

مکان یابی خازن در سیستم توزیعی شعاعی نامتعادل برای کاهش تلفات

چکیده

کاهش تلفات قدرت در سیستم توزیعی برای بهبود بهره وری کلی سیستم های توزیع انرژی الکتریکی بسیار مهم است. تلفات قدرت فعال بر اساس مؤلفه های فعال جریان را می توان به صورت محلی با کاهش مطالبات توان راکتیو کاهش داد. این مقاله یک روش ساده برای مکان یابی بهینه و اندازه خازن برای کاهش تلفات و بهبود ولتاژ نامتعادل در سیستم های توزیع شعاعی (URDS) پیشنهاد کرده است. عملکرد روش ارائه شده در دو مورد تحت آزمایش قرار گرفته است. بنابراین مشخص گردید که می توان با مکان یابی خازن در سیستم توزیعی صرفه جویی کرد.

کلمات کلیدی: پخش بار، سیستم های توزیعی شعاعی، مکان یابی خازن.

1. مقدمه

یک سیستم توزیعی شده، مصرف کنندگان را برای استفاده از سیستم انتقال ولتاژ به هم متصل می کند. تلفات در سیستم توزیعی، در حدود 5-13٪ از کل توان تولید شده است. بنابراین کاهش تلفات در شبکه توزیعی بسیار مهم است و برای طراحی و بهره برداری از شبکه برق بسیار کارایی دارد. راه های بسیاری برای کاهش تلفات در خازن وجود دارد: مدیریت بار، پیکربندی مجدد شبکه و غیره [1].

چندین روش برای کاهش تلفات در RDS متعادل توسط مکان یابی خازن در مکانی مطلوب در ادبیات گزارش شده است [2-8]. در [9]، نظریه تصمیم گیری معیارها برای تخصیص بهینه و مکان یابی خازن در سیستم های نامتعادل در

حضور منابع هارمونیک و همچنین با در نظر گرفتن عدم قطعیت در حضور بارهای نامتعادل است. Carpinelli و همکاران [10]، روشی احتمالاتی را برای بهینه‌سازی مکان‌یابی محل خازن در شبکه‌های توزیع نامتعادل و الگوریتم ژنتیک میکرو به منظور کاهش محاسبات ارائه دادند. در [11]، بهینه‌سازی ترکیبی ذرات (HPSO) با یک الگوریتم ترکیبی جریان قدرت ترکیب شده است (HPF) تا برای یافتن مکان بهینه و سایز خازن نامتعادل RDS استفاده گردد. Carpinelli G و همکارانش [12]، روشی را برای قرار دادن خازن شنت در سیستم های توزیع نامتعادل با منابع هارمونیک با توجه به هزینه خازن، هزینه‌های انرژی و همچنین هزینه‌های مرتبط با هارمونیک ولتاژ ارائه کرده‌اند. Subrahmanyam JBV و همکارانش [13] روش ساده‌ای را برای انتخاب مکان بهینه و سایز خازن در RDS سه فازی نامتعادل توسط هزینه تلفات انرژی و هزینه مرتبط با خرید خازن و نصب خازن به عنوان تابع اصلی هدف ارائه دادند. تلفات قدرت برای انتخاب نودهای کاندید برای مکان‌یابی خازن و سپس روش واریانس برای یافتن سایز بهینه استفاده می‌گردد. بر اساس الگوریتم بهینه‌سازی ذرات باکتری گرا (EFPSO)، یک روش جدید برای مکان‌یابی مطلوب و اندازه ثابت و تعویض پیشنهاد شده است [14]. در [15]، مکان‌یابی بهینه خازن توسط استفاده از الگوریتم بهینه‌سازی کلونی زنبور عسل با تابع هدفی به شکل کمینه سازی قدرت تلفات سیستم و نامتعادل بودن و همچنین به حداکثر رساندن صرفه‌جویی خالص در حفظ ولتاژ و اعوجاج هارمونیکی انجام شده است. روش index برداری برای مکان‌یابی مطلوب خازن در سیستم توزیعی نامتعادل شعاعی [16] ارائه شده است. Haque روشی را برای کاهش تلفات در سیستم توزیعی شعاعی توسط تأمین توان با راکتیو به صورت محلی با خازن پیشنهاد کرده است [7]. با این حال، این مقاله، روش قرار دادن خازن برای کاهش تلفات در سیستم توزیعی نامتعادل را به کار برده است. ایده اصلی روش ارائه شده از [7] گرفته شده است. در این پیشنهاد روش اندازه بهینه خازن در هر گره می‌تواند از طریق بهینه‌سازی معادله صرفه‌جویی تعیین شود. گره‌هایی که در آن صرفه‌جویی در کاهش تلفات با تعیین مکانی برای خازن انجام می‌شوند، بهینه هستند. جریان بار از توزیع شعاعی نامتعادل استفاده می‌کند [17]. نتایج به دست آمده برای شبکه توزیع IEEE 19 و IEEE 25 اجرا شده است [18].

