKTABEHAN
Yekta Behineh Tavan Co.

نیازها و زمینه های تحقیقاتی و اجرائی

- انجام مطالعات پایه ای
  - تعاریف جدید توانی (استاندارد IEEE1459)
  - اصلاح روش های سیستم های اندازه گیر
  - اصلاح سیستم های جبرانساز انرژی
- انجام مطالعات میدانی
  - مطالعات رفتار بارهای مختلف
    - انجام اندازه گیری های میدانی
    - شناسائی و طبقه بندی بارها
  - تعیین افزایش تلفات و تعیین میزان خسارت

نیازها و زمینه های تحقیقاتی و اجرائی

- پایش شاخص های کیفیت توانی
- تعیین هزینه ناشی از کاهش کیفیت توان و تعیین جریمه های مربوطه
- لزوم پایش دراز مدت و دائمی – شبکه های هوشمند
- گسترش سیستم ها و روش های کاهش مصرف
  - BMS
  - CCHP
- فرهنگ سازی
- استفاده از دانشگاه ها جهت پیاده سازی طرح های pilot

YEKTABEHAN
Yekta Behineh Tavan Co.

توانمندی های دانشگاه

- ۱۲ سال فعالیت تخصصی
- توانمندی های آموزشی
  - برگزاری دوره ها و کارگاههای آموزشی
- توانمندی های آزمایشگاهی
  - آزمایشگاه کیفیت توان و انرژی
    - منبع تغذیه هارمونیکی
    - دستگاههای ارزیابی کیفیت توان
    - انواع بارهای غیر خطی

YEKTABEHAN
Yekta Behineh Tavan Co.

توانمندی های دانشگاه

- بازوهای تحقیقاتی
  - قطب علمی مدیریت و کنترل شبکه با تخصصهای:
    - کیفیت برق و انرژی
    - قابلیت اطمینان
  - دینامیک شبکه های سنتی و تجدید ساختار شده
  - انرژی های تجدید پذیر

YEKTABEHAN
Yekta Behineh Tavan Co.

توانمندی های دانشگاه

- بازوهای اجرائی تخصصی
  - شرکت های دانش بنیان
    - یکتا بهینه توان
    - صدرا فن پرداز
  - ارزیابی، تحلیل، مقایسه با استاندارد، ارائه راهکار، ساخت و اجرا در زمینه های
    - بهبود کیفیت توان
    - کاهش مصرف انرژی
    - کاهش تلفات

YEKTABEHAN
Yekta Behineh Tavan Co.

توانمندی های دانشگاه

- توانمندی های نرم افزاری و مغز افزاری
- انواع نرم افزارهای تحلیلی بار و شبکه
- پتانسیل بالای مغزافزاری
- ایجاد انگیزه
- کوتاه کردن مسیرها

YEKTABEHAN
Yekta Behineh Tavan Co.

تجربه های موجود

- آموزشی و تحقیقاتی
  - برگزاری دوره های کوتاه مدت برای شرکت های برق منطقه ای
  - برگزاری دوره های آموزشی صنایع و شرکت های توزیع
  - اجرای ۱۰ ها طرح تحقیقاتی کاربردی در زمینه های کیفیت برق و کاهش مصرف در قالب پروژه های دانشجوئی و اجرائی
  - ارزیابی تلفات ناشی از بارهای غیر خطی خانگی، اداری و تجاری
  - ارزیابی عملکرد دستگاههای اندازه گیری در محیط های هارمونیکی
  - روش های کاهش تلفات در صنایع امروزی

تجربه های موجود

- اندازه گیری، تحلیل و ارائه راهکار در زمینه کیفیت توان و مصرف انرژی
  - بیش از ۱۸۰۰ نقطه در سطح کشور
    - نیروگاهها، پست ها، خطوط توزیع و انتقال
    - صنایع (خودرو، لاستیک، کاغذ، فولاد و ...)
- طراحی – اجرای سیستم های جبرانساز نوین
  - SVC از نوع TSC در کارخانجات ایران خودرو و پارس خودرو
  - فیلتر هارمونیک ۵ ولتاژ بالا در لاستیک بارز
  - سیستم جبرانساز انرژی در صنایع فولاد

