استثمار التجهيزات الكهربائية
INVESTMENT OF ELECTRICAL EQUIPMENT

المحاضرة الثانية: شروط عمل التجهيزات الكهربائية

د. أحمد محمد رحال

مادة: استثمار التجهيزات الكهربائية

سنة: ثالثة تغذية كهربائية

١- مقدمة.

٢- تصنيف مستهلكين الطاقة الكهربائية.

٣- اختيار التجهيزات الكهربائية.

٤- شروط عمل التجهيزات الكهربائية للمنظومة الكهربائية واحتمال تعطلها:

٤-١ العوامل الجوية؛

٤-٢ ازدياد الجهد؛

٤-٣ تقادم العازلية؛

٤-٤ الأعطال الميكانيكية.

٥- وسائل زيادة موثوقية استثمار الشبكات الكهربائية:

٥-١ المراقبة؛

٥-٢ الصيانة؛

٥-٣ القيادة المركزية للأعطال وازالتها.

٦- المؤشرات الرئيسية لموثوقية عمل الشبكة الكهربائية

١ـ مقدمة:

إن الغاية الرئيسية من الجمل الكهربائية، ومن الشبكات الكهربائية بشكل عام هو ضمان التغذية الكهربائية الدائمة والسليمة للمستهلكين، حيث أن انقطاع التغذية الكهربائية قد يؤدي الى آثار ضارة في بعض الأحيان، فقد تتعطل أجهزة الاتصالات الكهربائية والعمليات التكنولوجية في المنشآت الصناعية، وقد ينتج عن ذلك تلف في المعدات الثمينة وتوقف الانتاج في المنشآت الصناعية، ولكي نتلافى ذلك يعمد عند تصميم المنظومة الكهربائية الى اتخاذ كل الاحتياطات اللازمة لتحسين عمل جميع هذه العناصر والأجهزة الكهربائية المؤلفة للمنظومة، ورفع موثوقية التغذية الكهربائية لدى المستهلكين. وهذه المواضيع محددة بالقواعد القياسية للتجهيزات الكهربائية.

٢- تصنيف مستهلكين الطاقة الكهربائية:

عند استثمار وتصميم المنظومة الكهربائية يتم تصنيف مستهلكين الطاقة الكهربائية حسب موثوقية التغذية الكهربائية الى ثلاثة أصناف رئيسية، هما:

- **الصنف الأول:** ويشمل المستهلكين الذين قد يؤدي انقطاع التغذية عنهم الى الخطورة على حياتهم أو ضرر كبير على الدخل القومي او تعطل للمعدات أو تخريب جماعي للإنتاج أو انهيار بعض العناصر المهمة وبشكل خاص في مرافق المدينة، لذلك يجب ربط هذا الصنف من المستهلكين بمنبعين مستقلين للتغذية، كمثال على ذلك (منشآت الاتصالات – غرف العمليات في المشافي).
- **الصنف الثاني:** ويشمل المستهلكين الذين قد يؤدي انقطاع التغذية الكهربائية عنهم الى تعطيل الانتاج وتعطل العمل وتوقف المواصلات الصناعية وبالتالي يسمح بانقطاع التغذية فقط لفترة زمنية كافية لإقلاع مجموعات التغذية الاحتياطية يدويا بواسطة المسؤولين عن ذلك. مثال ذلك بعض المعامل المتوسطة أو الصغيرة العامة أو الخاصة والتي يمكن أن يتم تغذيها بخطوط مفردة بدون احتياط.
- **الصنف الثالث:** ويشمل المستهلكين غير الذين ذكرو في الصنفين الأول والثاني ويسمح بالنسبة لهؤلاء بانقطاع التغذية الكهربائية لفترة زمنية كافية لإصلاح أو استبدال العنصر المتعطل من الشبكة على أن لا يتجاوز ذلك العمل اكثر من يوم واحد.

