خوارزمية إعادة تأهيل نظام القدرة الكهربائية بعد حدوث ظاهرة التعتيم العام ودور الحماية الترددية في تفادي حصوله

د. نضال ريس*

د. عبدالله ساميز**

عماد خميس***

(تاريخ الإيداع 14 / 1 / 2021. قُبِل للنشر في 1/ 3 / 2021)

□ ملخّص □

إن اغلب الأبحاث الكهربائية تهتم بالمشكلات والأعطال المتكررة التي تحدث في المنظومة الكهربائية وتجهيزاته، بيد أن هناك أنواع من الأعطال نادر الحدوث لكن له آثاره الضارة الكبيرة فنيا واقتصاديا ومن أهم هذه الأنواع من الأعطال التعتيم العام، حيث لم تتناول الأبحاث هذا النوع من الأعطال بقدر كاف من التحليل. وبما أن الشبكة الكهربائية السورية في الفترة السابقة تعرضت إلى عدة حالات تعتيم لذلك سنقوم في هذا البحث بدراسة تحليلية لحدوث ظاهرة التعتيم ودور الحمايات الترددية في التخفيف من حدوث هذه الظاهرة، كما سوف نقدم خوارزمية مثلى لإعادة تأهيل المنظومة الكهربائية بعد حدوث ظاهرة التعتيم العام.

الكلمات المفتاحية: التعتيم العام، الحماية الترددية، تأهيل نظم القدرة، الانقطاع العام.

*أستاذ– كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية– جامعة دمشق – دمشق– سورية.

**أستاذ – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية– جامعة دمشق – دمشق– سورية.

***طالب دكتوراه – قسم هندسة الطاقة الكهربائية– كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية– جامعة دمشق – دمشق– سورية.

The Electrical Power System Rehabilitation Algorithm After the Occurrence of the General Blackout Phenomenon and the Role of Frequency Protection in Avoiding it

Dr. Nidal Rayyes*
Dr. Abdullah Sameez**
Emad Khamis***

(Received 14 / 1 / 2021. Accepted 1 / 3 / 2021)

□ ABSTRACT □

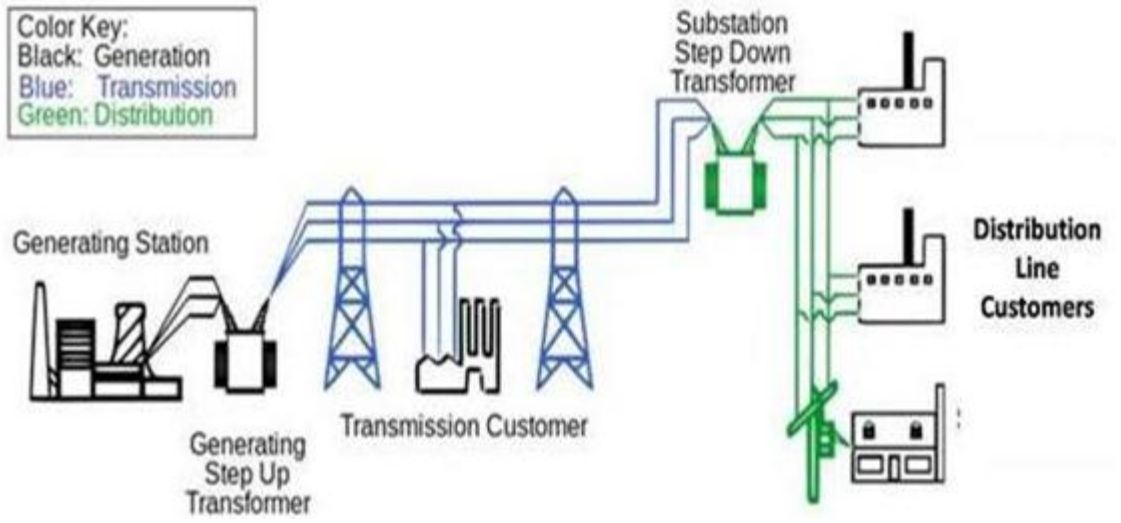
Most electrical research is concerned with the frequent problems and faults that occur in the electrical system and its biases. However, there are rare types of malfunctions, but they have major harmful effects technically and economically, and the most important of these types of faults is the general blackout, as the research did not address this type of failure with sufficient analysis. Since the Syrian electrical network in the previous period has been subjected to several cases of blackout, therefore, in this research we will conduct an analytical study of the occurrence of the phenomenon of blackout and the role of reciprocating protections in mitigating the occurrence of this phenomenon, and we will also provide an optimal algorithm for the rehabilitation of the electrical system after the occurrence of the phenomenon of general blackout.

Keywords: general blackout, frequency protection, power system, rehabilitation, general outage.

* **Professor - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering - Damascus University- Damascus- Syria.**
****Professor - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering - Damascus University- Damascus- Syria.**
*****Postgraduate Student (PhD.) – Department of Electrical Power Engineering - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering- Damascus University- Damascus- Syria.**

مقدمة:

نظام القدرة الكهربائي هو مجموعة العناصر الكهربائية المتصلة بعضها ببعض التي تقوم بتوليد الطاقة الكهربائية وتحويلها، ونقلها، وتوزيعها، واستهلاكها. يبين الشكل(1) بنية نظام قدرة كهربائي.