تجربه های موجود

- طراحی و ساخت تجهیزات الکترونیک قدرت با بازدهی و کیفیت بالا
  - ساخت اینورتر با ظرفیت ۴۰kVAبا بازدهی بالا
  - ساخت یکسو ساز و اینورتر با ظرفیت ۳۳۰kVA با قابلیت PFC
  - طراحی و ساخت لامپ LED با ضریب توان بالای ۰.۹۵
- عارضه یابی
  - عدم عملکرد سیستم های جبراساز انرژی در صنایع خودروسازی
  - از بین رفتن بانک های خازنی در فولاد خوزستان
  - انفجار فیوزهای خازنهای جبرانساز در پست های سد دوستی
  - عملکرد کاذب رله اضافه ولتاژ در پست مغان
  - قطعی برق و توقف تولید در کارخانه فولاد بردسیر کرمان

مشکلات پیش رو

- عدم وجود دانش فنی لازم
- عدم وجود ارتباط مناسب واحدهای درگیر(دانشگاه، سابا و صنایع)
- وجود پروسه های طولانی ارزیابی در سازمانها و صنایع
- ورود سازمانهای غیر دانشگاهی در فعالیت های تحقیقاتی و اجرائی
- مدیریت های کوتاه مدت
- تمایل بیشتر به روش های زود بازده و بعضا سعی و خطا
- مشکلات مالی
  - روش های حمایتی
- نبود روش های ارزیابی کیفی و ادامه دار

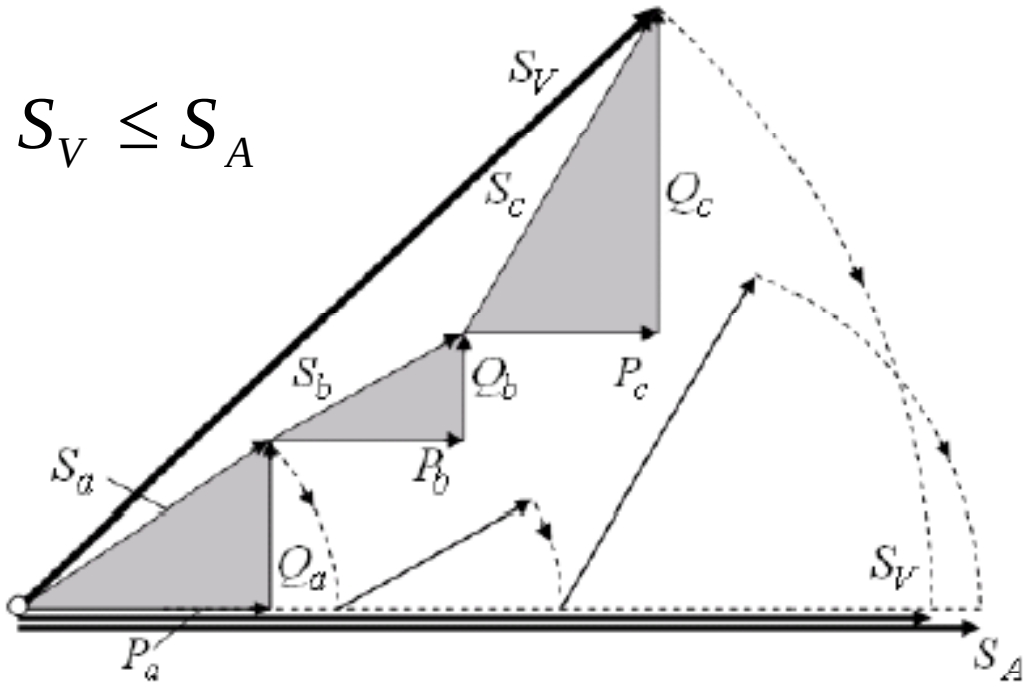
نتیجه گیری

- وابستگی بین کیفیت توان و مصرف انرژی
- جدید بودن مباحث
  - لزوم بازنگری در اصول
  - لزوم بازآموزی پرسنل
- وجود دانش و تجربه لازم
- لزوم ایجاد ارتباط محکم بین واحدهای دانشگاهی و سایر واحدهای درگیر
- لزوم حمایت های مناسب مالی در جهت
  - تجهیز و به روز رسانی آزمایشگاهها
  - واگذاری پروژه ها به دانشگاهها

YEKTABEHAN
Yekta Behineh Tavan Co.

