

## أثر إدخال التوليد الموزع في التكاليف الاقتصادية والبيئية لشبكات التوزيع الكهربائية

د. عبد الله ساميز<sup>(1)</sup>

### الملخص

إن إدخال التوليد الموزع (DG) في شبكات التوزيع الكهربائية آثاراً إيجابية اقتصادية وبيئية فضلاً عن الفوائد الفنية العديدة، وإن أهم الفوائد الاقتصادية خفض الاستطاعة الضائعة في خطوط هذه الشبكات. هدف هذا المقال إلى دراسة أثر إدخال التوليد الموزع في شبكات التوزيع الكهربائية 20 kV في قيمة الضياعات في هذه الشبكات، وذلك باعتماد التوليد الكهروضوئي بوصفه إحدى التقنيات الأكثر استخداماً من تقنيات التوليد الموزع. ولحساب ضياعات الاستطاعة في كل من الحالتين (حالة قبل إدخال التوليد الموزع وحالة بعد إدخال التوليد الموزع) وضع برنامج حاسوبي مناسب لتمثيل الشبكة المدروسة، وحساب ضياعاتها من الاستطاعة في كل من الحالتين. وقد طبق هذا البحث على شبكة توزيع واقعية وهي عبارة عن جزء من شبكة توزيع ريف دمشق على التوتر 20 kV، كما جرى تأثير كل من مكان ربط التوليد الموزع ونسبة اختراقه في مقدار خفض الضياعات. الكلمات المفتاحية: شبكات التوزيع، التوليد الموزع، ضياعات شبكات التوزيع، التلوث البيئي الناتج عن توليد الطاقة الكهربائية.

<sup>(1)</sup>أستاذ مساعد - قسم هندسة الطاقة الكهربائية - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة دمشق.

## **Effect of Distributed Generation on Economical and Environmental costs of Electrical Networks**

**Dr. Abdullah Samiz<sup>(1)</sup>**

### **Abstract:**

This paper aims to study the influence of D. G. implication on the power loss in Electrical Distribution Networks of 20 KV.

A P. V. system is taken as D.G. in the considered Distribution Network.

To calculate the power loss in Electrical Distribution Networks, the power flow in the network lines must be known, so it is necessary to use a suitable algorithm that can calculate the power flow and consequently the power loss in the Distribution Network for both cases: before and after the D.G.(P.V.) implication.

A part of Damascus Suburbs network is considered a case-study.

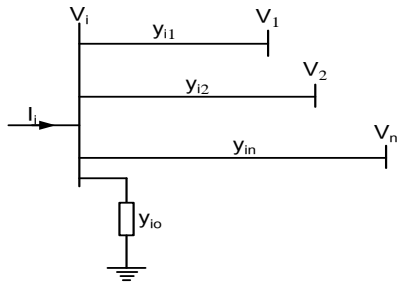
The effect of P.V. placement and its penetration ratio on the loss reduction are also investigated.

---

<sup>(1)</sup> Assistant Prof., Faculty of mechanical and electrical Engineering, Damascus University.

طويلة وزاوية التوتر في كل عقدة، وكذلك جريان الاستطاعة الحقيقية والردية في كل خط. ولحل مسألة جريان الحمولة نفترض أن النظام يعمل في ظروف تشغيل متوازنة، ويمثل بدارة مكافئة لطور واحد. تتميز كل عقدة بأربعة متحولات، وهي طويلة التوتر  $|U|$ ، وزاوية الطور  $\delta$ ، والاستطاعة الفعالة  $P$ ، وكذلك الاستطاعة الردية  $Q$ .

معادلات جريان الحمولة: Power Flow Equation  
لنعدّ باسباراً نموذجياً لشبكة نظام قدرة كما هو مبين بالشكل (1)، إذ تمثل الخطوط بدارة  $\pi$  المكافئة بعد قلب الممانعات إلى سماحيات بالكميات الواحدية منسوبة إلى استطاعة أساس عام بالـ MVA [1].



الشكل (1) باسبار نموذجي في نظام قدرة كهربائي

بتطبيق قانون كيرشوف للتيارات على هذا الباسبار نحصل على

$$I_i = y_{i0} V_i + y_{i1} (V_i - V_1) + y_{i2} (V_i - V_2) + \dots + y_{in} (V_i - V_n) \\ = (y_{i0} + y_{i1} + y_{i2} + \dots + y_{in}) V_i - y_{i1} V_1 - y_{i2} V_2 - \dots - y_{in} V_n \quad (1)$$

أو

$$I_i = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij} V_j \quad j \neq i \quad (2)$$

الاستطاعة الفعالة والردية عند الباسبار  $i$ :

$$P_i = j Q = V_i I_i^* \quad (3)$$

أو

## 1- مقدمة: Introduction

إن لإدخال التوليد الموزع (DG) الريحي أو الشمسي في شبكات التوزيع الكهربائية آثاراً ايجابية عديدة، فضلاً عن تغيير طبيعة شبكة التوزيع الكهربائية من غير فعالة إلى فعالة، هناك الفوائد الفنية والاقتصادية والبيئية من تحسين أوضاع التوتر على الباسبارات، إلى تحسين اقتصادية عمل الشبكة التي تتجلى بشكل أساس في تخفيض ضياعات الاستطاعة بشقيها الفعالة والردية وما ينتج عن ذلك من تخفيض في مقدار الإصدارات الملوثة للبيئة، وعلى رأسها إصدارات غاز  $CO_2$ .

ركزنا في هذا البحث على الناحية الاقتصادية والبيئية لفوائد ادخال التوليد الموزع في شبكات التوزيع  $20kV$ ، إذ إن معظم الدراسات والبحوث الجارية في هذا المجال تناولت الناحية الفنية فقط دون التطرق إلى النواحي البيئية. في هذا المقال عمدنا إلى دراسة تأثير ادخال التوليد الكهروضمسي في شبكات التوزيع الكهربائية  $20kV$  في الضياعات في خطوط هذه الشبكات ومدى انخفاضها، وما ينجم عنه من تقليل للإصدارات الملوثة للبيئة.

