

جایابی خازن در سیستمهای توزیع سه فاز با بارهای غیر خطی و نامتعادل

بهزاد میرزائیان سید مجتبی شیروانی بروجنی

دانشگاه اصفهان، دانشکده مهندسی، گروه برق-الکترونیک

Email: mirzaeian@eng.ui.ac.ir

واژه های کلیدی: بهینه سازی، جایابی خازن، می نیمم سازی تلفات، هارمونیک ها

چکیده:

طوریکه اندازه سیستم رشد می کند حل این مسئله به cpu گرانتی نیازمند بوده و تحقیقات بسیار جهت روش های حل سریع تر در نظر گرفته می شود. مطالعات اخیر روی این مسئله، ما را به سمت الگوریتم های حل، که برای فیدرهای توزیع متعادل تحت بارهای متعادل معتبرند، رهبری می کند [۱،۲]. سیستم های توزیع نامتعادل سه فاز، شامل فیدرهای بدون فاز هستند که به طور نامنظم بارگذاری شده و دارای خازن های موازی روی یک یا دو فاز می باشند و در مطالعات بعدی [۳-۵] آمده اند.

همان طوریکه وسایل و بارهای غیر خطی در سیستم های توزیع به مراتب مشاهده می شوند، توجه اصلی باید به جایابی خازن های موازی در چنین سیستم هایی داده شود. بارهای غیر خطی باعث افزایش احتمال اضافه ولتاژهای ناخواسته، که به وسیله رزونانس هارمونیک ایجاد می شود، خواهند شد. این مسئله در [۶] شناسایی و بحث شده است.

یک روش عملی، که از مسائل همگرایی و ادغام طبیعت گسسته بانک های خازنی، همراه با اختلالات ولتاژ ناشی از خازن های نصب شده دوری جسته، معرفی می شود. این روش تنها برای سیستم های متعادل استفاده می شود.

ما هم اکنون، متمایل به گسترش روش [۷] برای موارد عمومی عملکرد نامتعادل سه فاز، با در نظر گرفتن هزینه هارمونیک ها می باشیم. بنابراین مسئله تعمیم یافته جایابی خازن، نه تنها تلفات شبکه و هزینه خازن ها را در بر دارد بلکه هزینه اختلالات هارمونیک را دارا است. نتایج مقدماتی روی این فرمول بندی در [۸] نشان داده شده است. هم اکنون جزئیات فرمول بندی، کاربرد و نتایج تست روی سیستم توزیع ۳۴ باسه IEEE را نشان می دهیم.

در این مقاله مسئله انتخاب بهینه مکان و اندازه خازن های موازی در سیستم های توزیع مورد مطالعه قرار گرفته است. به طور مرسوم، روش های جایابی خازن های موازی که تاکنون ارائه شده است، می نیمم سازی تلفات توان و هزینه های خازنی را مورد هدف قرار می دهد. در حالی که هدف از روش جایابی خازن در این مقاله، نه تنها می نیمم کردن تلفات توان در راستای فیدرهای توزیع است، بلکه اطمینان از اینکه، خازن های نصب شده دارای می نیمم اثر ممکن روی اختلال هارمونیک ولتاژ باس در سیستم می باشند. یک تزریق جریان بر اساس مدل استفاده شده برای نمایش شبکه، در فرکانس های هارمونیک متنوع عمل می کند. علاوه بر آن، این یک حقیقت است، که سیستم های توزیع می توانند تحت شرایط بارگذاری نامتعادل قرار بگیرند، یعنی اینکه بهینه سازی برای هر سیستم نامتعادل، به حساب آورده خواهد شد. یک برنامه بهینه سازی که به صورت موفقیت آمیزی مسئله را حل می کند توسعه و تست گردیده است. نتایج به دست آمده از شبیه سازی یک سیستم تست توزیع، تحت شرایط عملکرد متنوع جهت اعتبار بخشیدن به روش حل پیشنهادی نشان داده شده است.