توان ظاهری محاسباتی و برداری

$$S_V \leq S_A$$



انواع ضریب توان ها در شبکه های سینوسی نا متعادل

ضریب توان محاسباتی

$$PF_A = \frac{P}{S_A} = \frac{P}{S_a + S_b + S_c}$$

ضریب توان برداری

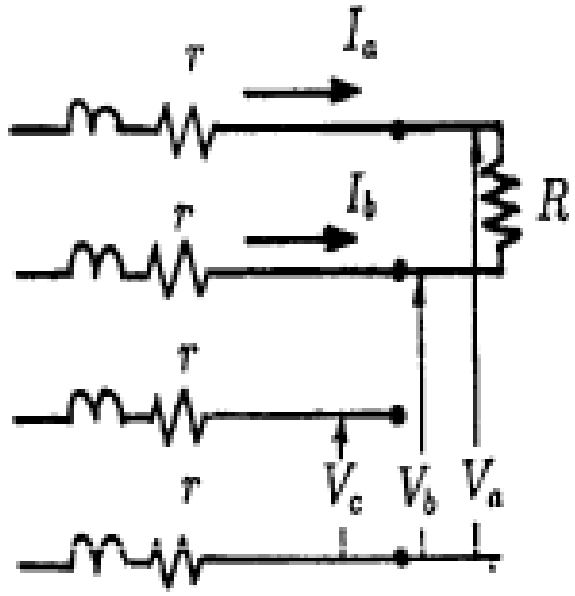
$$PF_V = \frac{P}{S_V} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

در حالت کلی

$$S_A \geq S_v \Rightarrow PF_A \leq PF_V$$

YEKTABEHAN
Yekta Behineh Tavan Co.