2. پیشنهاد رویکردی در توزیع سیستم های پخش بار

موارد زیر را در نظر بگیرید

P_{loss} = کل تلفات توان واقعی

Q_{loss} = کل تلفات توان واکنشی

$S_{loss} = P_{loss} + j Q_{loss}$

I_a, I_b, I_c جریان هر بخش در سه مرحله است.

I_{ar}, I_{br}, I_{cr} مؤلفه های فعال جریان در سه مرحله است.

I_{ai}, I_{bi}, I_{ci} مؤلفه های فعال جریان جاری در سه فاز است.

Z امپدانس هر بخش است.

A مجموعه بخش های منبع گذرگاه تا ژامین گذرگاه خازن است.

کل تلفات توان در یک سیستم توزیع شده نامتعادل در [19] ارائه شده است

$$\bar{S}_{loss} = \sum_{branches} Z_{aa} * I_a * (I_a)^* + Z_{ab} * I_b * (I_a)^* + Z_{ac} * I_c * (I_a)^* + Z_{ba} * I_a * (I_b)^* + Z_{bb} * I_b * (I_b)^* + Z_{bc} * I_c * (I_b)^* + Z_{ca} * I_a * (I_c)^* + Z_{cb} * I_b * (I_c)^* + Z_{cc} * I_c * (I_c)^* \quad (1)$$

Where $I_a = I_{ar} + jI_{ai}$

$$I_b = (I_{br} + jI_{bi}) * \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \right)$$

$$I_c = (I_{cr} + jI_{ci}) * \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right)$$

$$S_{loss} = P_{loss} + j Q_{loss}$$

P_{loss} با هر دوی مؤلفه های فعال (اکتیو) و راکتیو جریان ها به عنوان داده در ارتباط است:

$$P_{loss} = \sum_{branches} R_{aa} * (I_{ar}^2 + I_{ai}^2) + R_{bb} * (I_{br}^2 + I_{bi}^2) + R_{cc} * (I_{cr}^2 + I_{ci}^2) + R_{ab} * (-I_{ar}I_{br} - I_{ai}I_{bi} + \sqrt{3}I_{ar}I_{bi} - \sqrt{3}I_{ai}I_{br}) + R_{bc} * (-I_{br}I_{cr} - I_{bi}I_{ci} + \sqrt{3}I_{br}I_{ci} - \sqrt{3}I_{bi}I_{cr}) + R_{ca} * (-I_{cr}I_{ar} - I_{ci}I_{ai} + \sqrt{3}I_{cr}I_{ai} - \sqrt{3}I_{ci}I_{ar}) \quad (2)$$