ولحساب هذه الضياعات نلزم معرفة جريان الاستطاعة power flow في الشبكة المدروسة قبل وبعد ادخال التوليد الكهروضمسي وبعده، ومن ثم حساب الضياعات في الحالتين للوقوف على مدى الخفض في الضياعات بفعل ادخال هذا النوع من التوليد.

## 2- الأسس الرياضية لتحديد جريان الاستطاعة

### في الشبكات الكهربائية:

تشكل دراسة جريان الحمولة الجزء الأساسي من تحليل نظم القدرة الكهربائية، وهي ضرورية للتخطيط، والتوزيع الاقتصادي وكذلك التحكم بالنظام الحالي ولتخطيط توسعات النظام المستقبلي. وتشمل هذه الدراسة تعيين

من المعادلة (5) نحصل على  $P_i$ ،  $Q_i$  كما يأتي:

$$P_i^{(k+1)} = \text{Re} \left\{ V_i^{*(k)} \left[ V_i^{(k)} \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij} V_j^{(k)} \right] \right\} \quad j \neq i \quad (7)$$

$$Q_i^{(k+1)} = -I_m \left\{ V_i^{*(k)} \left[ V_i^{(k)} \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij} V_j^{(k)} \right] \right\} \quad j \neq i \quad (8)$$

### 3- البرنامج الحاسوبي المقترح استخدامه

#### لدراسة جريان الاستطاعة وحساب الضياعات:

يوجد العديد من البرمجيات التي تعنى بتحليل الشبكات الكهربائية وتصميمها واستثمارها، إذ تنتوع هذه البرمجيات تبعاً للغرض المطلوب منها تأديته، وبعد تعرّف البرمجيات ودراسة مجال استخداماتها نرى أن برنامج Etap (Electrical Transient Analysis Program) هو الأفضل لمعالجة مسائل شبكات التوزيع، ودراسة الجريان، وحساب الضياعات [2].

#### 4-دراسة أثر إدخال التوليد الكهروشمسي في

##### الضياعات على شبكة واقعية:

لقد تم أخذ جزء من شبكة دوماً وهو عبارة عن مخرج " الادارة " المنطلق من محطة تحويل دوما على التوتر 20kV، والشكل الأتي رقم (2) يبيّن مخطط هذا الجزء من شبكة توزيع دوما الذي يبيّن أحمال عقد هذه الشبكة، أما الجدول رقم (1) فيبين المحددات الكهربائية لهذا الجزء من شبكة توزيع دوما [3].

$$I_i = \frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} \quad (4)$$

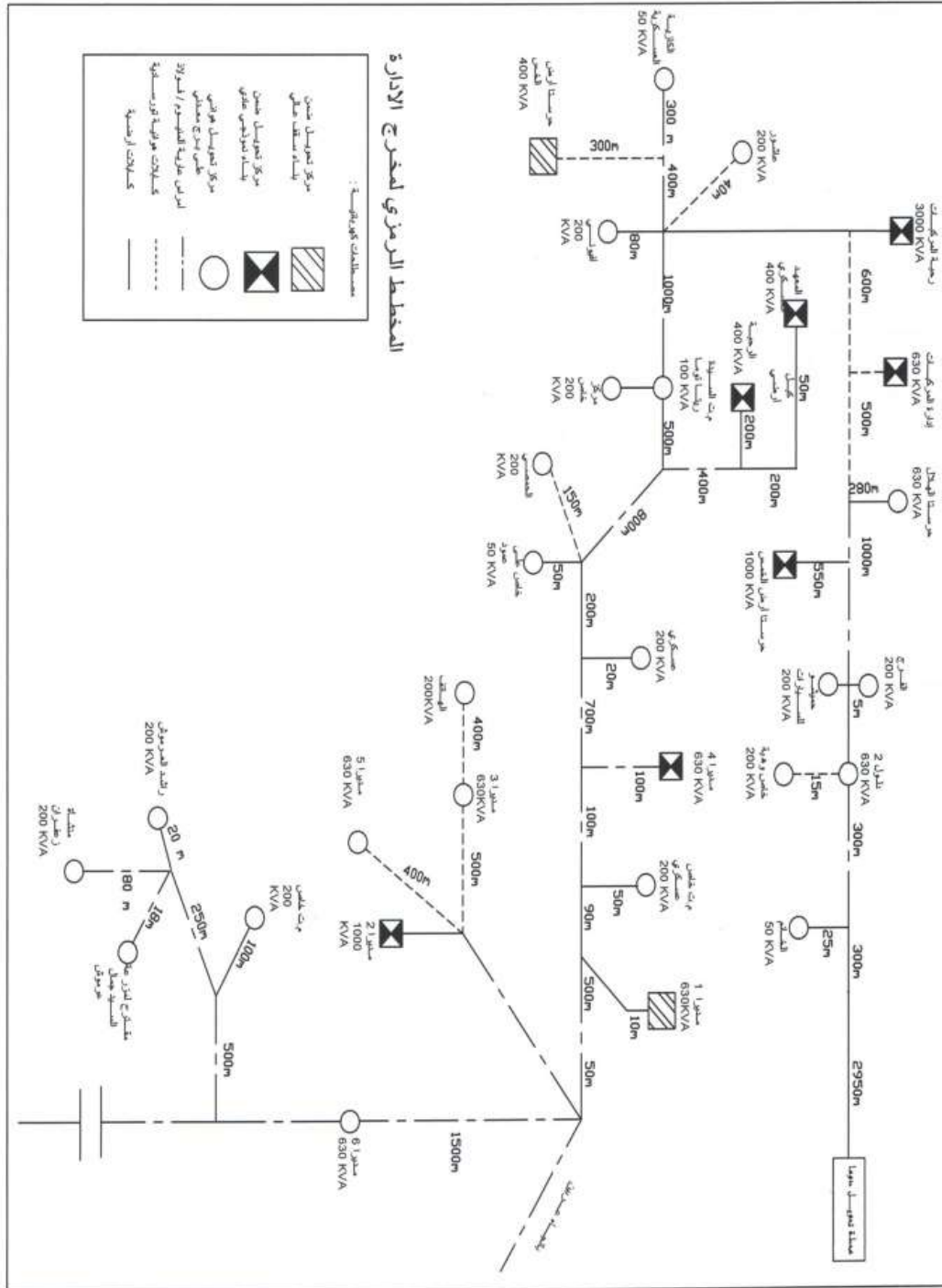
بتعويض قيمة  $I_i$  في المعادلة (2) نحصل على:

$$\frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij} V_j \quad j \neq i \quad (5)$$