(۱) مقدمه:

خازنهای موازی به طور مرسوم در سیستم های توزیع به چند دلیل استفاده می شوند: (۱) به طور ویژه به منظور کاهش تلفات توان (۲) بهبود پروفایل ولتاژ در امتداد فیدرها (۳) افزایش ماکزیمم توان انتقالی از کابل و ترانسفورماتورها. به منظور تصمیم گیری روی مکان و اندازه این اتصالات خازنی یک برنامه نسبتاً پیچیده عددی باید حل شود. علاوه بر آن، حل مسئله باید همچنین تحت عملکرد متنوع و محدودیت های تجهیزاتی، ناشی از تغییرات ایجاد شده توسط خازن های اضافه شده باشد. همان

(۲) توصیف مسئله:

$$K_{PW} = \frac{K(n)}{(1+a)^{n-1}} \quad (3)$$

که a نرخ تخفیف فرض شده است.

۲,۱,۱ هزینه خازن ها، J_C : خازن ها به صورت واحد های گسسته از خازن و هزینه از پیش تعیین شده وارد می شوند. پس هزینه کلی خازن های نصب شده به صورت :

$$J_C = C_C \cdot U \quad (۴)$$

که C_C بردار هزینه واحدهای خازنی در هر باس ، با در نظر گرفتن هر دو هزینه متغیر و ثابت واحد خازنی نصب شده می باشد . U بردار واحد های خازنی قرار گرفته در هر باس است .

۲,۱,۲ هزینه تلفات ، J_L : هزینه تلفات توان در فرکانس اصلی می تواند به صورت زیر محاسبه شود (۵) :

$$J_L = \sum_{n=1}^{N_T} J_L^{(n)} = (P_G - P_D) T_f \sum_{n=1}^{N_T} \frac{C_{el}(1+\alpha_e)^{n-1}}{(1+a)^{n-1}}$$

که C_{el} هزینه تلف انرژی پریونیتی در فرکانس اصلی در سال اول است ، P_G بار کلی در (X, U) ، P_D کل بار ، T_f مدت زمان تلف ، (X, U) حل پخش بار مربوط به بردار خازنی نصب شده U ، α_e میزان تغییر در هزینه واحد انرژی و طول عمر سیستم توزیع می باشد .

۲,۱,۳ هزینه اختلالات ، J_H : این هزینه ها می تواند مجموع هزینه های عملکرد J_H^1 و هزینه های کهنگی J_H^2 ، با در نظر گرفتن اثرات ناشی از حضور هارمونیک ها فرض شود [۹] :

$$J_H = J_H^1 + J_H^2 \quad (۶)$$

هزینه های عملکرد ، به هزینه های تلفات ناشی شده از هارمونیک ها ارجاع داده می شوند و به صورت زیر بیان می شوند:

$$J_H^1 = P_H T_H \sum_{n=1}^{N_T} \frac{C_{el}(1+\alpha_e)^{n-1}}{(1+a)^{n-1}} \quad (۷)$$

که P_H کل تلفات اکتیو هارمونیک روی جزء مقاومتی سیستم توزیع می باشد و ناشی از جاری شدن جریان های هارمونیک در آنها است و T_H مدت زمان مربوطه می باشد .

هدف از روش نشان داده شده ، تعیین بهترین مکان و اندازه خازن های موازی برای هر فاز است ، به طوری که هزینه کلی خازن ها ، تلفات کلی توان شبکه و هزینه کلی اختلالات ولتاژ هارمونیک شبکه می نیمم شود. این هدف باید تحت معادلات پخش بار سه فاز شبکه در فرکانس اصلی و فرکانس های هارمونیک و با در نظر گرفتن حدود موجود روی دامنه های جریان و ولتاژ باس ، شاخص های هارمونیک و کل تعداد واحد های خازنی که نصب شده اند ، باشد.

بنابراین ، می توان مسئله بهینه سازی را به صورت زیر فرمول بندی نمود :

می نیمم کردن :

$$J(X, U) = J_C + J_L + J_H \quad (۱)$$

تحت شرایط:

- معادلات پخش توان سه فاز
- فرکانس های هارمونیک اصلی
- حد دامنه های جریان و ولتاژ
- حد شاخص های هارمونیک

که X بردار حالت سیستم است (دامنه ها و آرگومان های ولتاژ فاز) و U بردار واحد های خازنی قرار گرفته در هر باس است. به عبارت دیگر تابع هدف و لیست محدودیت ها در بخش های زیر تعریف شده است .