٣- اختيار التجهيزات الكهربائية:

قبل اختيار التجهيزات الكهربائية يفضل القيام بتحليل فني واقتصادي من أجل تقدير النفقات الاضافية التي يجب أن تصرف من أجل رفع موثوقية التجهيزات الكهربائية وبالتالي الشبكة الكهربائية بشكل كامل.

عند تقيم موثوقية التغذية الكهربائية يجب تأمين استطاعة توليد احتياطية في محطات التوليد وكذلك استطاعة تمرير احتياطية في الشبكة الكهربائية. ويجب ان لا يغيب عن الأذهان أن نوعي الاحتياط مرتبطين ببعضهما ولا يمكن الاستفادة من أحدهما إلا بموجب الآخر.

إن تقدير قيمة الاحتياطي يستدعي الأخذ بعين الاعتبار التجهيزات الكهربائية اللازمة ليس فقط لأنظمة التشغيل في الحالة النظامية وإنما أيضا" جميع التجهيزات والعناصر اللازمة لأنظمة التشغيل في حالة الطوارئ.

كما أنه عند القيام بعملية الصيانة الدورية فقد نضطر إلى فصل وتغير بعض التجهيزات بسبب تعطلها خلال فترة الاستثمار(مولد – خط – حمولة – قواطع .....الخ) ، مثل تلك الأعطال مرتبط بشكل كبير بالشروط الخارجية لعمل المنظومة الكهربائية: (الطقس – حدوث ازدياد في الجهد نتيجة الظروف الجوية وظروف الفصل والوصل – العيوب الداخلية للتجهيزات عند التصنيع أو التركيب نتيجة تلف العوازل خلال فترة العمل الطويلة.

نحل عمليا" موضوع زيادة موثوقية التجهيزات الكهربائية، وبالتالي موثوقية التغذية الكهربائية ضمن اطارين:

- عند التصميم؛
- عند الاستثمار.

ما يتعلق بالتصميم سوف يؤجل الى مقررات أخرى، أما ما يتعلق باستثمار التجهيزات الكهربائية فيتم اجراء مراقبة دائمة على حالة الأجهزة والآلات وكذلك إجراء تجارب اختبار على عوازلها بالإضافة إلى أعمال الصيانة المدروسة والمبرمجة.

٤- شروط عمل التجهيزات للمنظومة الكهربائية واحتمال تعطلها:

٤-١ العوامل الجوية:

تؤثر العوامل الجوية بشكل كبير على عمل الخطوط الهوائية ومعدات مراكز التحويل الموضوعة في العراء، وفي أجهزة التوزيع المكشوفة والتي تؤدي الى حدوث الأعطال.

إن من أهم العوامل الجوية التي تؤثر على عمل الخطوط الهوائية ومعدات مراكز التحويل المكشوفة نعدد: (الصواعق – تغير درجات الحرارة – تأثير الرياح – تشكل الجليد – تلوث الهواء – مقاومة التربة .....الخ) وهذه العوامل تتعلق بشكل كبير بأوقات السنة والمنطقة الجغرافية .....الخ.

فالصواعق تؤدي الى ازدياد الجهد في الشبكات الكهربائية قصير الأمد والذي يتجاوز في كثير من الأحيان الحدود المسموحة.

اما **ازدياد درجة الحرارة** فيؤدي الى استطالة النواقل وبالتالي الى تناقص البعد بين النواقل مع بعضها، وكذلك الى تناقص البعد بين هذه النواقل مع الأرض مما يؤدي الى انخفاض الموثوقية وانخفاض الأمان في تشغيل هذه الخطوط. أيضا عندما **تنخفض درجة الحرارة** بشكل كبير فان طول النواقل يقصر مما يسبب نشوء اجهادات ميكانيكية غير مسموح بها.