ومن هذه العلاقة السابقة نلاحظ أنه ينتج عن النموذج الرياضي لمسألة جريان الحمولة معادلات جبرية غير خطية، ويجب حلها بطرائق التكرار المتتالي. كطريقة غاوص- زايدل الأكثر شيوعاً Gauss-Seidel Power Solution Flow لدراسة جريان الحمولة لابد من حل جملة المعادلات غير الخطية (5)، وتأخذ هذه المعادلات في طريقة غاوص - زايدل الشكل الآتي:

$$V_i^{(k+1)} = \frac{\frac{P_i - jQ_i}{V_i^{*(k)}} \sum y_{ij} V_j^{(k)}}{\sum y_{ij}} \quad j \neq i \quad (6)$$

اذ  $y_{ij}$  المبيّنة بأحرف صغيرة هي السماحية الطبيعية بالكميات الواحدية، و  $P_i$ ،  $Q_i$  الاستطاعة الفعالة والردية بالكميات الواحدية، عند استخدام قانون كيرشوف للتيارات افترض أنّ التيار الداخل إلى العقدة  $i$  هو تيار موجب، ومن ثمّ في الباسبارات التي تحقق فيها الاستطاعة الفعالة والردية مثل باسبارات المولدات فإنّ  $P_i$ ،  $Q_i$  تكون موجبة، في حين في باسبارات الحمولة حيث تجري كل من الاستطاعة الفعالة والردية بعيداً عن الباسبار فإنّ كلّاً من  $P_i$ ،  $Q_i$  تكون سالبة.



الشكل (2) مخطط مخرج الإدارة من شبكة توزيع دوما

الجدول (1): المحددات الكهربائية للجزء المدروس من شبكة توزيع دوما

رقم الخط	نوعه	مقطعه (mm <sup>2</sup> )	طوله (m)	R (Ω/km)	X (Ω/km)
1	هوائي + أرضي		3250	0.192966	0.144
2	ألمنيوم فولاذ	120/21	300	0.2833	0.38
3	ألمنيوم فولاذ	120/21	5	0.2833	0.38
4	كبل	120	208	0.2833	0.12
5	ألمنيوم فولاذ	120/21	1000	0.2833	0.38
6	كبل	120	500	0.2833	0.12
7	كبل	120	600	0.2833	0.12
8	هوائي + أرضي		450	0.45961	0.23556
9	ألمنيوم فولاذ	50/8	400	0.68	0.38
10	ألمنيوم فولاذ	50/8	1000	0.68	0.38
11	ألمنيوم فولاذ	50/8	500	0.68	0.38
12	ألمنيوم فولاذ	50/8	400	0.68	0.38
13	ألمنيوم فولاذ	50/8	800	0.68	0.38
14	ألمنيوم فولاذ	50/8	200	0.68	0.38
15	ألمنيوم فولاذ	50/8	700	0.68	0.38
16	ألمنيوم فولاذ	50/8	100	0.68	0.38
17	ألمنيوم فولاذ	50/8	90	0.68	0.38
18	ألمنيوم فولاذ	50/8	500	0.68	0.38
19	ألمنيوم فولاذ	50/8	800	0.68	0.38
20	ألمنيوم فولاذ	50/8	950	0.68	0.38
21	ألمنيوم فولاذ	50/8	250	0.68	0.38
22	ألمنيوم فولاذ	50/8	302	0.68	0.38
23	ألمنيوم فولاذ	50/8	500	0.68	0.38