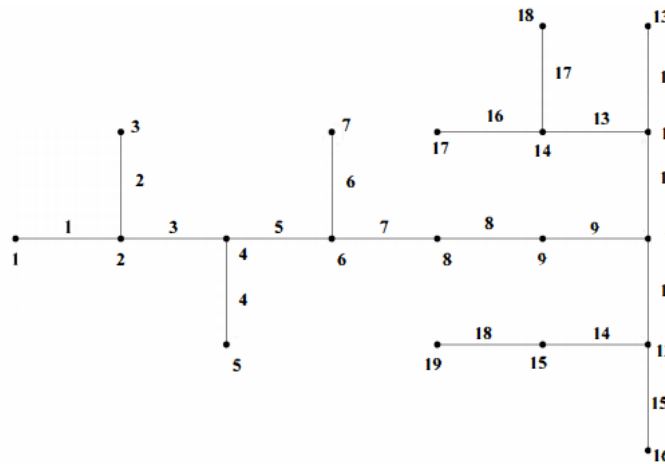
برای پیکربندی منبع منفرد نامتعادل در شبکه شعاعی، P_{loss} با جزء فعال در ارتباط است. در حال حاضر، هر بخش

می تواند به دلیل به حداقل رساندن منبع در گذرگاه، از تمام قدرت خود استفاده کند. با این حال، P_{loss} همراه با

مؤلفه راکتیو شاخه جریان در تهیه بخشی از واکنش به حداقل رساندن تلفات کاربرد دارد [7]. Ploss با مؤلفه راکتیو فعلی در ارتباط است.

$$\begin{aligned}
 Ploss_r = & \sum_{branches} R_{aa} * I_{ai}^2 + R_{bb} * I_{bi}^2 + R_{cc} * \\
 & I_{ci}^2 + R_{ab} * (-I_{ai}I_{bi} + \sqrt{3}I_{ar}I_{bi} - \sqrt{3}I_{ai}I_{br}) + R_{bc} * \\
 & (-I_{bi}I_{ci} + \sqrt{3}I_{br}I_{ci} - \sqrt{3}I_{bi}I_{cr}) + R_{ca} * \\
 & (-I_{ci}I_{ai} + \sqrt{3}I_{cr}I_{ai} - \sqrt{3}I_{ci}I_{ar}) \quad (3)
 \end{aligned}$$

پس از مکان‌یابی خازن در یک گره خاص، یک جریان فعال ایجاد می‌گردد. مؤلفه فعال بخش جاری در مجموعه OC وجود خواهد داشت. جریان شاخه‌های دیگر (TOC) تحت تأثیر خازن قرار می‌گیرند. تنها نمودار خطی با 19 گذرگاه نامتعادل در سیستم توزیع‌شده در شکل 1 نشان داده شده است. اگر خازن در گذرگاه 7 قرار گیرد، بنابراین OC شامل بخش‌های 1، 3، 5 و 6 خواهد بود.



شکل 1. دیاگرام خطی با 19 RDS نامتعادل

پس از مکان‌یابی خازن، شاخه جدید جاری در سه فاز به این صورت خواهد بود:

$$I_{ai(new)} = I_{ai} + D * IC_a$$

$$I_{bi(new)} = I_{bi} + D * IC_b$$

$$I_{ci(new)} = I_{ci} + D * IC_c$$

Where $D=1$; if branch $\in \alpha$
 $=0$; otherwise

پس از مکان‌یابی خازن، Ploss برای سیستم می‌تواند به این صورت نوشته شود:

$$\begin{aligned}
Ploss_r^{cap} = & \sum_{branches} R_{aa} * (I_{ai} + D * IC_a)^2 + R_{bb} * \\
& (I_{bi} + D * IC_b)^2 + R_{cc} * (I_{ci} + D * IC_c)^2 + R_{ab} * \left(-(I_{ai} + \right. \\
& D * IC_a)(I_{bi} + D * IC_b) + \sqrt{3}I_{ar}(I_{bi} + D * IC_b) - \\
& \sqrt{3}I_{br}(I_{ai} + D * IC_a) \left. \right) + R_{bc} * \left(-(I_{bi} + D * IC_b)(I_{ci} + \right. \\
& D * IC_c) + \sqrt{3}I_{br}(I_{ci} + D * IC_c) - \sqrt{3}I_{cr}(I_{bi} + D * IC_b) \left. \right) + \\
& R_{ca} * \left(-(I_{ci} + D * IC_c)(I_{ai} + D * IC_a) + \sqrt{3}I_{cr}(I_{ai} + \right. \\
& D * IC_a) - \sqrt{3}I_{ar}(I_{ci} + D * IC_c) \left. \right) \quad (4)
\end{aligned}$$