الشكل(1) بنية نظام القدرة الكهربائي.

إن أغلب الأبحاث الكهربائية تهتم بالمشكلات والأعطال المتكررة التي تحدث في المنظومة الكهربائية وتجهيزاته، بيد أن هناك أنواع من الأعطال نادر الحدوث لكن له آثاره الضارة الكبيرة فنياً واقتصادياً ومن أهم هذه الأنواع من الأعطال التعتيم العام، حيث لم تتناول الأبحاث هذا النوع من الأعطال بقدر كاف من التحليل. وبما أن الشبكة الكهربائية السورية في الفترة السابقة تعرضت إلى عدة حالات تعتيم لذلك سنقوم في هذا البحث بدراسة تحليلية لحدوث ظاهرة التعتيم ودور الحمايات الترددية في التخفيف من حدوث هذه الظاهرة، كما سوف نقدم خوارزمية مثلى لإعادة تأهيل المنظومة الكهربائية بعد حدوث ظاهرة التعتيم العام.

1 – تعريف الانقطاع العام أو التعتيم وانقطاع التغذية الكهربائية الكلي والجزئي:[1]،[2]

الانقطاع العام هو فقدان التغذية الكهربائية كلياً أو جزئياً لفترة زمنية تبدأ من 30 دقيقة وحتى فترة طويلة تمتد لساعات أو أيام. ويتم تصنيف حالات الانقطاع العام وحالات فصل نظام القدرة الكهربائية بكامله أو فصل جزء منه عن التغذية في ثلاث مجموعات:

– انقطاعات تغذية قصيرة الأمد وتحدث في حالة الأعطال العابرة في النظام.

– انقطاعات تغذية متوسطة الأمد وتحدث في حالة هبوط توتر في النظام ناتج عن زيادة التحميل لفترة زمنية ليست طويلة وتسمى أيضاً الانقطاعات البنية (Brownout).

– انقطاعات طويلة الأمد وتحدث عند خروج محطات تحويل من الخدمة، وهي أصعب وأعقد الحالات إذ لا يمكن اعادة تأهيل نظام القدرة وإعادته الى الحالة الطبيعية بسرعة وقد يتطلب هذا الأمر عدة دقائق أو أيام أو أسابيع وذلك حسب سبب الانقطاع وبنية وشكل الشبكات الكهربائية، وتسمى هذه الانقطاعات أيضاً التعتيم (Blackout).

2- أسباب حدوث التعتيم والآثار السلبية الناجمة عنه على نظام القدرة الكهربائي [4]،[3]،[5]:

إن من أهم أسباب حدوث حالات التعتيم هي التالية:

1. تماس الحيوانات بالشبكة (طيور، زواحف، حيوانات برية).
2. زيادة الحمولة.
3. الأحوال الجوية (ثلوث، أمطار، سيول).
4. سقوط الأبراج او قطع النواقل.
5. عطل بالتجهيزات وخاصة أعطال مجموعات التوليد.
6. حدوث انهيار مفاجئ وكبير على خطوط التوتر العالي 230kV و 400kV.
7. فشل الحمايات عند خروج محطات التوليد أو عند زيادة الحمل.
8. عدم توزيع الحمايات الترددية بالشكل المناسب.

من الأسباب الواردة أعلاه السبب 2 الناجم عن زيادة التحميل، والسبب 5 الناجم عن الأعطال في مجموعات التوليد، ويمكن أخذ اجراءات فنية من أجل تفادي حصول هذين السببين، وذلك باستخدام الحمايات الترددية وهذا ما سنوضحه لاحقا في هذا البحث.

3- خوارزمية حدوث ظاهرة التعتيم [6] [7] [8]:

يوضح الشكل(2) خوارزمية حدوث حالة الانقطاع والتعتيم حيث يتعرض النظام للضغط فيصبح نظام مرهق مما يؤدي إلى خلل بعمل الحمايات الكهربائية، وبالتالي فقدان التزامن وحدوث التعتيم.

الشكل (2) خوارزمية حدوث حالة التعتيم

4- استخدام الحمايات الترددية من أجل التخفيف من حالات التعتيم: [8] [9]

يعتبر التردد من أهم البارامترات الفيزيائية الخاصة بنظم القدرة الكهربائية، حيث يعتبر ثبات التردد عند القيمة الاسمية أو اقرب ما يمكن فيها من اهم مؤشرات تصميم وتوصيف الشبكة الكهربائية، لذلك كانت الحمايات الترددية من اهم مكونات نظم الحمايات إلى جانب الحمايات الاخرى المتطورة التي تستخدم في المراقبة والتحكم بالتشغيل في انظمة القدرة.

إن مبدأ عمل الحماية الترددية هو الحفاظ على التردد ضمن مجال محدد وأقرب ما يمكن الى التردد الاسمي وبسماحيات محددة. ويهدف ذلك لتحقيق التوازن بين الطاقة المطلوبة للأحمال والطاقة المولدة والمتاحة لدى انظمة التوليد وضمن توتر وتردد محدد لهذا النظام وبمجالات مبرمجة تسمح بالتوازن لتحافظ على استقرار نظام القدرة وعدم انهياره.