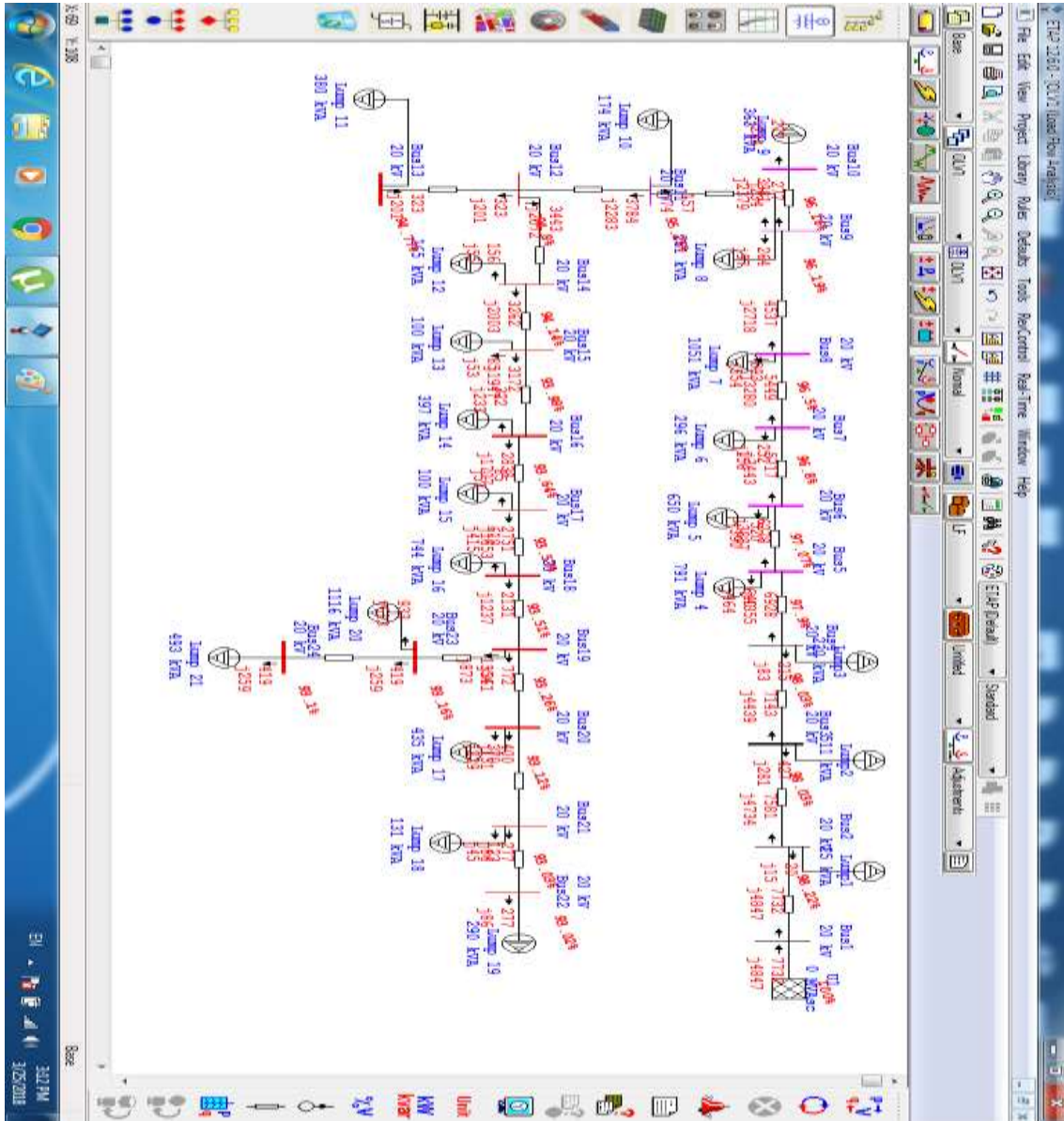
4-1- اعداد البيانات والمعطيات اللازمة عن الشبكة وذلك بمساعدة الأطر المتخصصة في شركة كهرباء ريف دمشق، والجدول رقم (2) يبين نتائج هذه القياسات المدروسة:

لتحديد بارامترات تشغيل هذه الشبكة أجريت القياسات الميدانية عند كل مركز تحويل (باسبار) التي أجريت في أثناء الذروة الشتوية لعام 2012 [4].

الجدول(2): بارامترات التشغيل المقيسة للجزء المدروس من شبكة توزيع دوما

مركز التحويل	اسم مركز التحويل	استطاعته kVA	نسبة التحميل	عامل الاستطاعة	P kW	Q kVA <sub>r</sub>
1	الخاتم	50	50	0.80	20	15
2	دلول/2	630	62	82	321	224
3	خاص/وهبة	200	60	0.88	106	57
4	الفرج	200	65	0.92	120	51
5	حميشو للسيارات	200	50	0.95	95	32
6	حرسنا أرض الخمس	1000	79	0.81	640	464
7	حرسنا الهلال	630	103	0.80	520	390
8	إدارة المركبات	630	47	0.85	252	156
9	رحبة المركبات	3000	35	0.85	893	554
10	عاشور	200	75	0.93	140	56
11	أفيوني	200	65	0.95	124	41
12	حرسنا أرض الخس	400	83	0.76	253	216
13	الكازية العسكرية	50	60	0.80	24	18
14	السيدة ريتا توما	100	75	0.96	72	21
15	مركز خاص	200	50	0.85	85	53
16	الرحبة	400	45	0.85	153	95
17	المعهد العسكري	400	50	0.85	170	106
18	الحمصي	200	70	0.95	133	44
19	خاص على عمود	50	50	0.90	23	11
20	عسكري	200	50	0.85	85	53
21	مديرا (4)	630	63	0.81	322	233
22	خاص	200	50	0.85	85	53
23	مديرا (1)	630	118	0.83	618	415
24	مديرا (6)	630	69	0.85	370	229
25	مركز تحويل خاص	200	65	0.94	123	45
26	راشد عرموش	200	70	0.95	133	44
27	منشأة زعفران	200	75	0.96	144	42
28	مديرا (2)	1000	58	0.85	493	306
29	مديرا (5)	630	85	0.82	440	307
30	مديرا (3)	630	67	0.79	334	256
31	الهاتف	200	72	0.83	120	81

4-2 - دراسة جريان الاستطاعة وحساب الضياعات قبل ادخال التوليد الكهروشمسي:  
طبقت البرنامج المختار ETAP على شبكة واقعية، وهي عبارة عن جزء من شبكة توزيع ريف دمشق المبينة في الشكل (2) ذات الـ 24 باسباراً، والجدول رقم (1) يبيّن محددات هذه الشبكة. وعند محاكاة هذه الشبكة باستخدام برنامج ETAP وحساب الضياع فيها تم الحصول على النتائج الآتية:



الشكل (3) جريان الحموله Load flow قبل ادخال التوليد الكهرو شمسي

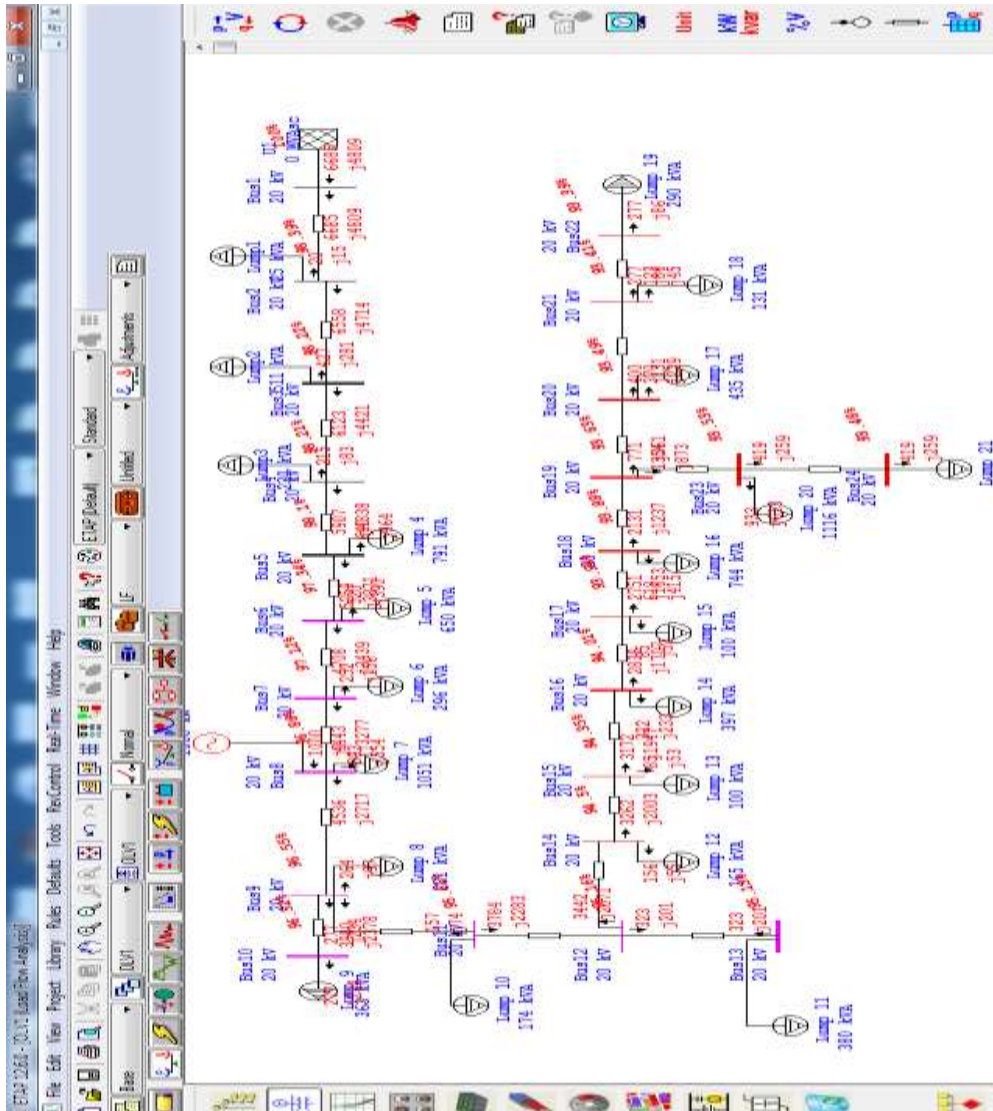


الجدول (3) جريان الحمولة والضياعات قبل ادخال التوليد الكهرو شمسي

CKT / Branch	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
								% Drop	
ID	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	in Vmag
Line1	7.732	4.847	-7.601	-4.749	130.6	97.4	100.0	98.2	1.78
Line2	7.581	4.734	-7.570	-4.720	10.9	14.7	98.2	98.0	0.19
Line3	7.143	4.439	-7.143	-4.438	0.3	0.3	98.0	98.0	0.00
Line4	6.928	4.355	-6.918	-4.351	10.3	4.3	98.0	97.9	0.13
Line5	6.278	3.887	-6.237	-3.833	40.3	54.0	97.9	97.1	0.83
Line6	5.717	3.443	-5.701	-3.436	16.7	7.1	97.1	96.8	0.26
Line7	5.449	3.280	-5.430	-3.272	18.3	7.8	96.8	96.5	0.30
Line8	4.537	2.718	-4.522	-2.710	15.5	8.0	96.5	96.2	0.32
Line9	0.277	0.234	-0.277	-0.234	0.1	0.1	96.2	96.2	0.03
Line10	3.981	2.379	-3.941	-2.357	39.5	22.1	96.2	95.2	0.94
Line11	3.784	2.283	-3.766	-2.273	18.3	10.2	95.2	94.8	0.45
Line12	0.323	0.201	-0.323	-0.201	0.1	0.1	94.8	94.8	0.03
Line13	3.443	2.072	-3.418	-2.058	24.4	13.7	94.8	94.1	0.66
Line14	3.262	2.003	-3.257	-2.000	5.6	3.1	94.1	94.0	0.16
Line15	3.172	1.947	-3.160	-1.940	11.6	6.5	94.0	93.6	0.34
Line16	2.838	1.707	-2.836	-1.706	2.1	1.2	93.6	93.6	0.07
Line17	2.751	1.653	-2.749	-1.652	1.8	1.0	93.6	93.5	0.06
Line18	2.131	1.237	-2.125	-1.234	5.9	3.3	93.5	93.3	0.26
Line19	0.772	0.361	-0.770	-0.360	1.1	0.6	93.3	93.1	0.14
Line22	1.354	0.873	-1.352	-0.872	1.5	0.9	93.3	93.2	0.10
Line20	0.400	0.131	-0.400	-0.131	0.3	0.2	93.1	93.0	0.08
Line21	0.277	0.086	-0.277	-0.086	0.0	0.0	93.0	93.0	0.01
Line23	0.419	0.259	-0.419	-0.259	0.2	0.1	93.2	93.1	0.05
					355.7	256.7			

مصدر التغذية، وآخر بعيد عنه) ومن طبق برنامج ETAP لحساب الضياعات في كلتا الحالتين كما هو مبين في الشكلين (4) و(5)، وفي الجدولين (4) و(5) اللذين يبينان جريان الحمولة والضياعات بعد ربط المحطة الكهروضمسية باستطاعة 1000kW على الباسبار 8 K وعلى الباسبار 23.