۲,۱ تابع هدف : J

تابع هدف ترکیبی از سه ترم است : ۱. هزینه خازن ها J_C ، ۲. هزینه تلفات J_L ارزیابی شده در فرکانس اصلی ۳. هزینه اختلالات هارمونیک J_H ارزیابی شده برای یک سطح بارگذاری معین برای سیستم . طبق تعریف ، این تابع هدف برای بارگذاری سیستم مفروض ، معتبر باقی می ماند. اگر تغییرات بار عمده ای در طول عملکرد روزانه وجود داشته باشد ، مسئله بهینه سازی برای هر سطح بارگذاری باید حل شود . این نیازمند نصب خازن های سوئیچینگ خواهد بود ، به طوری که خازن ها می توانند برای هر سطح بارگذاری پیکربندی شوند. ناچاراً یک تابع هدف مرکب ، شامل مجموع ترم های هزینه ، برای همه سطوح بارگذاری می تواند استفاده شود. حل این مسئله یک مجموعه ای از خازن های ثابت فراهم نموده و مسئله را برای همه سطوح بارگذاری مورد نظر ، بهینه خواهد کرد . در این مقاله ، همه نتایج شبیه سازی و بحث روی الگوریتم پیشنهادی براساس یک فرضیه بارگذاری تک سطحی می باشد . به هر حال ، الگوریتم نشان داده شده می تواند ، در صورت نیاز به آسانی جهت عملکرد های بارگذاری چند سطحی به کار رود . علاوه بر آن ، هزینه تلفات در فرکانس اصلی و هزینه اختلالات هارمونیک ، با به شمار آوردن نه تنها هزینه های کنونی ، بلکه هزینه های کهنگی در آینده براساس تخمین طول عمر سیستم ، در نظر گرفته می شود .

هزینه های (n) در سال n ام می تواند توسط رابطه زیر به دست آید :

$$K(n) = K(1+\alpha)^{n-1} \quad (۲)$$

که K_1 هزینه سال اول و α نرخ موثر تغییر فرض شده برای هزینه است.

مقدار کنونی K_{PW} برای هزینه $K(n)$ برای سال n ام به صورت فوق محاسبه می شود :

در این بخش، هزینه های کهنگی به هزینه های ناشی از کهنگی M جزء توزیع (مانند کابل، ترانسفورماتورها...) در حضور هارمونیک هاباز می گردد و توسط رابطه زیر بیان می شوند:

$$J_H^2 = \sum_{j=1}^M C_{ns,j} \quad (8)$$

که C_{nsj} کل هزینه های سرمایه گذاری برای خرید ژامین جز، در طول عمر سیستم است. برای هر جزء J ام، مقدار $C_{ns,j}$ توسط رابطه زیر به دست می آید:

$$C_{nsj} = \sum_{i=1}^{n_{nsj}} C_{ns,j}^{PW}(i) \quad (9)$$

که $C_{ns,j}^{PW}(i)$ میزان ارزش کنونی برای i امین خرید از جزء J ام در محدوده طول عمر سیستم است و $n_{ns,j}$ تعداد دفعاتی است که آن جزء خریداری شده است. برای نمایش میزان ارزش کنونی یک رابطه شبیه رابطه (۳) می توان استفاده نمود. مقدار C_{nsj} در ارتباط با $L_{ns,j}$ است، که طول عمر مفید جزء J ام سیستم می باشد. در حقیقت، یک مرتبه مقدار $L_{ns,j}$ تخمین زده می شود. مدل طول عمر اجزای مجزای سیستم، در شرایط عملکرد مختل شده [۱۰،۱۱] را به صورت زیر در نظر بگیرید:

(۱۰)

$$L_{ns,j} = L'_{0,j} K_{p,j}^{-n_{p,j}} \exp(-B_j C_{\theta,j})$$

$$K_{p,j} = V_{p,j} / V_p^*$$

$$C_{\theta,j} = 1/\theta_{0,j} - 1/\theta_j$$

در رابطه (۱۰)، $L_{0,j}$ طول عمر J امین جزء در ولتاژ سینوسی نامی و دمای مرجع می باشد، $n_{p,j}$ یک ضریب مربوط به اثر پیک شکل موج ولتاژ مختل شده، روی طول عمر، آن جزء می باشد و یک پارامتر، از ماده عایق است که به صورت آزمایشی تعیین می شود.