PLOSS_{saving} بین رابطه (4) و (5) متفاوت است.

$$\begin{aligned}
Ploss_{saving} &= Ploss_r - Ploss_r^{cap} \quad (5) \\
Ploss_{saving} = & \sum_{branches} R_{aa} * (D * IC_a^2 + D * 2I_{ai} * IC_a) + \\
& R_{bb} * (D * IC_b^2 + D * 2I_{bi} * IC_b) + R_{cc} * (D * IC_c^2 + D * \\
& 2I_{ci} * IC_c) + R_{ab} * \left[-(D * I_{ai} * IC_b + D * I_{bi} * IC_a + D * IC_a * \right. \\
& IC_b) + D * \sqrt{3}I_{ar} * IC_b - D * \sqrt{3}I_{br} * IC_a \left. \right] + R_{bc} * \left[-(D * I_{bi} * \right. \\
& IC_c + D * I_{ci} * IC_b + D * IC_b * IC_c) + D * \sqrt{3}I_{br} * IC_c - D * \\
& \sqrt{3}I_{cr} * IC_b \left. \right] + R_{ca} * \left[-(D * I_{ci} * IC_a + D * I_{ai} * IC_c + D * \right. \\
& IC_a * IC_c) + D * \sqrt{3}I_{cr} * IC_a - D * \sqrt{3}I_{ar} * IC_c \left. \right] \quad (6)
\end{aligned}$$

خازن جاری IC که بیشینه تلفات را ذخیره می کند، می تواند توسط روابط مختلفی محاسبه گردد

$$\begin{aligned}
\frac{\partial Ploss_{saving}}{\partial IC_a} = & \sum_{branches} R_{aa} * (D * 2IC_a + D * 2I_{ai}) + R_{ab} * \\
& \left[-(D * I_{bi} + D * IC_b) - D * \sqrt{3}I_{br} \right] + R_{ac} * \left[-(D * I_{ci} + D * \right. \\
& IC_c) + D * \sqrt{3}I_{cr} \left. \right] = 0 \quad (7)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial Ploss_{saving}}{\partial IC_b} = & \sum_{branches} R_{bb} * (D * 2IC_b + D * 2I_{bi}) + R_{ba} * \\
& \left[-(D * I_{ai} + D * IC_a) + D * \sqrt{3}I_{ar} \right] + R_{bc} * \left[-(D * I_{ci} + D * \right. \\
& IC_c) - D * \sqrt{3}I_{cr} \left. \right] = 0 \quad (8)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial Ploss_{saving}}{\partial IC_c} = & \sum_{branches} R_{cc} * (D * 2IC_c + D * 2I_{ci}) + R_{cb} * \\
& \left[-(D * I_{bi} + D * IC_b) + D * \sqrt{3}I_{br} \right] + R_{ca} * \left[-(D * I_{ai} + D * \right. \\
& IC_a) - D * \sqrt{3}I_{ar} \left. \right] = 0 \quad (9)
\end{aligned}$$

مرتب سازی رابطه (-) در ماتریس

خازن جاری برای بیشینه سازی ذخیره می تواند به این صورت محاسبه گردد

$$\begin{bmatrix} IC_a \\ IC_b \\ IC_c \end{bmatrix} = [MATRIX1]^{-1} * [MATRIX2] \quad (10)$$

$$MATRIX1 = \sum_{j \in a} \begin{bmatrix} 2R_{aa}(j) & -R_{ab}(j) & -R_{ac}(j) \\ -R_{ba}(j) & 2R_{bb}(j) & -R_{bc}(j) \\ -R_{ca}(j) & -R_{cb}(j) & 2R_{cc}(j) \end{bmatrix}$$