اما **هبوب الرياح** فيؤدي الى نشوء حمولات ميكانيكية اضافية على النواقل والأبراج مما يجعل الخطوط الهوائية في بعض الحالات أكثر وزنا وكلفة، اضافة الى تأرجح النواقل والذي يؤدي الى تعب في المادة الحاملة للناقل وبالتالي انهيارها، وقد يؤدي تأرجح النواقل بمطالات كبيرة الى نشوء قوى ميكانيكية كبيرة تؤدي بدورها الى انقطاع النواقل وتهدم الأبراج.

كما أن تشكل **الجليد** على نواقل الخطوط الهوائية وأبراجها، فإنه يمثل حمولات ميكانيكية اضافية قد تصل في بعض المناطق الباردة الى (١٠-٢٠ كغ) أو أكثر على كل متر من طول الناقل.

أما **تلوث الهواء** والذي هو وجود الجسيمات العضوية المعلقة في الهواء من المركبات الكيميائية والرماد والأملاح وغيرها، فإنه يؤدي الى تغير وتقليل خصائص العزل لعوازل الخطوط الهوائية ومراكز التحويل، حيث تظهر اقنية ناقلة على العوازل. ويكون أسوأ هذه الآثار لتلوث الهواء بجوار المنشآت الصناعية وبجوار البحار، اذ تؤدي الجسيمات الملحية المعلقة في الهواء الى تأكسد مواد النواقل وتغير خواصها.

أما إذا **تغيرت مقاومة التربة** كتابع لدرجة حرارتها ورطوبتها، فإن ذلك يؤدي الى تغير مقاومة قضبان تأريض الأبراج ومراكز التحويل.

٤-٢ ازدياد الجهد:

كما ذكرنا سابقا وبسبب الصواعق ممكن أن ينشا عندنا ازدياد في الجهد قصير الأمد، والذي قد يؤدي الى انهيار العوازل بين نواقل الأطوار وبين الأطوار والأرض.

٤-٣ تقادم العازلية:

نتيجة لطول فترة الاستثمار تنشا في عوازل الكابلات والأدوات الكهربائية حوادث بطيئة تغير من خواصها وتركيبها، حيث يمكن أن تنخفض متانتها الميكانيكية والكهربائية وتنهار العازلية نتيجة تقادمها، حيث ان التقادم يعتمد على خواص المواد العازلة مباشرة وعلى تركيبها وتكنلوجيا تصنيعها. فعند درجات الحرارة العالية وترطيب العوازل يكون التقادم بالعازلية سريع جدا".

٤-٤ الأعطال الميكانيكية:

تحدث الأعطال الميكانيكية في الخطوط الهوائية والكابلات على السواء، فقد تتعطل النواقل والأمراس وكذلك أبراج الخطوط الهوائية بواسطة تجهيزات وتركيبات معدنية ضخمة (كالروافع – الطائرات – وقوع الأشجار الضخمة في الغابات .....الخ)، أما الكابلات فأعطالها تحدث عند تنفيذ الأعمال الانشائية بالقرب من مسار الكابلات.

٥- وسائل زيادة موثوقية استثمار الشبكات الكهربائية:

يجب انشاء الخطوط الهوائية على درجة عالية من الموثوقية بحيث لا تتهدم حتى عند أقسى الشروط الجوية، الا ان مثل هذه الخطوط ستكون مكلفة جدا، ويوجه اهتمام خاص لحماية الخطوط الهوائية ومعدات مراكز التحويل من ازدياد الجهد، ولعل افضل الطرق للحماية من ازدياد الجهد الناتج عن العوامل الجوية (بالنسبة للخطوط الهوائية ذات الجهد ١١٠ كيلو فولت وما فوق ذات الأبراج الفولاذية والبيتونية) هي تعليق أمراس مؤرضة بشكل جيد وحامية من الصواعق، اذ لا تزداد كلفة الخطوط الهوائية بشكل كبير (٥-٧ %) كما أنه يجب أن لا تتجاوز ممانعة خطوط تأريض الأبراج المعدنية (١٠ أوم) ويسمح بازدياد هذه القيمة في التربة ذات المقاومة الكبيرة الى (٢٠-٣٠ أوم).