B_j متناسب با انرژی فعال سازی واکنش تحقیر گرمایی است. $C_{\theta,j}$ فشار گرمایی متناسب، θ_j دمای مطلق، $\theta_{0,j}$ دمای مرجع، $V_{p,j}$ مقداریک ولتاژ مختل شده و V_p^* مقدار پیک نامی ولتاژ اصلی ($K_{p,j} = 1$) در ولتاژ سینوسی نامی و برای $\theta_{0,j} = \theta_j$ ، $L_{0,j}$ برابر با طول عمر نامی ($L_{s,j}$) می باشد.

جزئیات روش، جهت تعیین مقادیر همه پارامترهای رابطه (۱۰) در [۱۰،۱۱] بیان شده است.

۲،۲ محدودیت ها:

هر حلی، باید معادلات متقارن توان سه فاز را، در فرکانس اصلی برآورده سازد. بنابراین، یک حل پخش بار سه فاز کامل، باید جهت اصلاح این محدودیت اجرا شود. این راه حل، جهت چک کردن نقض محدودیت ها در فرکانس اصلی، روی ولتاژهای باس و جریان های خط نیز استفاده خواهد شد. اثر هرواحد خازنی روی اختلالات ولتاژ باس باید چک گردد. این مسئله، توسط تحلیل هارمونیکی سه فاز خطی، که همه بارهای غیرخطی به وسیله تزریق جریان های هارمونیکی نشان داده می شوند، انجام خواهد پذیرفت. جزئیات این محاسبات در بخش های بعدی بحث شده است.

۳ روش حل مسئله جایابی:

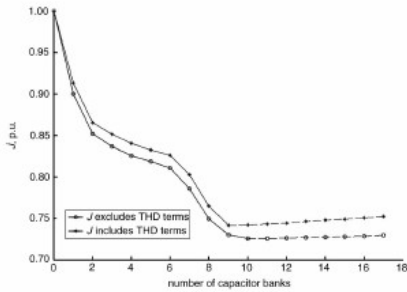
مسئله بهینه سازی توصیف شده بالا، با استفاده از یک روش موثر ساده حل شده است، که به طور موفقیت آمیزی در حل مسئله تک فاز در [۷] به کار گرفته شده است. ایده اصلی روش پیشنهادی، بر اساس جایابی تریبی واحد های خازنی گسسته، که به صورت صعودی چیده شده اند، می باشد. مفروض است که در هر فاز از هر باس، یک خازن گسسته افزایشی می تواند در هر مرحله بهینه سازی قرار داده شود. (یک بانک خازنی سه فاز، در مواردی که باس سه فاز است و در بقیه موارد بانک خازنی تک فاز). در صورتی که، تجهیزات خازنی برای هر باس وجود نداشته باشد، آنگاه این شرایط به آسانی، توسط حذف باس مربوطه از لیست باس ها، به اجرا درمی آید. علاوه بر آن، اگر باس های مختلف دارای اندازه های مختلف از خازن های واحد باشند، جایابی خازن های واحد می تواند، برای هر باس به صورت مناسب اصلاح شود.

در هر مرحله از روش بهینه سازی، حل پخش بار سه فاز در کنار هارمونیک های ولتاژ باس، مربوط به افزایش صعودی خازن های واحد در هر باس ممکن، باید محاسبه گردد. توجه کنید که، هدف از این محاسبات به دست آوردن و مقایسه مقادیر تابع هدف، برای همه تجهیزات افزایشی ممکن و انتخاب یکی از ساختارها که تابع هدف را بیشتر کاهش می دهد. باید توجه شود که، به منظور مقایسه اثرات نصب خازن واحد در باس های مختلف روی تابع هدف، می توان از حل پخش بار سه فاز تقریبی استفاده نمود. یک مرتبه، یک کاندیدا انتخاب می شود، سپس یک حل دقیق می تواند صرفاً برای ترکیب انتخابی به دست آید. حل سریع ولی تقریبی پخش بار سه فاز، در ابتدا استفاده می گردد. یک تحلیل هارمونیکی خطی سه فاز، برای محاسبه اختلالات انجام می شود. این ها در بخش های زیر به صورت کامل توضیح داده می شوند.

