تعیین ضریب قدرت اقتصادی براساس خازن گذاری درشبکه توزیع

پیروز برخوردار علیرضاالهبخشی سیدنصرت اللههاشمی

شرکت سهامی خدمات مهندسی برق

(مشانیر)

چکیـــده

دراین مقاله بهمعرفی روشی عملی برای تعیین ضریب قدرت اقتصادی یك شبکه پرداختـــه میشود ۰ دراین روش هدف کاهش تلفات شبکه بااستفاده ازخازن گذاری درشبکهتوزیع و درنتیجـه افزایش ضریب قدرت شبکه تاحدی است که صرفهجوییهای اقتصادی ناشی ازکاهش تلفات شبکـه بیشتر و یابرابرباهزینههای مربوط بهنصب خازن هادرشبکه توزیع باشد۰ دراین رابطه ازنتایـج محاسبات پخش بار برای تعیین مناسبترین نقاط درشبکه توزیع برای نصب بانکهای خازنی وبرآورد ظرفیت خازنهای موردنیاز وهمچنین تشخیص ضریب قدرت اقتصادی شبکه استفاده شده و به لحاظ نیاز به تکرار این محاسبات برنامهکامپیوتری جدیدی برای بکارگیری برنامه پخش بار و تجزیـهو تحلیل نتایج حاصله و استفاده از آن درمحاسبات بعدی تهیهگردیدهاست ۰ طی این مقاله الگوریتم مورد استفاده دربرنامه کامپیوتری مذکور ونتایج حاصل ازاجرای آن برای تشخیص محل و مقدار بانـك های خازنی مورد نیاز درشبکه توزیع و تعیین ضریب قدرت اقتصادی یك شبکه برق نمونه ارائه شده است ۰

۱ـ مقـــدمـــه

علاوه بر ضریب قدرت بار ، شبکههای الکتریکی بسته به مشخصات بار و اجزاء تشکیل دهنـــده آن یعنی منابع تولید وشبکههای انتقال ، فوق توزیع و توزیع درمطالعات برنامهریزی و سیستـــم

دارای ضریب قدرت بخصوصی برای تولید و براساس کل قدرت اکتیو و راکتیو تولیدی نیروگاهها میگردند ۰ نصب خازن های موازی درشبکه ، ضریب قدرت باررابصورت مجازی و ضریب قدرت تولید رابصورت واقعی افزایش داده و مزایای متعددی رابهمراه دارد که کاهش تلفات شبکه و درنتیجه افزایش توان اکتیو قابل تحویل به مصرف کننده‌ها و همچنین افزایش سطح ولتاژهاازمهمترین آنهاست ۰[۱]

ازطرفی خازن گذاری خود هزینه‌هایی رادربردارد که قیمت بانك‌های خازنی و تجهیزات مورد نیاز و هزینه‌های نصب ازجمله آنها میباشد ۰ لذاافزایش ضریب قدرت تاحدی مطلوب است که مزایای اقتصادی ناشی ازآن بیشتر ویا حداقل برابر باهزینه‌های صرف شده‌دراین راه باشد ۰ به چنین حدی " ضریب قدرت اقتصادی " شبکه گفته میشود ۰ [۲]

بطورمعمول ازضریب قدرت اقتصادی برای تعیین مقدار کل خازن های مورد نیاز درشبکه استفاده شده وبدین لحاظ ازاین واژه بعنوان حدافزایش ضریب قدرت مجازی بار استفاده میگردد ۰ لیکن چنین روشی برای برآورد ظرفیت کل خازن های‌مورد نیاز این ابهام رادربردارد که چگونگی توزیع خازن ها درشبکه ازنقطه نظرمحل و میزان مشخص نبوده و ازاین رو باموضوع خازن گذاری درهرپست بصورت موردی برخورد میشود ۰