وسنشرح فيما يلي أهم وسائل زيادة موثوقية التجهيزات الكهربائية والتي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار عند الاستثمار:

٥-١ المراقبة:

تعتمد موثوقية عمل الشبكة الكهربائية الى حد كبير على تشغيلها بشكل صحيح أثناء الاستثمار، فيجب اجراء المراقبة والفحص والتجارب على العازلية بشكل دائم ومستمر، لأن العوامل الجوية كما ذكرنا سابقا تؤثر بشكل مباشر على العوازل وتؤدي الى تغير خواصها ومواصفاتها وبالتالي يؤدي الى تقادمها واحتمالية انهيارها. إضافة لمراقبة العازلية يدخل في صلب اهتمام ومهام دائرة المراقبة والتفتيش كذلك مراقبة حالة أبراج الخطوط الهوائية، وكذلك مراقبة بعض الأعمال الانشائية التي تجري بجوار مسار الخطوط وغيرها.

يستعمل في الوقت الحاضر بعض الطرق العملية لمراقبة العازلية، منها:

١. قياس ميل زاوية ضياعات العازلية (tg δ) والتي تنتج عن مرور تيار الاستقطاب في العوازل والذي يسخن العوازل، وبالتالي القيمة المطلقة للميل تحدد الحالة العامة للعازلية وتقادمها واحتمالات انهيارها.

٢. قياس توزع الجهود في أجزاء العوازل المختلفة: سلاسل العوازل، عوازل الأبراج.

٣. اختبار العازلية بواسطة جهد أعلى: وذلك للتحقق من وجود احتياط كاف للمتانة الكهربائية فيها.

٢-٥ الصيانة:

يجب صيانة كل عناصر الشبكة الكهربائية (الخط – المحولة – القاطع - عناصر الحماية والقيادة .....الخ) وذلك بشكل دوري حيث نميز بين صيانة مبرمجة وقائية وصيانة رئيسية (عمرة).

وتجدر الإشارة الى أنه توجد برامج خاصة لإجراء الصيانة، ويتم تحديد مواعيد الصيانة الدورية حسب قوانين الاستثمار للمنشأة واعتمادا على الخبرة المتجمعة لإجراء مثل هذه الصيانة. حيث تجري عملية الصيانة المبرمجة بشكل متكرر (تغير زيت المحولة والقواطع – تغير ملامس التجهيزات .....الخ)، أما الصيانة الرئيسية فانه يتم فيها تغير الأجزاء المعطوبة أو القديمة.

وتجدر الاشارة الى أنه يمكن اجراء الكثير من أعمال الصيانة على الخطوط الهوائية تحت الجهد (بدون فصل الخط عن الشبكة) مثل: (تغير النواقل) أو العوازل المعطوبة – الأجزاء المختلفة من الأعمدة – صيانة الناقل المعطل). حيث تتم مثل هذه الأعمال على سلم معزول بشكل جيد ومثبت على سيارة، ويجب أن تكون منطقة العمل معزولة بشكل جيد عن الأرض.

٣-٥ القيادة المركزية للأعطال وازالتها:

إضافة الي عمال الاستثمار الذين يراقبون جميع عناصر الشبكة الكهربائية وصيانتها، هناك هيئة أخرى لتشغيل الشبكة، وهي هيئة المراقبة والتشغيل والتي تعمل ليلا" نهارا" دون توقف، مهامها تحقيق نظام تشغيل للجملة الكهربائية ككل بشكل جيد، وتلافي حدوث الأعطال التي يمكن أن تحدث عند تعطل الخطوط أو تجهيزات محطات التوليد والتحويل.

ويمكن تلخيص شروط عمل هيئة المراقبة و التشغيل بما يلي:

١. لا يمكن فصل أي عنصر من عناصر الشبكة (خط نقل – محولة – عنصر حماية وتحكم .....) دون موافقة مركز التنسيق المسؤول وبشكل خطي ليصار الى دراسة نظام عمل الشبكة عند فصل ذلك العنصر المطلوب صيانته.