۳،۱ جدیدسازی سریع پخش بار سه فاز:

حل پخش بار سه فاز، هر زمانی که یک خازن واحد، به طور افزایشی به یک باس سیستم اضافه شده است، موثر می گردد. این تغییر صعودی، می تواند توسط توصیف حل پخش بار با تقریب مرتبه اول محاسبه گردد. معادلات پخش بار سه فاز را به صورت:

$$f(X, U) = 0 \quad (11)$$



شکل (۲): تغییرات تابع هدف در مقابل تعداد خازن

H order	Fluorescent		ASD		Other	
	Mag.	Phase	Mag.	Phase	Mag.	Phase
1	1	-41.2	1	-1.5	1	-35.0
2	0	0	0	0	0	0
3	0.08	273.4	0.2168	0.7	0.0028	-105.8
4	0	0	0	0	0.038	-167.4
5	0.0428	339.0	0.00608	110.8	0.0008	-275.5
6	0	0	0	0	0.0332	-42.6
7	0.0084	137.7	0.0276	151.9	0	0
8	0	0	0	0	0.002	-275.5
9	0.0056	263.2	0.0172	-95.0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
11	0.0036	39.8	0.0144	-13.9	0	0
12	0	0	0	0	0	0
13	0.0024	182.4	0.0116	95.2	0	0
14	0	0	0	0	0	0
15	0.002	287.0	0.01	-182.7	0	0

۴,۲ مورد (۲):

در این بخش تاثیر استفاده از حدهای نرم بر روی خروجی مسئله بهینه سازی مطرح می گردد. اغلب محدودیت ها، بر اساس تجربه کاربر به کار می رود و ممکن است به حدود درست انعکاس داده نشود. تست حساسیت مسئله بهینه سازی جهت

انتخاب این حدود، از جمله کارهایی است که می تواند عملکرد الگوریتم را بهبود بخشد.

Case ۱ مجدداً در نظر گرفته شده و حدود به صورت نرم تری استفاده شده اند (۱۱۰٪ برای ولتاژ در فرکانس اصلی و ۵٪ برای هارمونیک های ولتاژ و ۸٪ برای کل اختلالات هارمونیک). این مقادیر به منظور مشاهده اهمیت آنها روی خروجی فرآیند بهینه سازی انتخاب شده اند. مکان و اندازه خازن ها که می نیمم تابع هدف را در حدود نرم بدست می آورند، در جدول (۳) و case ۲ لیست شده اند.

ستون های مربوط به case ۲ در جدول (۳)، نشان دهنده آن است که صرف نظر از هزینه های هارمونیک، تعداد بانک خازنی مورد نیاز نسبت به case ۱ کمتر می باشد. علاوه بر آن استفاده از حدود نرم باعث حل بهتر الگوریتم خواهد شد.

۴,۳ مورد (۳):

هدف از این بخش، نمایش مزایای استفاده از برنامه گسترش داده شده، به روی شرایط عملکرد متقارن است. در غیاب برنامه جایابی خازن سه فاز، یک راه حل تقریبی استفاده از یک برنامه تکفاز برای سیستم های متقارن می باشد. یعنی همه بارها و خطوط غیرمتقارن، با اجزای متقارن جایگزین شوند و بنابراین روش حل تغییر می کند. این روش به محاسبه خطای تقریب استفاده شده نیز می پردازد.

در این بخش، نتایج جایابی خازن موجود در case ۱، با حالت کاملاً متقارن در سیستم مشابه مقایسه می شود. بنابراین روش case ۳ برای سیستم های متقارن که به وسیله تقریبی از سیستم های نامتقارن در case ۱ بدست می آیند به کار گرفته می شود. این روش با متعادل کردن همه خطوط انجام می شود (همه خطوط و بارها، سه فاز متقارن فرض شده اند). مکان و اندازه بانک های خازنی (کلاً ۱۵۰ کیلووار) که می نیمم تابع هدف را برای حالت کاملاً متقارن به دنبال دارند، در case ۳ جدول ۳ لیست شده اند.