برای رفع این ابهام دراین مقاله به معرفی روشی عملی پرداخته میشود که خود مناسب ترین نقاط شبکه برای نصب خازن ها را همراه بامقادیر موردنیاز باهدف کاهش تلفات تعیین کرده و درنهایت الگوی مناسبی را برای خازن گذاری دراختیار برنامه‌ریز و تحلیل گر سیستم قرارمید هد ۰ بدین ترتیب بامشخص شدن محل و مقدار نصب خازن ها دیگر نیازی به استفاده ازضریب قدرت اقتصادی برای تعیین مقدار کل خازن های موردنیاز نبوده وازاینرو دراین مقاله ازواژه " ضریب قدرت اقتصادی " بامفهوم حد ضریب قدرت تولید برای بررسی وضعیت پایداری سیستم پس ازخازن گذاری استفاده‌شده‌است ۰ دراین روش ازفرضیاتی استفاده شده که درابتدا به تشریح آنها پرداخته میشود ۰ سپس روش محاسبه و الگوریتم مورداستفاده‌براساس فرضیات مذکور وبرنامه کامپیوتری تهیه شده برای انجام خودکار محاسبات موردنیاز وطی تمامی مراحل برای کسب نتایج نهایی مطرح میگردد ۰ درانتها نیز نتایج حاصل ازاجرای این برنامه برای یك شبکه نمونه که ازروی شبکه موجود یکی ازپروژه‌های مشانیر گرفته شده‌است ارائه شده و صحت عمل روش پیشنهادی مورد مطالعه قرار میگیرد ۰

۲ـ فرضیـــات

درتعیین مقدارو مناسبترین محل برای نصب خازن‌های موازی و تعیین ضریب قدرت اقتصادی شبکه فرضیات زیر مورد استفاده قرارگرفته‌است ۰

۲ـ۱ باوجودآنکه هرچه محل نصب خازنهابه‌محل تمرکز بار نزدیکترباشد اثرات مثبت آن درجهت کاهش تلفات ، بهبود بازده تولید و افزایش سطح ولتاژها بیشتراست لیکن باتوجه به پروژه استاندارد طرح پستهای ۶۳/۲۰ و ۱۳۲/۲۰ کیلوولت ، مناسبترین محل نصب خازن های موازی درشبکه توزیع برروی شینه ۲۰ کیلوولت پستهای مذکور بوده وازاینرو تنها لازم است که مقدار ظرفیت خازن‌های موردنیاز درهرپست و مناسبترین پستها برای نصب آنها تعیین گردد۰ [۳]

۲ـ۲ واحدبانک‌های خازنی مورداستفاده ۲/۴ مگاوار انتخاب شده‌است [۳]۰

۲ـ۳ عامل ومتغیراساسی درتعیین محل نصب خازن هاودرنتیجه تعیین ضریب قدرت‌اقتصادی ، کاهش تلفات شبکه درنظرگرفته‌شده‌است چون کاهش تلفات خودناشی ازکاهش جریان ها ، افزایش سطح ولتاژهاودرنتیجه بهبود وضعیت سیستم است ۰

۲ـ۴ برای محاسبه ارزش فعلی صرفه‌جویی های اقتصادی ناشی ازکاهش تلفات ازرابطه زیر استفاده شده‌است ۰[۴]

$$C_{PLT} = C_{PL} + C_{EL}$$

درحالیکه

$$C_{PL} = P_L \times \frac{1}{0.7}\,(618 \times 600 \times 10^{-3} + 26.5)$$

$$C_{EL} = P_L \times 10^{3} \times 8760 \times 0.4 \times 4 \times 0.414 \times 30$$

C_{PLT} = کل صرفه‌جویی‌های اقتصادی ناشی ازکاهش تلفات (برحسب میلیون ریال)

C_{PL} = صرفه‌جویی های اقتصادی ناشی ازعدم‌نیازبه‌سرمایه‌گذاری‌برای‌نصب نیروگاههای جدید (برحسب میلیون ریال)

C_{EL} = صرفه‌جویی‌های‌اقتصادی‌ناشی‌ازعدم‌نیازبه‌صرف‌هزینه‌های‌تولیدانرژی (برحسب‌میلیون‌ریال)