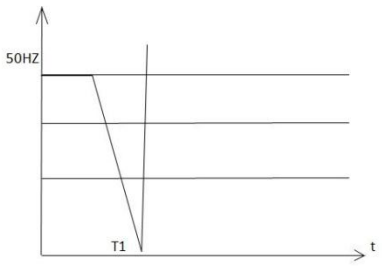
تقوم الحماية الترددية بمراقبة تردد الشبكة الكهربائية بشكل مستمر وهي حماية بسيطة مركبة على **المولدات ومخارج الأحمال**.

- ✓ عند تركيبها في مخارج الأحمال كحماية للشبكة الكهربائية من زيادة الحمولة في فترات الذروة، تقوم بفصل احمال كهربائية معادلة لزيادة الحمل للمحافظة على استقرار الشبكة (50Hz).
- ✓ عند تركيبها في مجموعات التوليد تستخدم كحماية رئيسية للمحافظة على سرعة دوران المولد، وتقوم بفصل المجموعة لتفادي الاعطال الميكانيكية والضرر بهذه المجموعات عند حالة اضطراب عمل المنظومة بشكل كامل.

عند زيادة الحمولة على مجموعات التوليد المركبة على الشبكة الكهربائية تقوم المجموعات بزيادة العزم الميكانيكي لمواجهة التغيرات (التوتر، التردد)، وبالتالي سرعة دوران هذه المجموعات بزيادة كمية الوقود والمحافظة على سرعة دوران محددة وبالتالي رفع التردد الى قيمة (50Hz)، ويتم ذلك بمشاركة كافة المجموعات بحسب أحمالها أثناء زيادة الحمولة، وعملياً يتم التحكم بسرعة الدوران، ويمكن للمجموعات العمل ضمن حدود 5% من التردد الاسمي اي بحدود (47.5Hz) للمجموعات الحرارية، ويرتفع هذا التردد ليصبح بحدود (48.3Hz) للمجموعات الغازية .

تدعى هذه الحالة بحالة عدم استقرار للشبكة الكهربائية نتيجة زيادة الحمولة ويترافق مع انخفاض التوتر الى قيمة غير مقبولة ولضرورة المحافظة على استقرار الشبكة (توتر+ تردد) يتم العمل على اعادة بارامترات الشبكة الى الوضع المثالي وفق الاجراءات التالية:

1. عند زيادة الحمولة بشكل صغير (حمل زائد) تقوم مجموعات التوليد بالتعويض.
2. عند زيادة الحمولة بشكل كبير (حمل زائد مفاجئ) تقوم الحماية الترددية المركبة على فصل بعض الاحمال الغير ضرورية لإعادة التوازن بين التوليد والحمل.
3. عند فصل مجموعات توليد كبيرة بشكل مفاجئ عند الحمولة الاسمية للشبكة دون وجود فائض توليد دوار لتعويض خروج الاحمال المفاجئة يتم استخدام الحماية الترددية لفصل احمال مهمة وكبيرة وبشكل سريع وبدون تأخير زمني والاعتماد على خاصية (df/dt) وبحدود (100ms) كما في الشكل(3).

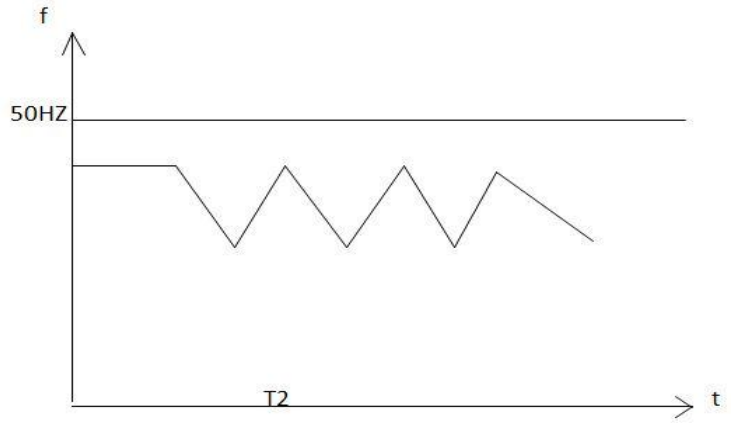


T1=100MS حالة خروج مجموعات كبيرة

الشكل(3) خروج مجموعات توليد كبيرة

4. تراقب الحماية الترددية تردد الشبكة الكهربائية عبر محولات التوتر المركبة وبشكل دائم وأغلب الحمايات الحديثة مؤلفة من عدة ترددات (3) مع إمكانية معايرة زمن الفصل لهذه الترددات.

5. بعض الحمايات مزودة بخاصية (df/dt) التغير السريع للتردد بحيث تلغي عمل المراحل الثلاثة وتقوم بالفصل فوراً بزمن صغير جداً. كما في الشكل(4)



الشكل(4) زيادة التحميل لزمن طويل

كما أن الحماية الترددية هي حماية رئيسة في مجموعات التوليد لحماية انخفاض التردد الى قيم التشغيل المحددة من قبل الشركات و حسب نوع المولدة (غاز، فيول، مركب) وتتراوح ما بين (48.3 ولغاية 47.5) وهي حماية للمولدة وهي تعمل على ارتفاع التردد أيضاً بحدود (52Hz). ولا تستخدم في حمايات الشبكة الكهربائية على التوترات (66, 230, 400kV).