۵) نتیجه گیری:

در این مقاله یک الگوریتم که خازن های موازی را در سیستم های توزیع نامتقارن سه فاز با منابع هارمونیک قرار می دهد

جدول (۲): مکان و ترکیب بارهای هارمونیک

Bus no.	Harmonic load composition					
830	15%	fiourescent	20%	ASD	15%	other
832	30%	fiourescent	0%	ASD	60%	other
840	20%	fiourescent	20%	ASD	20%	other
844	15%	fiourescent	20%	ASD	15%	other
848	0%	fiourescent	0%	ASD	60%	other
860	10%	fiourescent	10%	ASD	20%	other

۴,۱ مورد (۱):

در این بخش لزوم در نظر گرفتن هزینه های هارمونیک، هنگام جایابی خازن ها در یک سیستم توزیع نشان داده شده است. مسئله بهینه سازی، در دو حالت (۱) همراه با هزینه های هارمونیک، (۲) بدون در نظر گرفتن هزینه های هارمونیک تابع هدف، حل می شود. در محاسبه هزینه های هارمونیک، تنها هزینه کابل ها در نظر گرفته می شود که بیانگر این حقیقت است که تنها اجزایی که بیشترین حساسیت را به هارمونیک ها دارند، کابل ها می باشند.

مکان و اندازه خازن ها می که می نیمم تابع هدف را حاصل می کنند، در هر دو حالت هزینه های هارمونیک، در جدول (۳) لیست شده است. در حالی که جایابی خازن ها در باس های ۸۱۲ و ۸۱۶ و ۸۳۶ و ۸۴۸ و ۸۲۰ و ۸۵۴ و ۸۲۲ و ۸۵۶ مشابه یکدیگر است، ولی راه حل باس شماره ۸۴۴ متفاوت است. با صرف نظر از هزینه های هارمونیک، دو بانک خازنی واحد در باس بار سه فاز ۸۴۴ قرار داده شده است در حالی که، بقیه باس های مشابه شامل فقط یک بانک خازنی هستند.

شکل (۲) تغییرات دو تابع هدف، یکی با در نظر گرفتن هزینه های هارمونیک و دیگری بدون در نظر گرفتن هزینه های هارمونیک، را به عنوان تابعی از افزایش بانک خازنی نشان می دهد. به منظور تسهیل در مقایسه، تابع هدف نرمالیزه شده است. در شکل (۲) خطوط ممتد نشان دهنده تغییرات تابع هدف J تازمانی که حل بهینه بدست آید می باشد و خط تیره ها نشان دهنده چگونگی تغییرات J هستند.



ارائه شده است. روش مفروض هزینه های خازنی و هزینه های انرژی در کنار هزینه های ناشی از هارمونیک های ولتاژ را به شمار می آورد. روش پیشنهادی ساده ولی در عین حال کاملاً موثر در بدست آوردن خازنهای بهینه است. نتایج شبیه سازی، روش های جایابی خازن که بر اساس تقریبی از یک سیستم نامتعادل به وسیله مدار معادل توالی مثبت است، را نشان می دهند.

جدول (۳): نتایج جایابی خازن ها



Bus code	Phase code	Case 1		Case 2		Case 3	
		Without harmonic cost, kVar	With harmonic code, kVar	Without harmonic code, kVar	With harmonic code, kVar	Without harmonic code, kVar	With harmonic code, kVar
842	1				1 × 50		
	2				1 × 50		
	3				1 × 50		
812	1	1 × 50	1 × 50				
	2	1 × 50	1 × 50				
	3	1 × 50	1 × 50				
814	1						2 × 50
	2						2 × 50
	3						2 × 50
816	1	1 × 50	1 × 50		1 × 50	1 × 50	1 × 50
	2	1 × 50	1 × 50		1 × 50	1 × 50	1 × 50
	3	1 × 50	1 × 50		1 × 50	1 × 50	1 × 50
820	1	1 × 50	1 × 50				
	2						
	3						
822	1	1 × 50	1 × 50		1 × 50		
	2						
	3						
824	1			1 × 50			1 × 50
	2			1 × 50			1 × 50
	3			1 × 50			1 × 50
832	1			1 × 50	1 × 50	2 × 50	1 × 50
	2			1 × 50	1 × 50	2 × 50	1 × 50
	3			1 × 50	1 × 50	2 × 50	1 × 50
834	1			1 × 50		1 × 50	1 × 50
	2			1 × 50		1 × 50	1 × 50
	3			1 × 50		1 × 50	1 × 50
836	1	1 × 50	1 × 50	1 × 50	1 × 50	1 × 50	1 × 50
	2	1 × 50	1 × 50	1 × 50	1 × 50	1 × 50	1 × 50
	3	1 × 50	1 × 50	1 × 50	1 × 50	1 × 50	1 × 50
844	1	2 × 50	1 × 50	1 × 50	1 × 50	1 × 50	1 × 50
	2	2 × 50	1 × 50	1 × 50	1 × 50	1 × 50	1 × 50
	3	2 × 50	1 × 50	1 × 50	1 × 50	1 × 50	1 × 50
846	1			1 × 50	1 × 50	1 × 50	1 × 50
	2			1 × 50	1 × 50	1 × 50	1 × 50
	3			1 × 50	1 × 50	1 × 50	1 × 50
848	1	1 × 50	1 × 50				
	2	1 × 50	1 × 50				
	3	1 × 50	1 × 50				
850	1					1 × 50	
	2					1 × 50	
	3					1 × 50	
854	1	1 × 50	1 × 50				
	2	1 × 50	1 × 50				
	3	1 × 50	1 × 50				
856	1						
	2	1 × 50	1 × 50				
	3						
Value of the objective function pu		0.726	0.742	0.720	0.728	0.703	0.704