مقدارکاهش تلفات شبکه (برحسب مگاوات)	=	P_L
ضریب ذخیره قدرت به‌میزان ۳۰ درصد	=	$\frac{1}{0.7}$
هزینه‌سرمایه‌گذاری ارزی‌برای‌نصب‌یك‌مگاوات‌نیروگاه‌بخاری (برحسب‌هزاردلار)	=	618
هزینه‌سرمایه‌گذاری‌ریالی‌برای‌نصب‌یك‌مگاوات‌نیروگاه‌بخاری (برحسب‌میلیون‌ریال)	=	26.5
نرخ برابری یك دلار باریال	=	600
تعداد ساعات یك سال	=	8760
ضریب اعمال شده‌بعنوان میانگین حداکثر وحداقل بار	=	0.4
هزینه تولید یك کیلووات ساعت انرژی (برحسب ریال)	=	4
ضریب ارزش فعلی سرمایه بانرخ سود ۷٪ در ۳۰ سال	=	0.414
عمرمفید نیروگاههای بخاری وبانك‌های خازنی (برحسب سال)	=	30

۲ـ۵ برای محاسبه هزینه‌های ناشی ازنصب بانکهای خازنی نیز رابطه زیر مورداستفاده قرارگرفته است ۰ [۴]

$$C_{CT} = N \times 2.4 \ (6 \times 600 \times 10^{-3} + 0.06 + 0.1)$$

درحالیکه

هزینه کل نصب و راه‌اندازی بانك‌های خازنی	=	C_{CT}
تعداد بانك‌های خازنی	=	N
ظرفیت هربانك خازنی (برحسب مگاوار)	=	2.4
هزینه‌ارزی هرمگاوارخازن (برحسب هزاردلار)	=	6
هزینه‌ریالی تجهیزات موردنیاز برای هرمگاوارخازن (برحسب‌میلیون‌ریال)	=	0.06
هزینه ریالی نصب هرمگاورابانك خازنی وتجهیزات‌مربوطه (برحسب‌میلیون‌ریال)	=	0.1
نرخ‌برابری یك دلار باریال	=	600

۳ـ روش محاسبه

روشی که دراینجا معرفی میشود مبتنی براستفاده متوالی ازبرنامه کامپیوتری پخش بار برای تعیین میزان کاهش تلفات درهرمرحله ازخازن گذاری درشبکه‌توزیع وبکارگیری و مقایسه نتیجه آن درمراحل خازن گذاری بعدی بمنظورانتخاب مناسبترین پست برای نصب خازنها است ۰ باتوجه

به‌نیاز به تکرار این محاسبات و زمان بربودن انجام مراحل فوق ، دوبرنامه یانرم‌افزار زیر موردنیاز هستند.

۳ـ۱ برنامه پخش بار ی که قابلیت اجرای متوالی و خودکار راداشته‌باشد.

۳ـ۲ برنامه‌ای که بجای برنامه‌ریز وتحلیل گرسیستم عمل کرده وبااستفاده ازنتایج اجرای هربار برنامه پخش بار تغییرات لازم رادرشبکه برای اجراهای بعدی تاکسب نتیجه نهایی بدهد.

نیازاول به‌کمك برنامه پخش بارجدیدی که بتازگی برروی کامپیوترهای شرکت مشانیر نصب شده و قابلیت اجرای محاوره‌ای (Interactive Mode) وخودکار (Batch Mode) رادارا است تامین گردیده‌است . لیکن برنامه‌دوم میبایست تولید گردد. بدین منظور برنامه‌جدیدی به زبان (C) وبرای انجام مراحل زیرنوشته‌شده‌است .

۳ـ۲ـ۱ دریافت مشخصات فایل حاوی مدل شبیه‌سازی شده‌ازروی وضعیت موجود شبکه وشماره‌باس بارهایی که‌خازن گذاری برروی آنها بایستی موردمطالعه قرارگیرد همراه باحداکثر ظرفیت مجاز برای خازن گذاری درهرپست .

۳ـ۲ـ۲ اجرای برنامه پخش باربااستفاده ازفایل حاوی مدل شبیه‌سازی شده‌ازروی وضعیت موجود شبکه موردمطالعه وتشخیص شینه‌هایی که‌قبلا " برروی آنها خازن گذاری شده‌باتعیین ظرفیت خازن‌ها همراه‌باتعیین تلفات شبکه درشرایط اولیه.

۳ـ۲ـ۳ بررسی اثرات ناشی ازگذاشتن یك بانك خازنی درهریك ازپستهای موردنظردرارتباط باکاهش تلفات شبکه وانتخاب حساس ترین شینه بعنوان‌مناسب‌ترین باس بار برای خازن گذاری.