تستخدم في أحمال 20kV كحماية لاستقرار الشبكة Load shedding، يتم قياس التردد عبر محولات التوتر المركبة على البارات (20, 66, 230kV) لكل حماية ترددية يوجد ثلاث مراحل تردد يمكن معايرتها على ثلاث اوامر فصل stage 1,2,3 مع وجود تأخير زمني (الحمايات الرقمية الحديثة).

تعتبر الحماية الترددية من الحمايات البسيطة والفعالة ويتم تركيبها في الشبكات الكهربائية وخاصة على التوترات المنخفضة (التوتر المتوسط) ليتم عزل بعض الأحمال غير الضرورية عند زيادة الطلب على الطاقة في ساعات الذروة الموسمية (شتاء وصيفاً) عندما تكون الاستطاعة المركبة في الشبكة مساوية للأحمال مع زيادة بسيطة على المحولة بحيث تحافظ على تردد الشبكة (50 Hz).

القيم المقبولة لهذه القيم بحدود (49.75Hz) ويتم حسابها وفق برامج حمولة تحدد أكبر المجموعات وأصغر المجموعات المركبة على الشبكة ولا يوجد منحني معين لانخفاض التردد يمكن التنبؤ به وخاصة تغير الأحمال على مخارج التوتر المتوسط وعدم إمكانية معرفة توقيت فصل أي مجموعة وهذا ينطبق على الشبكات القوية والمستقرة.

خلال الظروف الصعبة التي مرت على الشبكة الكهربائية السورية بخروج مجموعات توليد كبيرة وتضرر خطوط الشبكة وبشكل كبير بالإضافة الى نقص الغاز والفيول أصبحت الشبكة السورية صغيرة جداً. وبالتالي فأن فصل

المحولة أو خروج مجموعة صغيرة تؤدي الى انخفاض التردد أو زيادته وبشكل سريع وتوليد سلسلة من خروج المجموعات على التوالي عند انخفاض التردد وتبدأ هذه المجموعات بالفصل اعتباراً من التردد (48.3Hz) بدءا من مجموعة بانياس الحرارية حتى تصل الى المجموعات البخارية بتشرين بحدود (47.5 لمدة 15sec).

وعملياً يوجد نوعين من انخفاض التردد:

1. لحظي وسريع جداً (خروج مجموعة توليد عن الخدمة لأي سبب) (100ms).
2. تدريجياً ولكن بطيء (تغير أحمال) (تبديل تقنين) (0.5–15sec).

خلال سنوات الأزمة تم استخدام الحماية الترددية لمنع حدوث الانقطاع العام والتعتيم الكامل وعلى كافة مستويات التوتر (400, 230, 66, 20kV) كما يلي:

- ✓ مجموعة 1 – 20kV تركب على مخارج 20kV (49.75 – 49.6) أما حالياً (48.7 – 48.6).
- ✓ مجموعة 2 – 66kV تركب على وصول 20kV (49.5 – 49.2) أما حالياً (48.65).
- ✓ مجموعة 3 – 66kV وصول محولات 66 (48.85 – 48.75) اما حالياً (48.53 – 48.50).
- ✓ مجموعة 4–400 ك ف على خطوط الربط الدولي (لبنان سابقاً) 49.5.

يتم حساب الاستطاعة المفصولة لكل من المجموعات م1، م2، م3.

م1 / للمحافظة على التردد على الشبكة ومواجهة حالات تبديل التقنين وزيادة الحمولة.

م2 / للمحافظة على المجموعات وخاصة عند فصل مجموعة توليد صغيرة نسبياً.

م3 / مجموعات محولات 66/230kV موزعة على الشبكة السورية والغاية منها فصل حمولة تعادل أو أكبر من مجموعة التوليد الذي خرج من الخدمة.

كانت النتيجة فعالة في بداية الازمة للمحافظة على الشبكة الكهربائية و التي كانت في اصغرها (1400MW) أو أقل وخلال هذه الفترة تم استخدام و تغير التردد الى قيم منخفضة جداً و خطرة بحدود (48.65–48.50).