در اینجا a مجموعه شاخه ها از گذرگاه منبع تا لامین گذرگاه خازن است.

$$MATRIX2 = \sum_{j \in \alpha} \begin{bmatrix} \sqrt{3}R_{ab}(j) * I_{br}(j) - \sqrt{3}R_{ac}(j) * I_{cr}(j) - 2R_{aa}(j) * I_{ai}(j) + R_{ab}(j) * I_{bi}(j) + R_{ac}(j) * I_{ci}(j) \\ -\sqrt{3}R_{ba}(j) * I_{ar}(j) + \sqrt{3}R_{bc}(j) * I_{cr}(j) + R_{ba}(j) * I_{ai}(j) - 2R_{bb}(j) * I_{bi}(j) + R_{bc}(j) * I_{ci}(j) \\ \sqrt{3}R_{ca}(j) * I_{ar}(j) - \sqrt{3}R_{cb}(j) * I_{br}(j) + R_{ca}(j) * I_{ai}(j) + R_{cb}(j) * I_{bi}(j) - 2R_{cc}(j) * I_{ci}(j) \end{bmatrix}$$

سایز خازن خواهد بود:

$$QC_a = IC_a * V_{am} \quad (11)$$

$$QC_b = QC_c = QC_a \quad (12)$$

در این رابطه، V_{am} ولتاژ فاز A در خازن است. فرآیند بالا می‌تواند برای تمام نودها با بالاترین احتمال ذخیره‌سازی برای یک خازن منفرد باشد و نود در هر ذخیره‌سازی می‌تواند سایر نودهای کاندید را بررسی کرده و مکان‌یابی کند.

الگوریتم:

گام 1: بار جاری را اجرا کرده و بخش جاری را به دست آور.

گام 2: یک گذرگاه انتخاب کن و سپس بیشینه‌ترین ذخیره تلفات را پیدا کن (6) و سایز توسط رابطه (11) محاسبه می‌گردد.

گام 3: گام 2 را برای تمام گذرگاه‌ها به جز گذرگاه منبع تکرار کن و گذرگاه را در بزرگ‌ترین ذخیره تلفات تشخیص ده.

گام 4: گذرگاه انتخاب‌شده را با سایز خازن متعلق به آن بررسی کن.

3. نتایج و بحث

A. مطالعه موردی 1: 19 گذرگاه URDS

جریان بار از سیستم‌های توزیعی شعاعی نامتعادل است [17]. الگوریتم پیشنهادی بر روی 11-Kv، URDS با 19 گذرگاه تست شده است. خط و داده بار از [18] به دست آمده است. بار سیستم در فاز a، فاز b، فاز c برابر است با $126.33 + j56.339$ kVA، $116.34 + j61.23$ kVA، $123.27 + j59.7$ kVA. بالاترین تلفات ذخیره‌شده با گذرگاه 10 با سایز 23.1517kVar در هر فاز است. توان فعال کلی از 13.4709 kW to 11.5281 kW کاهش می‌یابد. تلفات کلی راکتیو از 5.7956 kVar to 4.9597 kVar کاهش می‌یابد و حداقل ولتاژ در فاز a، b و c از

0.9515, 0.9494, 0.9549 p.u., 0.9542, and 0.9560 p.u. بهبود می‌یابد. پس از نصب بانک‌های خازنی، ولتاژ کلی فعال (TPL) باعث کاهش تلفات می‌گردد.