۳ـ۲ـ۴ مقایسه صرفه‌جویی‌های اقتصادی ناشی ازخازن گذاری درمناسبترین باس باربا‌هزینه‌های هر بانك خازنی و واردکردن بانك خازنی مذکور درفایل شبکه موردمطالعه درصورت وجود صرفه اقتصادی وظرفیت مجاز .

۳ـ۲ـ۵ تکرارعملیات بالا باشرایط اولیه جدید تازمانی که خازن گذاری درهیچیك ازپستهای موردنظر مقرون بصرفه‌نباشد و تعیین ضریب قدرت اقتصادی شبکه براساس وضعیت نهایی سیستم.

۳ـ۲ـ۶ تهیه گزارش مشروحی ازکلیه محاسبات و نتیجه‌گیریهای انجام شده‌درهرمرحله‌همراه‌باخلاصه گزارشی ازخازن‌های موردنیازبرروی هرباس بار، ضریب قدرت اقتصادی شبکه و مقایسه‌وضعیت ابتدایی و نهایی سیستم.

۴ـ نتایج محاسبه

براساس روش مزبور و برنامه تهیه‌شده ،مدل شبکه نمونه‌ای ازروی شبکه موجود یکی ازپروژه‌های

شرکت مشانیر شبیه‌سازی گردیده و چگونگی خازن گذاری برروی شبکه توزیع درحداکثر بار و تعیین ضریب قدرت اقتصادی آن درحالت‌های زیر موردمطالعه قرارگرفته‌است ۰

(مشخصات شبکه مذکور درجدول شماره ۱ خلاصه‌شده‌است)

۴ـ۱ حالت اول : درحالت اول شبکه باخازن‌های موجود آن درنظرگرفته‌شده‌وخازن‌گذاری درکلیه شینه‌های ۲۰ کیلوولت (بغیرازباس‌بارهای مجاور نیروگاه‌ها) بامحدودیت نصب حداکثر ۹/۶ مگاوارخازن درهرپست بعهده برنامه کامپیوتری گذاشته‌شده‌است ۰ نتایج حاصل دراین حالت بشرح زیرمیباشد۰

۴ـ۱ـ۱ جدول شماره ۲ نتایج برنامه‌های پخش باررادررابطه باولتاژهای خارج ازحدمجاز دراین حالت، قبل وبعدازخازن گذاری توسط برنامه تهیه شده نشان میدهد ۰ درجدول مذکور مشاهده میگردد که قبل از خازن گذاری ولتاژ ۱۵ شینه خارج ازحد مجاز (۰/۹۵ تا ۱/۰۵ برمبنای واحد) بوده لیکن این تعداد بعدازخازن گذاری به ۳ شینه کاهش یافته که ولتاژ آنها نیز به محدوده قابل قبول نزدیك است ۰

۴ـ۱ـ۲ جدول شماره ۴ خلاصه نتایج خازن گذاری و مقادیر بانك‌های خازنی دراین حالت رانشان میدهد ۰ همانگونه که مشاهده میگردد برنامه ازمیان ۳۹ پست معرفی شده برای خازن گذاری ۱۵ پست رامناسب تشخیص داده وبانصب بانك‌های خازنی انتخاب شده تلفات شبکه‌رااز ۳۶/۱۰ به ۳۲/۲۶ مگاوات کاهش داده و ضریب قدرت اقتصادی تولید را ۹۸/۹۹ درصد تعیین کرده‌است ۰

کل ظرفیت‌خازن‌های مورد نیاز دراین حالت ۱۹۴/۴۰ مگاوار بوده که ۹۱/۲۰ مگاوار آن ازقبل درشبکه وجودداشته و ۱۰۳/۲۰ مگاوار توسط برنامه تعیین ودرنقاط مناسب نصب گردیده‌است ۰

۴ـ۲ حالت دوم : دراین حالت شبکه نمونه بدون هیچگونه خازنی‌د رنظرگرفته‌شده (خازن های موجود شبکه برداشته‌شده‌است) و سایر شرایط مشابه حالت اول است ۰ نتایج کسب شده‌دراین حالت بشرح زیرمیباشد۰