3-4- دراسة جريان الاستطاعة وحساب الضياعات بعد ادخال التوليد كهروضمسي:  
 بنتيجة ربط المحطة الكهروضمئية باستطاعة 1000kW على الباسبارن الأكبر تحميلاً: الباسبار 8 باستطاعة 1051kVA، والباسبار 23 باستطاعة 1116kVA (اختير باسبار محمل بحمل كبير قريب من

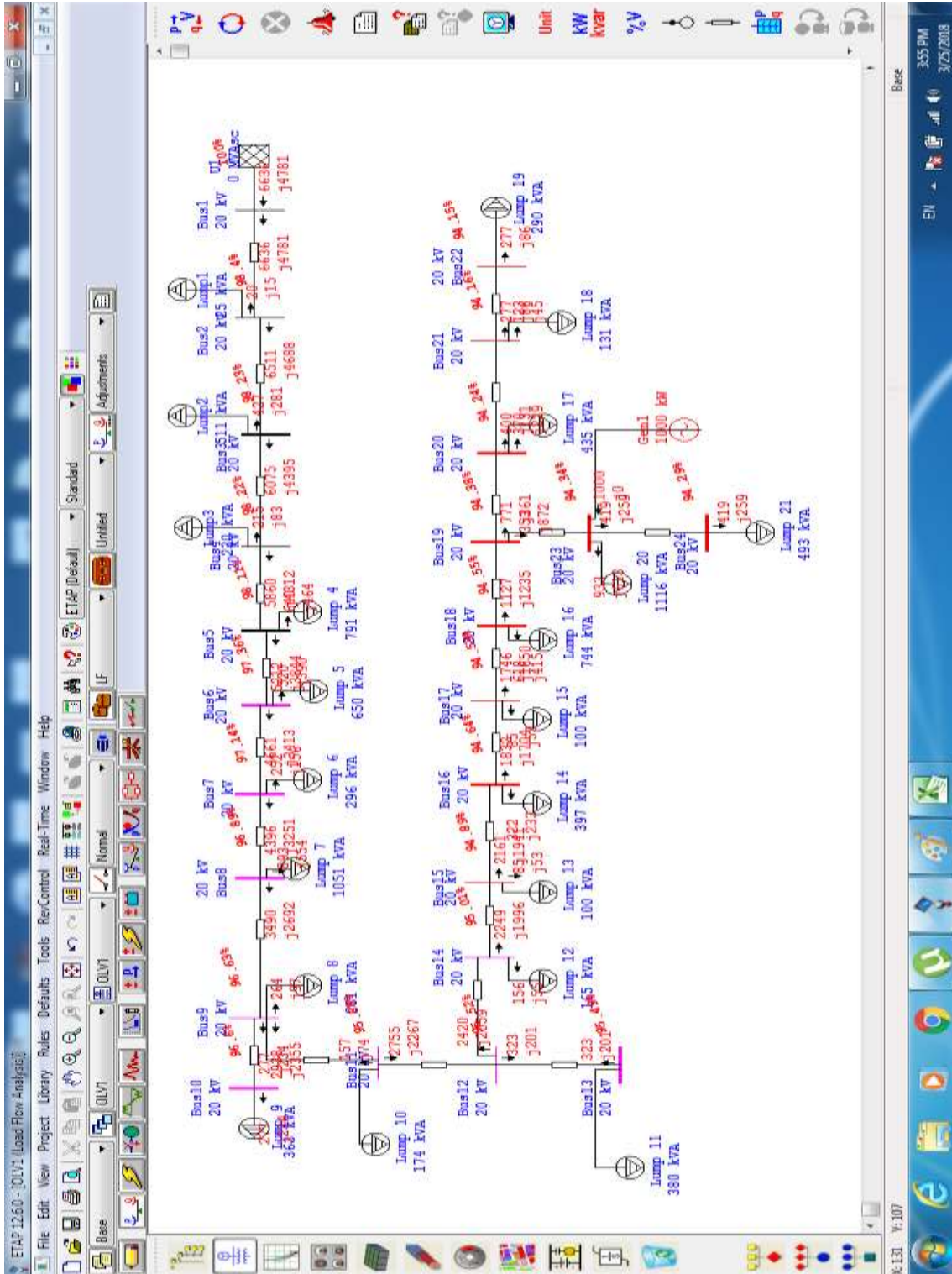


الشكل(4) جريان الحمولة Load flow بعد ادخال التوليد الكهروضمسي باستطاعة 1000kW على الباسبار 8

الجدول (4) جريان الحمولة والضيعات بعد ربط المحطة الكهروشمسية باستطاعة 1000kW على الباسبار 8

CKT / Branch	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
Line1	6.685	4.809	-6.578	-4.729	106.3	79.3	100.0	98.4	1.61
Line2	6.558	4.714	-6.550	-4.702	8.9	11.9	98.4	98.2	0.17
Line3	6.123	4.421	-6.122	-4.421	0.2	0.3	98.2	98.2	0.00
Line4	5.907	4.338	-5.899	-4.335	8.2	3.5	98.2	98.1	0.12
Line5	5.259	3.871	-5.228	-3.829	31.4	42.1	98.1	97.3	0.75
Line6	4.708	3.439	-4.695	-3.433	12.7	5.4	97.3	97.1	0.22
Line7	4.443	3.277	-4.429	-3.271	13.7	5.8	97.1	96.9	0.26
Line8	4.536	2.717	-4.521	-2.710	15.4	7.9	96.9	96.5	0.32
Line9	0.277	0.234	-0.277	-0.234	0.1	0.1	96.5	96.5	0.03
Line10	3.980	2.378	-3.941	-2.357	39.2	21.9	96.5	95.6	0.93
Line11	3.784	2.283	-3.765	-2.272	18.2	10.1	95.6	95.2	0.45
Line12	0.323	0.201	-0.323	-0.201	0.1	0.1	95.2	95.1	0.03
Line13	3.442	2.071	-3.418	-2.058	24.2	13.5	95.2	94.5	0.66
Line14	3.262	2.003	-3.257	-2.000	5.6	3.1	94.5	94.3	0.16
Line15	3.172	1.947	-3.160	-1.940	11.5	6.4	94.3	94.0	0.33
Line16	2.838	1.707	-2.836	-1.706	2.1	1.2	94.0	93.9	0.07
Line17	2.751	1.653	-2.749	-1.652	1.8	1.0	93.9	93.9	0.06
Line18	2.131	1.237	-2.125	-1.234	5.9	3.3	93.9	93.6	0.26
Line19	0.771	0.361	-0.770	-0.360	1.1	0.6	93.6	93.5	0.14
Line22	1.354	0.873	-1.352	-0.872	1.5	0.8	93.6	93.5	0.10
Line20	0.400	0.131	-0.400	-0.131	0.3	0.2	93.5	93.4	0.08
Line21	0.277	0.086	-0.277	-0.086	0.0	0.0	93.4	93.4	0.01
Line23	0.419	0.259	-0.419	-0.259	0.2	0.1	93.5	93.5	0.05
					308.7	218.7			