B. مطالعه موردی IEEE 25-bus URDS

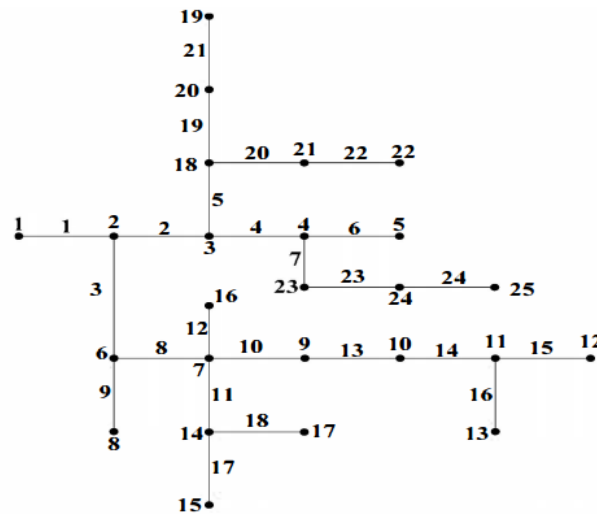
الگوریتم پیشنهادی همچنین بر روی 4.16-kV، 25-bus URSD تست شده است که در شکل 2 نشان داده شده است. داده بار و خط از [18] به دست می‌آیند. بار سیستم در فاز a، b و c، به ترتیب $1073.3 + j792$ kVA، $1083.3 + j800$ kVA، $1083.3 + j800$ kVA هستند. بالاترین تلفات از bus 7 با سائز 484.773 kVAR است.

کل توان فعال از 150.11795 kW

کاهش می‌یابد. کل توان راکتیو از 167.27536 kVAR to 121.4229 kVAR کاهش می‌یابد.

ولتاژ کمینه در فاز a، b و c از 0.9284، 0.9283، 0.9573، 0.9484، 0.9505، 0.9365 p.u. and

p.u. بهبود می‌یابد. ولتاژ کل توان (TPL) و توان راکتیو (TQL)، برای 25-bus URDS قبل و بعد از جبران خسارت است.



شکل 2. نمودار دیاگرام خطی از 25 گذرگاه RDS نامتعادل

جدول 1 . IEEE 19 گذرگاه در سیستم شعاعی نامتعادل.

Node	Before Capacitor Placement			After Capacitor Placement		
	Va (p.u)	Vb (p.u)	Vc (p.u)	Va (p.u)	Vb (p.u)	Vc (p.u)
1	1	1	1	1	1	1
2	0.98746	0.98910	0.98798	0.98829	0.98994	0.98881
3	0.98542	0.98869	0.98633	0.98625	0.98952	0.98717
4	0.98235	0.98390	0.98301	0.98360	0.98515	0.98425
5	0.98201	0.98366	0.98283	0.98325	0.98491	0.98408
6	0.97928	0.98078	0.98005	0.9808	0.98231	0.98158
7	0.97861	0.98029	0.97957	0.98013	0.98182	0.98109
8	0.97282	0.97382	0.97347	0.97502	0.97604	0.97569
9	0.96592	0.96598	0.96575	0.96895	0.96903	0.96880
10	0.95626	0.95549	0.95501	0.96067	0.95993	0.95944
11	0.95499	0.95430	0.95331	0.95942	0.95874	0.95774
12	0.95478	0.95377	0.95358	0.95920	0.95822	0.95802
13	0.9544	0.95344	0.95211	0.95882	0.95788	0.95655
14	0.95449	0.95388	0.95283	0.95891	0.95833	0.95727

15	0.95275	0.95122	0.95126	0.95718	0.95568	0.95571
16	0.95339	0.95148	0.95218	0.95782	0.95593	0.95662
17	0.95366	0.95337	0.95232	0.95808	0.95782	0.95677
18	0.95380	0.95319	0.95209	0.95822	0.95764	0.95654
19	0.95160	0.94976	0.95047	0.95603	0.95423	0.95492
Min V	0.95160	0.94976	0.95047	0.95603	0.95423	0.95492
Capacitor Size (kVAr)	-	-	-	23.1517	23.1517	23.1517
location				10		
Active power loss (kW)	4.4539	4.4532	4.5637	3.8179	3.7969	3.9133
Active power loss reduction (%)	-	-	-	14.279	14.738	14.252
Reactive power loss (kVAr)	1.9405	1.8964	1.9587	1.6724	1.6165	1.6708
Reactive power loss reduction (%)	-	-	-	13.816	14.76	14.70
TPL (kW)	13.4709			11.5281		
TQL (kVAr)	5.79562			4.9597		

جدول 2. نتایج IEEE 25 bus برای سیستم شعاعی نامتعادل.