۴ـ۲ـ۱ جدول شماره ۳ نتایج برنامه‌های پخش باررابرای ولتاژهای خارج ازحدمجاز دراین حالت ، قبل وبعدازخازن گذاری نشان میدهد ۰ دراین جدول مشاهده میشود که قبل ازخازن گذاری ولتاژ ۱۷ شینه خارج ازحد مجازبوده لیکن این تعداد بعدازخازن گذاری به ۳ شینه تقلیل یافته که

ولتاژ آنهانیزبه‌محدوده‌مجازنزدیک‌است ۰

۴-۲-۲ جدول شماره۵ نیز محل و مقدار بانک‌های خازنی انتخاب شده‌دراین حالت رانشـــــان داده‌و مشاهده میشود که برنامه ازمیان ۳۹ پست معرفی شده۲۱ پست رابرای خازن گذاری مناســـب تشخیص داده‌است ۰ باوجود این خازن‌ها تلفات شبکه از ۴۲/۱۷ به ۳۲/۳۲ مگاوات یعنـــــی ۹/۸۵ مگاوات کاهش یافته و ضریب قدرت اقتصادی تولید ۹۸/۵۳ درصدگردیده‌است ۰

۴-۲-۳ مقایسه این دوحالت نشان میدهد که درصورت تغییر مقدارومحل تعدادی ازخازن های موجود ونصب خازن‌های جدید برطبق نتایج حاصل درحالت دوم باخازن کمتری (به میزان ۲۰ مگاوار) میتوان به نتایج مشابه حالت اول دست یافت ۰

قدردانـــــی

دراینجا لازم است ازآقای مهندس بهروز رفیعی مدیریت عامل محترم مشانیر که همیشه‌درایجـاد امکانات لازم برای مطالعات جدید پیشقدم بوده‌اند و همچنین همکاران خوب بخش برنامه‌ریـــــزی ومطالعات سیستم بخصوص آقای دکترجواد ساعی که‌مشوق و راه‌گشای فعالیتهای تحقیقاتی هستنـــد قدردانی و سپاسگزاری گردد۰

فهرست مراجع

1. Electrical transmission and distribution reference book (central station engineers of the westinghouse electric corp.)

2. Electrical power distribution system engineering (Turan Gonen)

۳- انتـخاب بهینه خازن های موازی درشبکه توزیع (بهروزمحبوبیان - پیروزبرخوردار ، اولیـــــن کنفرانس شبکه‌های توزیع ، تیرماه ۱۳۷۰)

۴- گزارش دفتربرنامه‌ریزی برق وزارت نیرو درمورد بررسی شبکه مازندران - سال ۱۳۷۰

GLOBAL SUMMARY REPORT FOR THE TEST NETWORK

	GENERATION/LOAD MW	GENERATION/LOAD MVAR	SHUNT MW	SHUNT MVAR IND	SHUNT MVAR CAP	LOSSES/MISMATCH MW	LOSSES/MISMATCH MVAR
TOTAL	851.20	246.57	0.00	0.00	79.91	36.10	-79.22
	815.10	405.70				0.01	0.00

جدول شماره ۱ـ گزارش خلاصه وضعیت شبکه نمونه

LOAD FLOW REPORT
BEFORE AND AFTER
CAPACITOR ALLOCATION

CASE : 1
INITIAL VALUE : EXISTING
MAXIMUM VALUE : 9.60 MVAR

HIGH/LOW VOLTAGE VIOLATION REPORT
(0.95 PU< LIM < 1.05 PU)

ITEM	BUS NO.	INITIAL VOLTAGE	FINAL VOLTAGE
1	19	0.9449	-
2	25	0.8907	0.9478
3	28	0.8858	-
4	30	0.8918	-
5	40	0.8696	0.9500
6	41	0.9146	-
7	42	0.9147	-
8	57	0.9486	-
9	63	0.9032	-
10	69	0.8535	0.9377
11	71	0.9146	-
12	73	0.9263	-
13	75	0.8659	-
14	77	0.8633	-
15	78	0.9002	

جدول شماره ۲ـ حالت اول ـ گزارش پخش بار درمورد ولتاژهای خارج ازحد مجاز قبـــــل وبـعد ازخازن گذاری ۰

LOAD FLOW REPORT
BEFORE AND AFTER
CAPACITOR ALLOCATION

CASE : 2
INITIAL VALUE : 0.00 MVAR
MAXIMUM VALUE : 9.60 MVAR

HIGH/LOW VOLTAGE VIOLATION REPORT
(0.95 PU< LIM < 1.05 PU)