د. عبد الله ساميز أثر إدخال التوليد الموزع في التكاليف الاقتصادية والبيئية لشبكات التوزيع الكهربائية



الشكل (5) جريان الحمولة Load flow بعد ادخال التوليد الكهرو شمسي باستطاعة 1000kW على الباسبار 23

الجدول (5) جريان الحملية والضياعات بعد ربط المحطة الكهروشمسية باستطاعة 1000kW على الباسبار 23

CKT / Branch	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	% Drop To	
Line1	6.636	4.781	-6.531	-4.703	104.9	78.3	100.0	98.4	1.60
Line2	6.511	4.688	-6.502	-4.676	8.8	11.8	98.4	98.2	0.17
Line3	6.075	4.395	-6.075	-4.395	0.2	0.3	98.2	98.2	0.00
Line4	5.860	4.312	-5.852	-4.308	8.1	3.4	98.2	98.1	0.12
Line5	5.212	3.844	-5.181	-3.803	30.9	41.4	98.1	97.4	0.75
Line6	4.661	3.413	-4.648	-3.407	12.5	5.3	97.4	97.1	0.22
Line7	4.396	3.251	-4.383	-3.246	13.5	5.7	97.1	96.9	0.25
Line8	3.490	2.692	-3.479	-2.686	10.7	5.5	96.9	96.6	0.26
Line9	0.277	0.234	-0.277	-0.234	0.1	0.1	96.6	96.6	0.03
Line10	2.938	2.355	-2.912	-2.341	25.8	14.4	96.6	95.9	0.75
Line11	2.755	2.267	-2.744	-2.260	11.8	6.6	95.9	95.5	0.36
Line12	0.323	0.201	-0.323	-0.201	0.1	0.1	95.5	95.5	0.03
Line13	2.420	2.059	-2.405	-2.051	15.1	8.4	95.5	95.0	0.51
Line14	2.249	1.996	-2.246	-1.994	3.4	1.9	95.0	94.9	0.12
Line15	2.161	1.941	-2.154	-1.937	6.9	3.9	94.9	94.6	0.25
Line16	1.832	1.704	-1.831	-1.703	1.2	0.7	94.6	94.6	0.05
Line17	1.746	1.650	-1.745	-1.650	1.0	0.6	94.6	94.5	0.04
Line18	1.127	1.235	-1.124	-1.233	2.7	1.5	94.5	94.4	0.16
Line19	0.771	0.361	-0.770	-0.360	1.1	0.6	94.4	94.2	0.14
Line22	0.353	0.872	-0.352	-0.872	0.5	0.3	94.4	94.3	0.05
Line20	0.400	0.131	-0.400	-0.131	0.3	0.2	94.2	94.2	0.08
Line21	0.277	0.086	-0.277	-0.086	0.0	0.0	94.2	94.1	0.01
Line23	0.419	0.259	-0.419	-0.259	0.2	0.1	94.3	94.3	0.05
					259.7	190.8			

الكهروشمسية باستطاعة 1000kW و 2000kW، فكانت النتائج كالآتي:

### 5- دراسة أثر تغيير مكان ربط المحطة

الكهروشمسية ونسبة الاختراق:

#### 5 - 1 - أثر مكان ربط المحطة في مقدار خفض

الضياعات:

لدراسة تأثير مكان ربط المحطة في مقدار خفض الضياعات اختير الباسباران الأكثر تحميلاً، فقد أخذ الباسبار رقم 8 المحمل بحمل كبير نسبياً 1051kVA والأقرب إلى مصدر التغذية، ثم الباسبار رقم 23 المحمل بـ 1116 kVA والأبعد عن مصدر التغذية لربط المحطة

الجدول (6) ضياعات الاستطاعة الفعالة والرديئة والتخفيض المئوي لضياع الاستطاعة الفعالة

الضياعات الإجمالية قبل ربط المحطة الكهروضوئية	ضياعات الاستطاعة الفعالة kW	ضياعات الاستطاعة الرديئة kVAr	التخفيض المئوي لضياع الاستطاعة الفعالة
الضياعات الإجمالية قبل ربط المحطة الكهروضوئية	355.7	256.7	—
الضياعات الإجمالية بعد ربط المحطة الكهروضوئية باستطاعة 1000 kW على الباسبار رقم 8	308.7	218.8	13.2 %
الضياعات الإجمالية بعد ربط المحطة الكهروضوئية باستطاعة 1000 kW على الباسبار رقم 23	259.7	190.8	27 %
الضياعات الإجمالية بعد ربط المحطة الكهروضوئية باستطاعة 2000 kW على الباسبار رقم 8	269.6	187.1	24.2 %
الضياعات الإجمالية بعد ربط المحطة الكهروضوئية باستطاعة 2000 kW على الباسبار رقم 23	191.0	142.6	46.3 %

5 - 2 - أثر قيمة نسبة الاختراق في مقدار خفض الضياعات: المحطة الكهروضوئية بمقدار 1000 kW ثم بمقدار 2000 kW تركيب على الباسبار الأبعد رقم 23 فكانت

لدراسة تأثير قيمة نسبة الاختراق Penetration النتائج كالاتي:

Ratio في مقدار خفض الضياعات فقد عدت استطاعة

الجدول (7) نسبة الاختراق على مقدار خفض الضياعات والتخفيض المئوي لضياعات الاستطاعة الفعالة

الاستطاعة الفعالة للمحطة المدروسة kW	نسبة الاختراق	التخفيض المئوي لضياعات الاستطاعة الفعالة
6847	14.6 %	27 %
6847	29.2 %	46.3 %

تحميلاً، والقريب من مصدر التغذية)، نلاحظ كما هو مبين في الجدول (4) أن الضياعات من الاستطاعة الفعالة بعد ربط المحطة الكهروضوئية (DG) انخفضت من 355.7 kW إلى 308.7 kW، وضياع الاستطاعة الرديئة من 256.7 kVAr إلى 218.7 kVAr بنسبة تخفيض لضياع الاستطاعة الفعالة 13.2%.