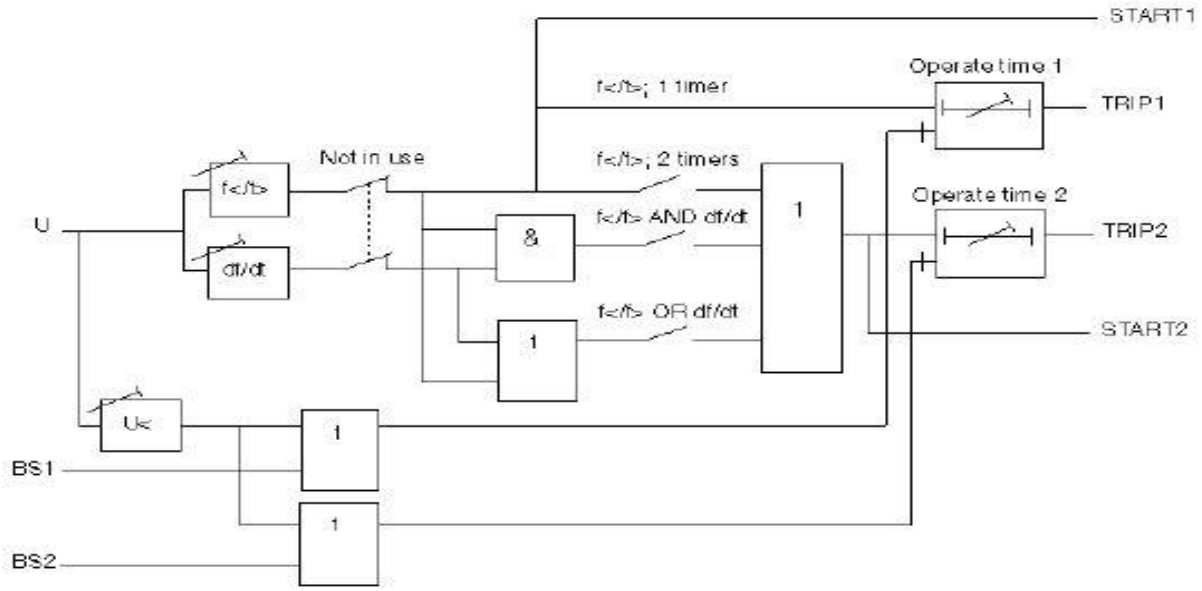
لقد كانت أغلب حالات التعتيم قبل عام 2012 متعلقة بأعطال على خطوط التوتر العالي وخروج مجموعات توليد كبيرة عن الخدمة ولكن في أعوام (2012، 2013، 2014، 2015) كانت الشبكة صغيرة جداً مع خروج خطوط توتر عالي. وما بين عامي 2015 و 2019 انخفضت حالات الانقطاع العام وكان معظمها مرتبط بنقص الوقود المفاجئ أحياناً و مع زيادة حجم الشبكة توجهنا للاستقرار أكثر. كما أن نقص التوليد (غاز + فيول) في الفترة السابقة توثر بشكل كبير على استقرار الشبكة مع زيادة الحمولة والتغير الجغرافي للمناطق.

لقد كان عمل الحماية الترددية خلال الفترة السابقة والفترة الحالية هو عمل لإنقاذ الشبكة من الانهيار وهذه الحماية غير مصممة لهذا العمل بل تعمل على استقرار التردد في الشبكات القوية. لقد عملت الحماية الترددية بشكل جيد خلال حالات خروج مجموعات التوليد عن الخدمة وأنقذت الشبكة عدت مرات خلال الاعوام السابقة عن طريق فصل محولات 230/66 ك ف عن الشبكة. ولكن إلى جانب هذه الايجابيات لاستخدام الحماية الترددية هناك مساوئ تتمثل في أنها تؤدي إلى فصل الأحمال بشكل كبير جداً وبالتالي عمل القواطع الالية بشكل متكرر يؤدي الى حدوث انهيارات بسبب انتهاء العمر الفني لها من كثرة عملها (يومياً في بعض الأيام الى (50–40) مرة وسطياً. ويمكن التقليل من عملها بالتوزيع المناسب للحمولة وعدم زيادة الحمولة على التوليد وعدم تطابق مواعيد التقنين.

من الناحية العملية وحسب ظروف وحجم واستطاعة الشبكة وجودتها يمكن استخدام الحماية الترددية على كافة المستويات (فصل الاحمال) لكن عادة في الشبكات المستقرة يتم استخدامها في التوترات الأدنىkV66-20 مثلاً لتحافظ على الاستقرار، في الحالات الاستثنائية كواقع شبكتنا يتم استخدامها في كافة التوترات.

5- دور الحمايات الترددية في الشبكة السورية:

بالنسبة للشبكة السورية تدرجت الاستطاعة من 800MW إلى أن وصلت عام 2010 ما يقارب 10000MW، وقد مرت الشبكة في الثمانينيات من القرن الماضي بمتغيرات عدة اهمها نقص التوليد بالمقارنة مع المطلوب و كان هناك تقنين ما بين عام 1980 حتى عام 1994 وباستقرار الشبكة لمدة تزيد عن 16 عام خلال هذه الفترة لم يكن هناك دور فعال للحمايات الترددية في حمايتها من الانهيار الناتج عن الحمولة الزائدة بل كانت فقط لضبط تشغيل وسرعة دوران العنفات وفي ذلك الوقت كانت تستخدم بعض الحمايات الترددية في بارات 20kV وكان معظمها خارج العمل. ويبين الشكل (5) مخطط صندوقي وظيفي مبسط للحماية الترددية ضد حالات انخفاض وارتفاع التردد.



الشكل (5) مخطط صندوقي وظيفي مبسط للحماية الترددية ضد حالات انخفاض وارتفاع التردد.