ITEM	BUS NO.	INITIAL VOLTAGE	FINAL VOLTAGE
1	19	0.9387	-
2	25	0.8453	0.9428
3	28	0.8357	0.9470
4	30	0.8410	-
5	37	0.9470	-
6	40	0.8093	-
7	41	0.8715	-
8	42	0.8716	-
9	57	0.9192	-
10	58	0.9494	-
11	63	0.8700	-
12	69	0.7835	0.9399
13	71	0.8855	-
14	73	0.8870	-
15	75	0.7966	-
16	77	0.7936	-
17	78	0.8667	-

جدول شماره ۳ـ حالت دوم ـ گزارش پخش بار درمورد ولتاژهای خارج ازحد مجاز قبـــــل وبـعدازخازن گذاری ۰

AUTOMATED CAPACITOR BANK ALLOCATION
AND
ECONOMIC POWER FACTOR DETERMINATION
SUMMARY REPORT

CASE : 1
INITIAL VALUE : EXISTING
MAXIMUM VALUE : 9.60 MVAR

ITEM	BUS NO.	CAPACITOR BANK ALLOCATED ON BUS (MVAR)		
		INITIAL	FINAL	REQUIRED
1	7	9.60	9.60	0.00
2	8	9.60	9.60	0.00
3	11	4.80	4.80	0.00
4	12	0.00	4.80	4.80
5	13	0.00	9.60	9.60
6	14	0.00	0.00	0.00
7	16	0.00	9.60	9.60
8	18	0.00	0.00	0.00
9	19	0.00	9.60	9.60
10	21	0.00	0.00	0.00
11	23	0.00	0.00	0.00
12	24	0.00	0.00	0.00
13	25	4.80	9.60	4.80
14	26	0.00	2.40	2.40
15	28	0.00	9.60	9.60
16	29	4.80	4.80	0.00
17	30	9.60	9.60	0.00
18	32	0.00	0.00	0.00
19	33	9.60	9.60	0.00
20	37	0.00	9.60	9.60
21	39	0.00	0.00	0.00
22	40	0.00	9.60	9.60
23	41	0.00	9.60	9.60
24	42	0.00	4.80	4.80
25	53	0.00	0.00	0.00
26	54	0.00	0.00	0.00
27	56	0.00	0.00	0.00
28	57	0.00	0.00	0.00
29	58	0.00	0.00	0.00
30	59	0.00	0.00	0.00
31	62	0.00	0.00	0.00
32	63	4.80	9.60	4.80
33	69	9.60	9.60	0.00
34	71	4.80	9.60	4.80
35	73	9.60	9.60	0.00
36	75	9.60	9.60	0.00
37	76	0.00	0.00	0.00
38	77	0.00	7.20	7.20
39	78	0.00	2.40	2.40
TOTAL		91.20	194.40	103.20

NETWORK INITIAL LOSS : 36.10 MW
GEN. INITIAL P.F. : 96.05 %
NETWORK FINAL LOSS : 32.26 MW
GEN. FINAL P.F. : 98.99 %
ECONOMIC POWER FACTOR: 98.99 %