۶) مراجع

- 1 Baran, M., and Wu, F.F.: 'Optimal capacitor placement on radial distribution systems', *IEEE Trans Power Deliv.*, 1989, 4, (1), pp. 725-734
- 2 Grainger, J. J., and Lee, S. H.: 'Optimum size and location of shunt capacitors for reduction of losses on distribution feeders', *IEEE Trans Power Appar. Syst.*, 1981, 100, pp. 1105-1118
- 3 Chiang, H-D., Wang, J-C., Tong, J., and Darling, G.: 'Optimal capacitor placement, replacement and control in large-scale unbalanced distribution systems: system modeling and a new formulation', *IEEE Trans Power Syst.*, 1995, 10, (1), pp. 356-362
- 4 Chen, C.S., Hsu, C.T., and Yan, Y.H.: 'Optimal distribution feeder capacitor placement considering mutual coupling effect of conductors', *IEEE Trans Power Deliv.*, 1995, 10, (2), pp. 987-994
- 5 Miu, K.N., Chiang, H-D., and Darling, G.: 'Capacitor placement, replacement and control in large-scale distribution systems by a GA-based two-stage algorithm', *IEEE Trans. Power Syst.*, 1997, 12, (3), pp. 1160-1166
- 7 Gou, B., and Abur, A.: 'Optimal capacitor placement for improving power quality'. Proc. IEEE/PES Summer Meeting, Edmonton, Canada, 18-22 July 1999, (Paper SM 011)
- 8 Varilone, P., Carpinelli, G., and Abur, A.: 'Capacitor placement in unbalanced power systems'. Proc. 14th Power System Computations Conf., Seville, Spain, 22-28 June 2002
- 9 Caramia, P., Carpinelli, G., Di Vito, E., Losi, A., and Verde, P.: 'Probabilistic evaluation of the economical damage due to the harmonic losses in industrial energy systems', *IEEE Trans. Power Deliv.*, 1996, 11, (2), pp. 1021-1031
- 10 Caramia, P., Carpinelli, G., Cavallini, A., Mazzanti, G., Montanari, G.C., and Verde, P.: 'An approach to life estimation of electrical plant components in the presence of harmonic distortion'. Proc. IEEE/PES Int. Conf. on Harmonics and Quality of Power, Orlando, FL, October 2000, pp. 887-891
- 11 Montanari, G.C., and Pattini, G.: 'Thermal endurance of insulating materials', *IEEE Trans. Electr. Insul.*, 1986, 21, (1), pp. 66-75
- 12 Bonner, A., Goebe, T., Gunther, E., Hopkins, L., Marz, M., Mahseredjian, J. et al.: 'Modeling and simulation of the propagation of harmonics in electric power networks-Part I: concepts, models and simulation techniques', *IEEE Trans. Power Deliv.*, 1996, 11, (1), pp. 452-465
- 13 Task Force on Harmonics Modeling and Simulation: 'Modeling and simulation of the propagation of harmonics in electric power networks-Part II: sample systems and examples', *IEEE Trans. Power Deliv.*, 1996, 11, (1), pp. 466-474
- 14 Kersting, W.H.: 'Radial distribution test feeders', *IEEE Trans. Power Syst.*, 1991, 6, (3), pp. 975-982
- 15 The Okonite Company: 'Product data', Section 2, Sheet 40, www.okonite.com, accessed March 2004

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.