Node	Before Capacitor Placement			After Capacitor Placement		
	Va (p.u)	Vb (p.u)	Vc (p.u)	Va (p.u)	Vb (p.u)	Vc (p.u)
1	1	1	1	1	1	1
2	0.97020	0.9711	0.97545	0.97958	0.97939	0.98418
3	0.96323	0.96444	0.96984	0.97267	0.97278	0.97862
4	0.95978	0.96129	0.96739	0.96926	0.96965	0.97619
5	0.95872	0.96025	0.96644	0.96821	0.96862	0.97525
6	0.95498	0.95587	0.96148	0.97056	0.96987	0.97606
7	0.94191	0.94283	0.94923	0.96373	0.96256	0.96971
8	0.95286	0.95379	0.95957	0.96847	0.96781	0.97418
9	0.93589	0.93668	0.94379	0.95785	0.95654	0.96439
10	0.93150	0.93186	0.93953	0.95356	0.95182	0.96022
11	0.92941	0.92963	0.93763	0.95153	0.94963	0.95836
12	0.92841	0.92840	0.93660	0.95055	0.94842	0.95735
13	0.92871	0.92872	0.93682	0.95084	0.94874	0.95757
14	0.93594	0.93699	0.94338	0.95790	0.95685	0.96399
15	0.93377	0.93487	0.94144	0.95578	0.95476	0.96209
16	0.94083	0.94177	0.94826	0.96268	0.96153	0.96876
17	0.93473	0.93595	0.94203	0.95672	0.95582	0.96267
18	0.95732	0.95864	0.96432	0.96682	0.96702	0.97315
19	0.95241	0.95443	0.95998	0.96196	0.96285	0.96885
20	0.95482	0.95634	0.96201	0.96435	0.96475	0.97087
21	0.95379	0.95487	0.96053	0.96333	0.96328	0.9694
22	0.95184	0.95246	0.95852	0.9614	0.96090	0.96740
23	0.95647	0.95838	0.96479	0.96598	0.96677	0.97361
24	0.95444	0.95651	0.96311	0.96397	0.96492	0.97195
25	0.95202	0.95469	0.96117	0.96158	0.96311	0.97003
Min V	0.92841	0.92840	0.93660	0.95055	0.94842	0.95735
Capacitor Size (kVAr)	-	-	-	484.773	484.773	484.773
location				7		
Active power loss (kW)	52.8133	55.4431	41.8615	38.6027	40.4463	30.5715
Active power loss reduction (%)	-	-	-	26.907	27.049	26.969
Reactive power loss	58.2902	53.2941	55.6911	42.3424	38.6939	40.3866

(kVAr)						
Reactive power loss reduction (%)	-	-	-	27.359	27.396	27.481
TPL (kW)	150.11795			109.6207		
TQL (kVAr)	167.27536			121.4229		

4. نتیجه گیری

روشی ساده برای بهینه‌سازی مکان‌یابی خازن ارائه شده است که اگر چه تلفات را کاهش می‌دهد، ولتاژ را در سیستم توزیعی شعاعی نامتعادل بهبود می‌بخشد. اولین روش توسط ذخیره‌سازی سایز در هر فاز در نود عملیاتش را انجام می‌دهد. گره در هر ذخیره‌سازی می‌تواند تلفات بیشتری را کنترل کند.