6 - خوارزمية إعادة تشغيل وتأهيل الشبكة بعد حالات الانقطاع العام:[10]

لا بد بعد حدوث التعتيم العام وخروج مجموعات التوليد عن الخدمة من إعادة تشغيل المنظومة الكهربائية من جديد وهي عملية ليست سهلة ومعقدة وتحتاج الى خبرة كبيرة من مراكز التنسيق والتحكم وغالباً ما تكون هذه الحوادث جديدة لأغلب المهندسين والعاملين في قيادة الشبكة الكهربائية بسبب إمكانية عدم حدوث أي حادثة تعتيم خلال عملهم في حالات استقرار الشبكة الكهربائية. لقد مرت سورية بعدة حالات تعتيم خلال الازمة زادت من خبرة العاملين بشكل كبير وخاصة في إعادة تشغيل الشبكة خلال أزمنة صغيرة مع العلم بعدم وجود الإمكانات الفنية والتقنية الضرورية.

بعد دراسة حالات التعتيم التي حدثت في الشبكة السورية تم التوصل الى اعتماد الاستراتيجية التالية كأفضل خطة لإعادة المنظومة الكهربائية إلى الخدمة:

1) اعتماد مصدر توتر إقلاع بهدف إيصاله الى جميع محطات التوليد. عادةً تستخدم المحطات المائية كسد الثورة والبعث وتشرين وفي حال غيابه تستخدم عنفات توليد صغيرة تعمل على الديزل باستطاعة (30–35 MW) موجودة في الناصرية وجندر. هناك مصدر ثالث يكون من دول الجوار في حال التعتيم العام وفي سورية استخدمت مرتين من لبنان.

2) عند إعادة تشغيل وتأهيل الشبكة يفضل تشغيل المحطات المائية ثم المحطات الغازية.

3) يتم اختيار أسرع المجموعات بالربط والإقلاع على الشبكة ويتم البدء بأكبر مجموعة جاهزة للإقلاع إن وجدت أو البدء بعدة مجموعات صغيرة متباعدة جغرافياً.

4) البدء بتغذية الأحمال القريبة جداً من مجموعات التوليد وتغذية الأحمال المهمة بشكل دائم بما يتناسب مع حمولة مجموعة التوليد وعدم تغذية محطات التوتر العالي البعيدة بسبب ارتفاع التوتر نتيجة ارتفاع التيار السعوي للخطوط الطويلة ويتم تثبيت الحمولة وفق المجموعة المولدة والمحافظة على التردد بشكل ثابت.

5) بعد استقرار عمل المجموعات الأولية والجاهزة للإقلاع الأعمى يتم البدء في ربط مجموعات التوليد مع بعضها عبر خطوط الربط ويتم أرسال التوترات الى المحطات التي تحتاج توتر لإقلاع المجموعات.

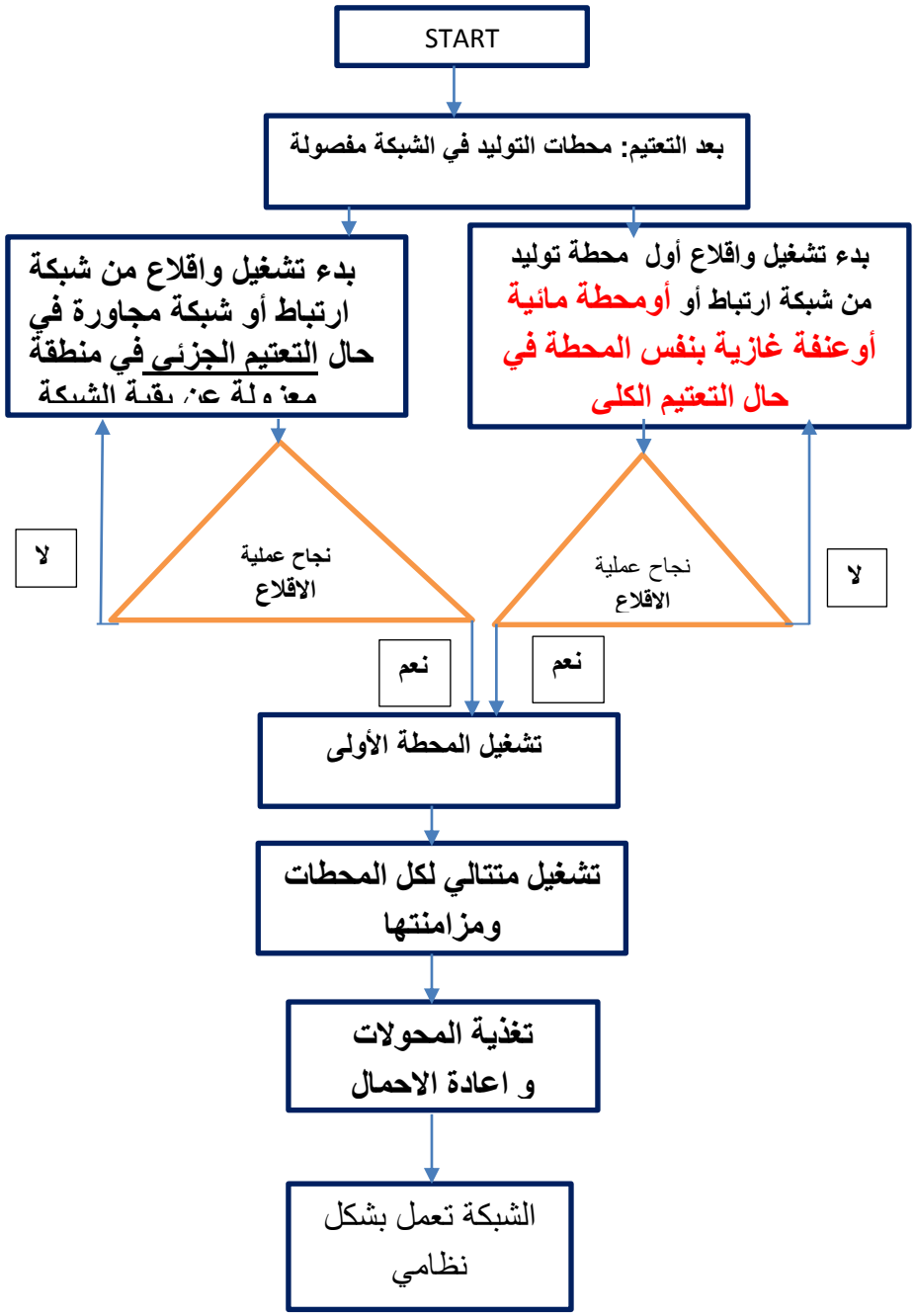
6) يتم ربط كافة المجموعات الجاهزة وتغذية الأحمال وفق التوليد المتوفر وفي الشبكات الصغيرة يتم ضبط الحمولة وعدم زيادتها بسبب التأثير الكبير في التردد ويصبح احتمال حدوث تعتيم جديد محتمل.