جدول شماره ۴ـ حالت اول
نتایج خازن گذاری برروی شبکه نمونه باوجود خازن های موجود

AUTOMATED CAPACITOR BANK ALLOCATION
AND
ECONOMIC POWER FACTOR DETERMINATION
SUMMARY REPORT

CASE : 2
INITIAL VALUE : 0.00 MVAR
MAXIMUM VALUE : 9.60 MVAR

ITEM	BUS NO.	CAPACITOR BANK ALLOCATED ON BUS (MVAR)		
		INITIAL	FINAL	REQUIRED
1	7	0.00	0.00	0.00
2	8	0.00	9.60	9.60
3	11	0.00	0.00	0.00
4	12	0.00	7.20	7.20
5	13	0.00	9.60	9.60
6	14	0.00	0.00	0.00
7	16	0.00	9.60	9.60
8	18	0.00	0.00	0.00
9	19	0.00	9.60	9.60
10	21	0.00	0.00	0.00
11	23	0.00	0.00	0.00
12	24	0.00	0.00	0.00
13	25	0.00	9.60	9.60
14	26	0.00	2.40	2.40
15	28	0.00	9.60	9.60
16	29	0.00	2.40	2.40
17	30	0.00	2.40	2.40
18	32	0.00	0.00	0.00
19	33	0.00	0.00	0.00
20	37	0.00	9.60	9.60
21	39	0.00	0.00	0.00
22	40	0.00	9.60	9.60
23	41	0.00	9.60	9.60
24	42	0.00	9.60	9.60
25	53	0.00	0.00	0.00
26	54	0.00	0.00	0.00
27	56	0.00	0.00	0.00
28	57	0.00	0.00	0.00
29	58	0.00	0.00	0.00
30	59	0.00	0.00	0.00
31	62	0.00	0.00	0.00
32	63	0.00	9.60	9.60
33	69	0.00	9.60	9.60
34	71	0.00	9.60	9.60
35	73	0.00	9.60	9.60
36	75	0.00	9.60	9.60
37	76	0.00	0.00	0.00
38	77	0.00	9.60	9.60
39	78	0.00	2.40	2.40
TOTAL		0.00	170.40	170.40

NETWORK INITIAL LOSS : 42.17 MW
GEN. INITIAL P.F. : 92.66 %
NETWORK FINAL LOSS : 32.32 MW
GEN. FINAL P.F. : 98.53 %
ECONOMIC POWER FACTOR: 98.53 %