٢. في مراكز التنسيق ترسم منحنيات العمل لمحطة التوليد من أجل اليوم التالي، فعند تغير حمولة الجملة في ذلك اليوم يعلم مركز التنسيق عمال محطات التوليد بذلك، ويتحقق مركز التنسيق من نظام الجهود في مختلف نقاط الشبكة المميزة والتيارات السارية في الخطوط والأجهزة وغيرها. فعند تجاوز قيم الجهود والتيارات المسموحة يقوم مركز التنسيق باتخاذ إجراءات مناسبة لإزالة ذلك الوضع.

٣. ان تجميع صلاحيات تنظيم تشغيل محطات التوليد والشبكات والجمل الكهربائية عند مركز التنسيق تزيد بشكل ملحوظ من موثوقية هذه الجمل واقتصادية عملها.

٤. لتسهيل عمل شروط الجمل الكهربائية ولزيادة موثوقيتها، تستعمل بشكل واسع عناصر الحماية والقيادة الآلية، حيث يستخدم لذلك أدوات للقياس والقيادة لبيان حالة المعدات والبحث عن الأعطال في الخطوط وغيرها، ويجب أن تعمل هذه المعدات بدقة عالية وموثوقية عند مختلف قيم ثوابت نظام التشغيل للشبكة وأن تكون بسيطة وسهلة الاستثمار. لضمان التغذية المضمونة والاقتصادية لمستهلكي القدرة الكهربائية بالخواص المطلوبة لا بد من تنسيق عمل جميع عناصر الاستثمار في الجملة الكهربائية حيث تبرز أهمية حسابات أنظمة التشغيل المميزة للجمل الكهربائية.

٦- المؤشرات الرئيسية لموثوقية عمل الشبكة الكهربائية:

كما ذكرنا سابقا نقصد بكلمة موثوقية مقدرة أي جهاز أو آلة أو دارة أو جملة كهربائية على استمرار العمل (اي تنفيذ الغاية المطلوبة منها) مع المحافظة على المؤشرات الاستثمارية ضمن شروط محددة مطلوبة منها.

تتحدد الموثوقية بمدى استمرارية العمل الطبيعي واستمرارية التعطل، لذلك عند تقدير الموثوقية نلجأ الى مبادئ نظرية الاحتمالات والحساب الاحصائي ونظرية الوثوقية.

بصورة عامة هناك ما يقارب من ٢٠ مؤشرا لتحديد موثوقية عنصر ما، وهذه المؤشرات مقسمة الى مجموعات تحدد احتمال تعطل العناصر وعمر هذه العناصر ومقاومتها للتعطل ودرجة سلامتها.

وفيما أهم المؤشرات الرئيسية المستعملة لتقيم موثوقية العناصر وجمل التغذية الكهربائية:

١. عدد مرات التعطل (ω) ويرمز له أحيانا" ب (λ) مرة في السنة؛

٢. الزمن اللازم لاستعادة العمل الطبيعي بعد التعطل TBوهو يقاس ب (ساعة/تعطل) وهو يمثل زمن استمرار العطل؛

٣. عامل التوقف القسري (KB= ω TB) ساعة في السنة، وهو يحدد احتمال وجود العنصر أو المنشأة في توقف قسري ناتج عن التعطل؛

٤. عدد مرات الصيانة الدورية (المبرمجة) μ، مرة/سنة؛

٥. زمن استمرار الصيانة الدورية (المبرمجة) Tp، ساعة لكل صيانة؛

٦. عامل التوقف المبرمج (Kp=μTp) ساعة في السنة أي طول الفترة الزمنية التي يكون فيها العنصر المدروس في حالة الصيانة الدورية؛

٧. عامل الاستعمال الفني (K1=1-KB-Kp) وهو يحدد احتمال وجود المنشأة جاهزة للعمل (ان كانت في العمل أو في الاحتياط).

انتهت المحاضرة