7) بعد استقرار الشبكة وتغذية المحطات الأساسية يتم تنظيم الشبكة من حيث مجموع التوليد ومجموع الحمولة ومراقبته دائماً.

8) في حالات عدم وجود أكثر من مجموعة اقلاع أعمى واحدة يتم أرسال توتر عبر محطات التحويل الى أقرب مجموعة توليد ليتم اقلاعها ويفضل ان تكون (غازية) بسبب زمن الاقلاع السريع حوالي 20 دقيقة بينما المجموعات البخارية تتطلب عدة ساعات وفي هذه الحالات يجب مراقبة توترات الشبكة الكهربائية بشكل دائم والتي ترتفع الى قيم حدية خطرة جداً وقد يرافقه حدوث تفريغ على التجهيزات وتضررها.

تتراوح مدة الانقطاعات العامة بين (2 و 8 ساعات) في بعض الحالات من لحظة التعتيم الى استقرار الشبكة و هذا يعتمد على مدى التعاون و التنسيق بين عمل المجموعات و المحطات.

هذه الاستراتيجية التي تتألف من ثمان خطوات يمكن التعبير عنها بواسطة الخوارزمية المبينة على الشكل (6).



الشكل(6) خوارزمية إعادة تأهيل نظام قدرة كهربائي بعد حادثة التعتيم العام

7- الإجراءات الضرورية التي يجب اتخاذها في القطاع الكهربائي لتفادي حدوث التعتيم :

آ- في مجال توليد الطاقة الكهربائية:

1) العمل وفق ما هو متوفر لدينا من إمكانيات توليد وتطويرها للوصول الى تشغيل ما لدينا من مجموعات والمحافظة عليها.

2) البدء في مشاريع جديدة بعد استقرار الأوضاع وفق خطة مدروسة تعتمد على دراسات الشبكة الجديدة.

3) تجهيز واصلاح ما يلزم من المجموعات المتوقفة والمدمرة.

4) إنشاء محطات توليد جديدة وفق التوزع الجغرافي الجديد.

5) فترة إعادة التأهيل لا تقل عن عشر سنوات.

6) فترة إعادة الشبكة كاملة لا تقل عن عشر سنوات بعد التأهيل الأولي.

ب – في مجال نقل الطاقة الكهربائية:

1) تجهيز محطات وخطوط قائمة حالياً وتأهيلها.

2) تصميم وتطوير نموذج واقعي ديناميكي لنظام التوتر العالي جداً على منصة محاكاة، وبهذه الطريقة يمكن تحليل سيناريوهات مختلفة لتحقيق عملية استعادة الشبكة من وجهة نظر تقنية.

3) تحضير كُتيّب تعليمات لاستعادة الشبكة بشكل واضح ومنظم لتحسين مفهوم ومعرفة العاملين بالشبكة، كما يجب تكوين نموذج فعّال للشبكة يمكننا من إجراء تدريبات واقعية للعاملين على استعادة الشبكة.

4) إن المفهوم الرائج حول استعادة الشبكة هو أن يتم التحقق من تطبيقاتها وذلك من خلال أبحاث على نموذج فعال واقعي لها، فيما بعد أصبح المفهوم الحالي أن تكون متأقلمة مع تغيرات الظروف وكونها ستتوسع في المستقبل لذا ينبغي تأهيل سيناريوهات استعادة عمل جديدة.