References

- [1] Esmailnezhad B, Shayeghi H. Simultaneous distribution network reconfiguration and DG allocation for loss reduction by invasive weed optimization algorithm. In: Smart Grid Conference; 17- 18 Dec 2013; Tehran, Iran: IEEE. pp. 166-172.
- [2] Ng HN, Salama MMA, Chikhani A Y. Capacitor allocation by approximate reasoning: fuzzy capacitor placement. IEEE Trans on Power Del 2000; 15(1): 393-398.
- [3] Huang YC, Yang HT, Huang CL. Solving the capacitor placement problem in a radial distribution system using tabu search approach. IEEE Trans on Power Syst 1996; 11(4): 1868-1873.
- [4] Xu Y, Dong ZY, Wong KP, Liu E. Optimal capacitor placement to distribution transformers for power loss reduction in radial distribution systems. IEEE Trans on Power Syst 2013; 28(4): 4072-4079.
- [5] Baran ME, Wu FF. Optimal capacitor placement on radial distribution systems. IEEE Trans on Power Del 1989; 4(1): 725-734.
- [6] Huang SJ. An immune-based optimization method to capacitor placement in a radial distribution system. IEEE Trans on Power Del 2000; 15(2): 744-749.
- [7] Haque MH. Capacitor placement in radial distribution systems for loss reduction. IEE Proc- Gener Trans and Distrib 1999; 146(5): 501-505.
- [8] El-Fergany AA, Abdelaziz A Y. Capacitor allocations in radial distribution networks using cuckoo search algorithm. IET Gener Trans and Distrib 2014; 8(2): 223-232.
- [9] Crispino M, Di Vito V, Russo A, Varilone P. Decision theory criteria for capacitor placement in unbalanced distribution systems. 2005 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference & Exhibition; 2005; Dalian, China: IEEE. pp. 1-6.
- [10] Carpinelli G, Noce C, Proto D, Russo A, Varilone P. Single-objective probabilistic optimal allocation of capacitors in unbalanced distribution systems. Elect Power Syst Res 2012; 87: 47-57.
- [11] Eajal AA, El-Hawary ME. Optimal capacitor placement and sizing in unbalanced distribution systems with harmonics consideration using particle swarm optimization. IEEE Trans on Power Del 2010; 25(3): 1734-1741.
- [12] Carpinelli G, Varilone P, Di Vito V, Abur A. Capacitor placement in three-phase distribution systems with nonlinear and unbalanced loads. IEE Proc- Gener Trans and Distrib 2005; 152(1): 47-52.
- [13] Subrahmanyam JBV, Radhakrishna C. A simple method for optimal capacitor placement in unbalanced radial distribution system. Elect Power Comp and Syst 2010; 38(1 1): 1269-1284.
- [14] Mohkami H, Hooshmand R, Khodabakhshian A. Fuzzy optimal placement of capacitors in the presence of nonlinear loads in unbalanced distribution networks using BF-PSO algorithm. Applied Soft Computing 2011; 11: 3634-3642.
- [15] Taher SA, Bagherpour R. A new approach for optimal capacitor placement and sizing in unbalanced distorted distribution systems using hybrid honey bee colony algorithm. Elect Power and Energy Syst 2013; 49: 430-448.
- [16] Murthy KVSR, Raju MR. Capacitive compensation on three phase unbalanced radial distribution system using index vector method. International Journal of Engineering and Technology 2012; 2(2): 284- 291.
- [17] Teng JH. A direct approach for distribution system load flow solutions. IEEE Trans on Power Del 2003; 18(3): 882-887.
- [18] Ganesh V, Sivanagaraju S, Ramana T. Feeder reconfiguration for loss reduction in unbalanced distribution system using genetic algorithm. World Academy of Science, Engineering and Technology 2009; 3(4): 626-634.
- [19] McDermott TE, Drezga I, Broadwater RP. A heuristic nonlinear constructive method for distribution system reconfiguration. IEEE Trans on Power Syst 1999; 14(2): 478-483.