توان ها در شبکه های سه فاز سینوسی نامتعادل
مثال



مدل یک دستگاه جوشکاری

توان ها در شبکه های سه فاز سینوسی نامتعادل
مثال

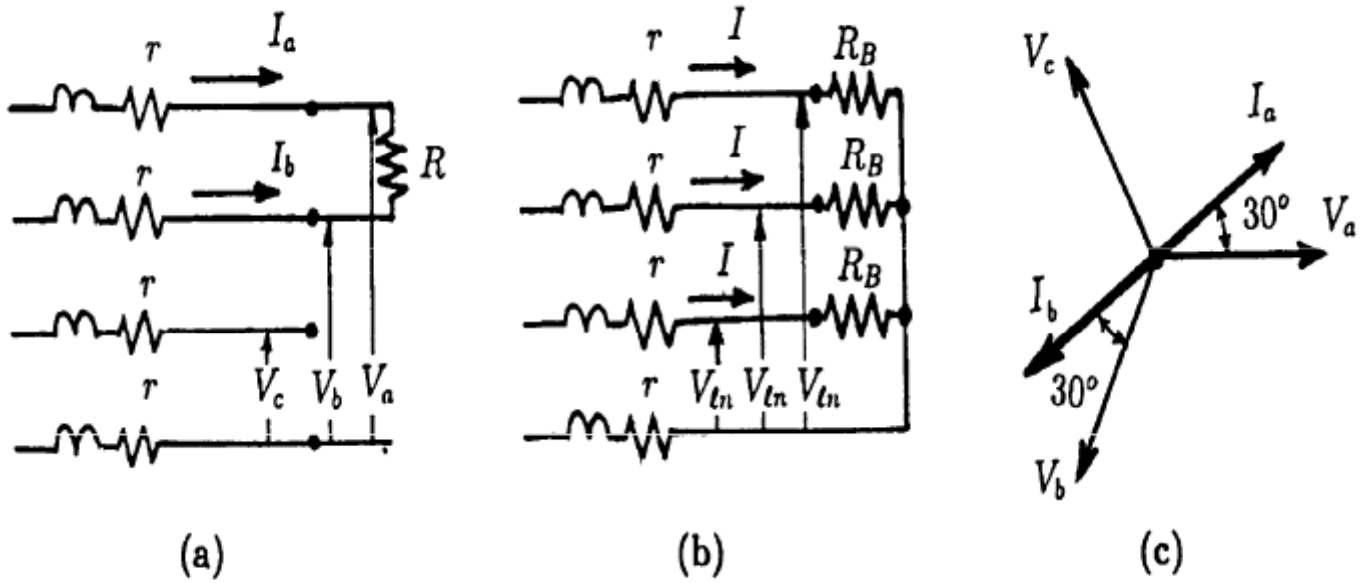


Figure 3 — Unbalanced System: (a) Actual Circuit. (b) Balanced Equivalent Circuit. (c) Phasor Diagram

توان ها در شبکه های سه فاز سینوسی
نامتعادل – مثال

توان مصرفی بار متعادل

$$P_{balanced} = \frac{3V_{\ln}^2}{R_B}$$

توان مصرفی بار نامتعادل

$$P_{imbalanced} = \frac{\left(\sqrt{3}V_{\ln}\right)^2}{R} = \frac{3V_{\ln}^2}{R}$$

$$P_{balanced} = P_{imbalanced} \Rightarrow R_B = R$$

$$PF_{balanced} = 1 \Rightarrow PF_{imbalanced} = 1???!!!$$

تلفات توانی در شبکه در مثال

تلفات سیستم اصلی

$$P_{loss-imbalanced} = 2r\left(\frac{\sqrt{3}V_{\ln}}{R}\right)^2 = 6r\left(\frac{V_{\ln}}{R}\right)^2$$

تلفات سیستم سه فاز متعادل

$$P_{loss-balanced} = 3r\left(\frac{V_{\ln}}{R}\right)^2 = 3r\left(\frac{V_{\ln}}{R}\right)^2 = 0.5P_{loss-imbalanced}$$

$$P_{loss-imbalanced} < P_{loss-balanced} \Rightarrow PF_{imbalanced} < PF_{balanced}$$

YEKTABEHAN
Yekta Behineh Tavan Co.

توان ها در شبکه های سه فاز سینوسی
نامتعادل – مثال

$$S_a = V_a I_a = \sqrt{P_a^2 + Q_a^2} = \frac{\sqrt{3}V^2}{R}$$

$$S_b = V_b I_b = \sqrt{P_b^2 + Q_b^2} = \frac{\sqrt{3}V^2}{R}$$

$$S_c = V_c I_c = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2} = 0$$

$$S_A = S_a + S_b + S_c = \frac{2\sqrt{3}V^2}{R}$$

$$PF_A = \frac{P}{S_A} = \frac{P}{S_a + S_b + S_c} = \frac{\sqrt{3}}{2} = 0.866$$

$$S_V = \sqrt{P^2 + Q^2} = P = \frac{3V^2}{R}$$

$$PF_V = \frac{P}{S_V} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = 1$$

YEKTABEHAN
Yekta Behineh Tavan Co.

ولتاژ و جریان و توان ظاهری و ضریب توان موثر سیستم جدید

$$r(I_a^2 + I_b^2 + I_c^2 + I_n^2) = 3rI_e^2 \Rightarrow I_e = \sqrt{\frac{I_a^2 + I_b^2 + I_c^2 + I_n^2}{3}}$$

با فرض متعادل بودن ولتاژها

$$V_e = V_{\ln} = V$$

توان ظاهری موثر

$$S_e = 3V_e I_e$$

ضریب توان موثر

$$PF_e = \frac{P}{S_e}$$

ولتاژ و جریان و توان ظاهری و ضریب توان موثر
سیستم – مثال

$$I_e = \sqrt{\frac{I_a^2 + I_b^2}{3}} = \frac{\sqrt{2}V}{R}$$

$$V_e = V_{\ln} = V$$

$$S_e = 3V_e I_e$$

$$PF_e \le PF_A \le PF_V$$

$$S_e = 3V_e I_e = \frac{3\sqrt{2}V^2}{R}$$

$$PF_e = \frac{P}{S_e} = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0.707$$

YEKTABEHAN
Yekta Behineh Tavan Co.