## 6- مناقشة النتائج والاستنتاجات:

- 1 - ازداد الاهتمام هذه الأيام في التوليد الموزع لما له من ميزات فنية واقتصادية وبيئية. ومن أهم مزايا تطبيق هذا النظام هو التقليل من ضياعات الطاقة الكهربائية في خطوط التوزيع، وما ينجم عن ذلك من تقليل الإصدارات الملوثة للبيئة.
- 2 - عند ربط محطة توليد كهروضوئية استطاعتها 1000kW على الباسبار 8 (اختير أكثر الباسبارات

ادخال المحطة الكهروشمسية نأخذ حالة ربط المحطة باستطاعة 1000kW، فبإدخالها يجري توفير kWh 1700000 من التوليد الحراري التقليدي سنوياً، وهذا بدوره يوفر ما يزيد على 400 طن نفط مكافئ سنوياً قيمتها حسب الأسعار المعمول بها في وزارة الكهرباء لا تقل عن 110 مليون ليرة سورية، أما عن تخفيض التكاليف البيئية فإن توفير حرق ما يزيد على 400 طن من نفط مكافئ سوف يؤدي إلى تقليل إصدارات غاز CO<sub>2</sub> بأكثر من 1200 طن من غاز CO<sub>2</sub> سنوياً.

هذا فضلاً عن الوفرة الاقتصادية والبيئية الناتج عن خفض الضياعات بفعل ادخال المحطة الكهروشمسية، فعند ربط المحطة الكهروشمسية باستطاعة 1000kW على الباسبار رقم 23 نرى أن الوفرة في ضياعات الاستطاعة الفعالة بلغ 96 kW، مما يؤدي إلى وفر في الطاقة الضائعة يقدر بحدود 576000 kWh، يقابلة وفر في الوقود المستهلك لا يقل عن 133 طن نفط مكافئاً سنوياً، وهذا يعني تخفيض في إصدارات غاز CO<sub>2</sub> بنحو 400 طن من غاز CO<sub>2</sub> سنوياً.

هذه التخفيضات في التكاليف الاقتصادية والبيئية نتيجة ادخال محطة كهروشمسية واحدة باستطاعة 1MW فقط، وهذا يبين ضرورة تركيب عشرات الميغا واط من الطاقات المتجددة وأهميتها على مستوى الشبكة الوطنية، كما تخطط لها وزارة الكهرباء السورية.

3 - عند ربط محطة توليد كهروشمسية استطاعتها 1000kW على الباسبار 23 (اختير أكثر الباسبارات تحميلاً والبعيد عن مصدر التغذية)، نلاحظ كما هو مبين في الجدول (5) أن الضياعات من الاستطاعة الفعالة بعد ربط المحطة الكهروشمسية انخفضت إلى 259.7kW، ومن الاستطاعة الرديئة إلى 190.8kVAr بنسبة تخفيض لضياع الاستطاعة الفعالة 27%.

وعند ربط محطة توليد كهروشمسية استطاعتها 2000kW على الباسبارين 8 و 23 ذاتهما كانت نسبة التخفيض لضياع الاستطاعة الفعالة على التوالي 24.2% و 46.3%.

( لم أعرض النتائج التفصيلية عند الربط على باسبارات أخرى تقيداً بشروط النشر من حيث عدد الصفحات)

4 - نلاحظ أيضاً أن التوتر قد ارتفع على أخفض باسبار من 93% عند الباسبار 20 و 21 إلى 93.4% عند إضافة محطة كهروشمسية باستطاعة 1000 kW على الباسبار 8، وارتفع إلى 94.2% عند إضافتها على الباسبار 23.

5 - عند زيادة استطاعة المحطة الكهروشمسية إلى 2000kW ارتفع التوتر على الباسبارين ذاتهما إلى 93.8% على الباسبار 8، وإلى 95.3% على الباسبار 23.

كما تبين النتائج أن التوتر على الباسبارات جميعها قد تحسن، وأن التحسن يزداد مع زيادة نسبة الاختراق للتوليد الموزع، وكذلك مع زيادة بُعد مكان الربط عن مصدر التغذية.

6 - للوقوف على مدى خفض التكاليف الاقتصادية والبيئية [5 و 6] لشبكات التوزيع الكهربائية نتيجة

## 7- المراجع: References

- [1]- حمزة، علي والسويدان، حسان " نظم القدرة الكهربائية - جريان الحمولة والأعطال الكهربائية"، منشورات جامعة دمشق، 2007 .
- [2]- mk : @ MSITStore: \ ETAP % 20600\Etaps\*.chm :/Chapter\_16, 2011
- [3] بيانات من دائرة الدراسات في شركة كهرباء ريف دمشق .
- [4] الخطيب، محمد موفق " استخدام المكثفات فائقة السعة لتقليل الضياع في شبكات التوزيع الكهربائية"، رسالة ماجستير، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية بجامعة دمشق، 2012 .
- [5] - Voker Quaschnig, Regenerative Energiesysteme, Carl Hanser Verlag GmbH, Munich / FRG, 2003.
- [6]- Nikolai V. Khartchenko, Umweltschonende Energietechnik Verlag und Druck GmbH, Wurzburg / Germany, 2000.

Received	2018/05/09	إيداع البحث
Accepted for Publ.	2018/08/27	قبول البحث للنشر