5) إن المبدأ في إعادة بناء نظام النقل بعد التعتيم هو استعادة تغذية المستهلكين بأسرع ما يمكن

9– أساليب وطرق التخفيف من الآثار السلبية الناتجة عن الانقطاع العام :

للتقليل من الآثار السلبيّة لحالات التعتيم التي تحدث في الشبكة الكهربائية على نظام القدرة الكهربائية يجب توفر أسباب تفادي الانقطاعات، ومن الإجراءات الرئيسية لتفادي مشكلة الانقطاع والتعتيم العام:

a. مزيد من خطوات الحمايات مع مراعاة تركيب الحمايات الترددية على التوتر المنخفض والعمل على توزيعها بالشكل المناسب كهربائياً وجغرافياً.

b. وجود احتياطي دوّار يزيد عن الطلب أي وجود مجموعات توليد كبيرة مقابل حجم توليد صغير نسبياً.

c. أن تتناسب استطاعة مجموعات التوليد مع حجم الطلب على الطاقة ومع حجم إنتاج الطاقة المولدة.

d. وجود عنفات توليد باستطاعة صغيرة.

e. وجود محطات توليد مائية:

2) حيث تلعب محطات التوليد المائية والنووية والمائية التخزينية دوراً كبيراً في عمليات وإجراءات اعادة التغذية للشبكة بعد التعتيم العام، لأنها:

a) سريعة الإقلاع ولا تحتاج لتوتر إقلاع مما يساهم في إيجاد مصدر توليد بديل عند فقدان المصدر الرئيسي للتوليد.

b) تساهم في استقرار الشبكة حيث أنها تعمل على معالجة الخلل الذي قد يصيب توازن نظام القدرة الكهربائي نتيجة حدوث زيادة أو نقصان في الحمل أي أنها تستخدم لاستقرار الشبكة سواءً بزيادة الحمل أو نقصانه.

c) تتصف المحطات الكهرومائية بالقيادة المرنة أي أنها ذات مرونة عالية حيث يتطلب إقلاع المحطة وعملها بشكل منتظم.

الاستنتاجات والتوصيات:

تم في هذا البحث شرح مفهوم التعتيم العام وبينا أهمية استخدام الحماية الترددية في تفادي حصول تعتيم في نظام القدرة الكهربائية، كما شرحنا استراتيجية مثلى وصممنا على أساسها خوارزمية لإعادة تأهيل نظام القدرة بشكل سريع. بناء عليه يمكن إيراد التوصيات التالية:

- الاسراع في صيانة محطات التوليد الحالية وبناء محطات توليد جديدة.
- الاسراع في اعادة ترميم خطوط التوتر العالي ومحطات التحويل.
- استعادة الشبكة بنيتها كما كانت قبل سنوات الأزمة.
- اعتماد الحماية الترددية كوسيلة لتفادي حدوث التعتيم العام.
- اعتماد استراتيجية واضحة وسريعة لإعادة تأهيل الشبكة في خالة التعتيم العام وتأمين مستلزمات هذه الاستراتيجية.

References:

[1] Final Report on the 14, 2003 Blackout in the United States and Canada: Causes and Recommendations, U.S.- Canada Power System Outage Task Force, April 2004.

[2] Barkans J., Zalostiba D. Protection against Blackouts and Self-Restoration of Power Systems. RTU Publishing House, Riga, 2009. – 142pp.

[3] Seung-Tae Cha, Nam-Ho Lee, Eung-Bo Shim, "Identification of Acceptable Restoration Strategies". SYSTEMICS, CYBERNETICS AND INFORMATICS" VOLUME 6 - NUMBER 2. 2008.

[4] K. KUMAR K. JAYABARATHI Y." Optimal Power System Restoration Reconfiguration in Distribution Circuit Using BFAM and BPSO", and J. Electromagnetic Analysis & Applications, 2009.

[5] Michael B, Volker M, Markus, Michael K, Martin W, Gerhard S." Power blackouts challenge society and economy".

[6] LA REE J., LIU Y., MILI L., PHADKE A., DASILVA L. "Catastrophic Failures in Power Systems: Causes, Analyses, and Countermeasures" PROCEEDINGS OF THE IEEE, VOL. 93, NO. 5, MAY 2005.

[7] H. AFRAKHTE and M. R. HAGHIFAM. "OPTIMAL ISLANDS DETERMINATION IN POWER SYSTEM RESTORATION". Iranian Journal of Science & Technology, Transaction B: Engineering, Vol. 33, No. B6, pp. 463-476, 2009. Shiraz University.

[8] Chen - Ching Liu "Optimizing Power System Restoration Resources and Actions" PSERC Research Tele-seminar, Iowa State University, 2006.

[9] J. Joglekar, Y. P. Nerkar "POWER GRID RESTORATION OPTIMIZATION CONSIDERING GENERATING PLANT ISLANDING SCHEME" Maharashtra Institute of Technology, 2004.

[10] OSAMAH A. ALSAYEGH, "Power System Dynamic Restoration Planning". International Conference on POWER SYSTEMS (PS 2008), Santander, Cantabria, Spain, 2008.

[11] Documents on blackout cases in the Syrian network - the Ministry of Electricity - Syrian Arab Republic