جدول شماره ۵ ـ حالت دوم
نتایج خازن گذاری برروی شبکه نمونه بدون خازن های موجود

TOTAL NETWORK LOSS IN ITERATIONS / CAPACITOR BANK ALLOCATED ON BUS / RESULTED POWER FACTOR
KW / MVAR / PERCENT

BUS NO	7	8	11	12	13	14	16	18	19	21	23	24	25	26	28	29	30	32	33	37	39	40
loss	42.17	42.17	42.17	42.17	42.17	42.17	42.17	42.17	42.17	42.17	42.17	42.17	42.17	42.17	42.17	42.17	42.17	42.17	42.17	42.17	42.17	42.17
capa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
pf	92.66	92.66	92.66	92.66	92.66	92.66	92.66	92.66	92.66	92.65	92.65	92.66	92.66	92.65	92.66	92.66	92.65	92.66	92.66	92.66	92.66	92.66
loss	42.16	42.12	42.14	42.13	42.12	42.16	42.09	42.14	42.08	42.14	42.15	42.14	41.91	42.12	41.89	42.14	41.89	42.14	42.14	42.02	42.17	41.81
capa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
pf	92.75	92.75	92.75	92.75	92.75	92.75	92.75	92.75	92.75	92.75	92.75	92.75	92.75	92.75	92.75	92.75	92.75	92.76	92.75	92.76	92.75	92.75
loss	41.78	41.74	41.76	41.75	41.74	41.78	41.72	41.76	41.71	41.76	41.78	41.76	41.53	41.74	41.52	41.76	41.52	41.76	41.77	41.64	41.79	41.44
capa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
pf	92.84	92.84	92.84	92.84	92.84	92.84	92.84	92.84	92.84	92.85	92.84	92.84	92.84	92.84	92.84	92.84	92.84	92.85	92.84	92.85	92.84	92.84
loss	41.41	41.37	41.39	41.38	41.38	41.41	41.35	41.40	41.34	41.39	41.41	41.40	41.17	41.37	41.15	41.39	41.16	41.39	41.40	41.27	41.42	41.09
capa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
pf	92.93	92.93	92.93	92.93	92.93	92.93	92.93	92.93	92.93	92.94	92.93	92.94	92.93	92.93	92.93	92.93	92.93	92.94	92.94	92.94	92.93	92.93
loss	41.05	41.02	41.03	41.03	41.02	41.05	40.99	41.04	40.98	41.04	41.05	41.04	40.81	41.01	40.80	41.04	40.80	41.04	41.04	40.91	41.06	40.73
capa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
pf	93.02	93.02	93.03	93.02	93.02	93.02	93.02	93.02	93.02	93.03	93.02	93.03	93.02	93.02	93.02	93.03	93.02	93.03	93.03	93.03	93.02	93.02
loss	40.70	40.67	40.68	40.68	40.67	40.70	40.64	40.69	40.63	40.69	40.70	40.69	40.47	40.66	40.46	40.69	40.46	40.69	40.69	40.56	40.71	40.39
capa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
pf	93.11	93.11	93.12	93.12	93.11	93.11	93.12	93.12	93.11	93.12	93.12	93.12	93.11	93.11	93.12	93.12	93.12	93.12	93.12	93.12	93.11	93.12
loss	40.37	40.34	40.35	40.35	40.34	40.37	40.30	40.36	40.30	40.35	40.37	40.35	40.14	40.33	40.12	40.36	40.13	40.35	40.35	40.23	40.38	40.06
capa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
pf	93.21	93.21	93.21	93.21	93.21	93.21	93.21	93.21	93.21	93.22	93.21	93.22	93.21	93.21	93.21	93.21	93.21	93.22	93.22	93.22	93.21	93.21
loss	40.05	40.01	40.03	40.02	40.01	40.04	39.98	40.03	39.97	40.03	40.04	40.03	39.82	40.01	39.81	40.03	39.81	40.03	40.03	39.91	40.05	39.75
capa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
pf	93.30	93.30	93.31	93.31	93.30	93.30	93.31	93.31	93.30	93.31	93.31	93.31	93.30	93.30	93.31	93.31	93.31	93.31	93.31	93.31	93.31	93.31
loss	39.74	39.70	39.72	39.71	39.70	39.74	39.68	39.72	39.66	39.72	39.73	39.72	39.52	39.70	39.51	39.72	39.51	39.72	39.73	39.60	39.74	39.45
capa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
pf	93.40	93.40	93.40	93.40	93.40	93.40	93.40	93.40	93.40	93.41	93.40	93.41	93.40	93.40	93.40	93.40	93.40	93.41	93.41	93.41	93.40	93.40
loss	39.44	39.41	39.42	39.41	39.41	39.44	39.38	39.43	39.37	39.43	39.44	39.43	39.22	39.40	39.22	39.42	39.22	39.43	39.43	39.31	39.45	39.17
capa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.40
pf	93.49	93.49	93.50	93.50	93.49	93.49	93.50	93.50	93.49	93.50	93.50	93.50	93.50	93.50	93.50	93.50	93.50	93.50	93.50	93.50	93.49	93.50
loss	39.16	39.12	39.14	39.13	39.12	39.15	39.10	39.14	39.08	39.14	39.15	39.14	38.94	39.12	38.94	39.14	38.94	39.14	39.14	39.02	39.13	38.89
capa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.80
pf	93.59	93.59	93.59	93.59	93.59	93.59	93.59	93.59	93.59	93.60	93.59	93.60	93.59	93.59	93.59	93.59	93.59	93.60	93.60	93.60	93.59	93.60
loss	38.88	38.84	38.86	38.85	38.84	38.88	38.82	38.87	38.81	38.87	38.86	38.87	38.67	38.84	38.67	38.86	38.67	38.87	38.87	38.75	38.81	38.63
capa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.20
pf	93.68	93.68	93.69	93.69	93.68	93.68	93.69	93.69	93.68	93.69	93.69	93.69	93.69	93.69	93.69	93.69	93.69	93.69	93.69	93.69	93.70	93.69
loss	38.61	38.57	38.59	38.58	38.57	38.61	38.55	38.60	38.51	38.60	38.55	38.60	38.39	38.53	38.38	38.59	38.38	38.60	38.60	38.47	38.51	38.34
capa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.20
pf	93.78	93.78	93.79	93.79	93.78	93.78	93.79	93.79	93.79	93.79	93.80	93.79	93.79	93.79	93.80	93.79	93.80	93.79	93.79	93.79	93.81	93.80
loss	38.32	38.28	38.30	38.29	38.28	38.32	38.26	38.31	38.23	38.31	38.26	38.31	38.10	38.24	38.09	38.30	38.10	38.31	38.31	38.18	38.23	38.06
capa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.60
pf	93.89	93.89	93.89	93.89	93.89	93.89	93.89	93.89	93.89	93.90	93.90	93.90	93.90	93.90	93.90	93.90	93.90	93.90	93.90	93.90	93.91	93.91

جدول شماره ۶ ـ نمونه‌ای ازگزارش مشروح خازن‌گذاری توسط برنامه (حالت دوم)