استخدام المحركات التوافقية لتعويض الاستطاعة الردية

الدكتور المهندس جورج اسبر
مدرس في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية
جامعة تشرين

تستخدم المحركات التوافقية بشكل كبير في المنشآت الكيميائية والنفطية والتعدين والغاز وغيرها ،حيث تقوم تلك بتدوير الآلات ورفع الأثقال وتشغيل الضواغط الهوائية وبالاضافة الى عملها الاساسي يمكن استخدام هذه المحركات لتعويض الاستطاعة الردية في الشبكات الكهربائية ،بحيث يمكن استغلال هذه الصفة للاستفادة منها عندما يكون حملها الفعلي صغيرا ،أو عند توقفها عن العمل الفعلي ويجب أن نأخذ بعين الاعتبار ضياع الاستطاعة الفعلية الناتجة من توليد تلك المحركات للاستطاعة الردية .

ان قيمة الاستطاعة الفعلية الضائعة في المحرك التوافقي عندما يولد استطاعة ردية تتعلق بنظام عمله ،فاذا كان تحريض المحرك غير منظم والاستطاعة الردية المولدة ثابتة، فان عدد ساعات الضياع يساوي عدد ساعات عمل المحرك .

أما اذا كانت الاستطاعة الردية المولدة منظمة ،فان عدد الساعات سيحدد من منحني الحمل البياني . وبالنهاية لابد من اجراء دراسة اقتصادية فنية لمعرفة امكانية التشغيل الاقتصادية لتلك المحركات لتعمل في نظام توليد الاستطاعة الردية . وقد تم في هذه المقالة دراسة الضياعات في المحرك التوافقي عندما ينتج استطاعة ردية ،وكذلك كيفية حساب قيمتها ومقارنتها اقتصاديا مع كمية الاستطاعة الردية المولدة .

وجدت المحركات التوافقية انتشارا واسعا في المنشآت الكيميائية والنفطية والتعدين والغاز بشكل واسع حيث تُستعمل تلك المحركات لتدوير الآلات لفترة زمنية طويلة ،كالمراوح الشافطة والمضخات والضواغط الهوائية وغيرها .

في الوقت الحاضر تنتج المحركات التوافقية بعامل استطاعة يساوي تقريبا الى ٩ر٠ ويمكن استخدام تلك المحركات بالاضافة الى عملها الفعلي ،كمصدر لتعويض الاستطاعة الردية في نظم الطاقة الكهربائية .

تحدد الامكانية التقنية للمحرك التوافقي كمولد للاستطاعة الردية ،بكمية الاستطاعة الردية التي يمكن ان يولدها دون أن يعرض وشائع القسم الثابت والمتحرك للتسخين الزائد . تسمى الاستطاعة التي يولدها المحرك التوافقي " بالاستطاعة الردية المنتجة " .

– شروط عمل المحرك التوافقي .

تتصف شروط عمل المحرك التوافقي بالعوامل التالية :

١– عامل التحميل بالاستطاعة الفعلية

$$\overset{\circ}{P} = \beta = \frac{P}{P_n} \qquad (١)$$

٢– عامل التحميل بالاستطاعة الردية

$$\overset{\circ}{Q} = \alpha = \frac{Q}{Q_n} \qquad (٢)$$

٣– التوتر النسبي

$$\overset{\circ}{U} = \frac{U}{U_n} \qquad (٣)$$

حيث:

P ، Q ، U – القيم الحقيقية للاستطاعة الفعلية والردية والتوتر ،

P_n ، Q_n ، U_n – القيم الاسمية

للاستطاعة الفعلية والردية والتوترعندما يعمل المحرك بالشروط الاسمية أي أن عامل التحميل بالاستطاعة الفعلية $B_o = 1$ والتوتر النسبي $\dot{U}$ على مآخذ ذلك المحرك يقع في مجال $1,05 \div 0,94$ عندئذ ذلك يستطيع المحرك أن يولد استطاعة ردية اسمية لفترة زمنية طويلة .

أما عند الانزياح عن الشروط الاسمية فان الاستطاعة الردية العظمى التي ينتجها المحرك (mvar) تحسب بالعلاقة التالية :

$$Q_M = \alpha_M Q_n, \qquad (٤)$$

حيث :

α_M ـ القيمة العظمى المسموح بها لعامل التحميل α ،والتي تتعلق بتحميل المحرك بالاستطاعة الفعلية β ،وكذلك بالتوتر النسبي $\dot{U}$ على مآخذ المحرك .

$$\alpha_M = f(\beta, \dot{U}) . \qquad (٥)$$

عند المقارنة الاقتصادية التقنية بين المحرك التوافقي ومصادر الاستطاعة الردية الأخرى لابد من أن نقوم بحساب ضياع الاستطاعة الفعلية في المحرك الناتج عن توليد الاستطاعة الردية ،وهذا الضياع يتعلق بنظام عمل المحرك .

$$\Delta P = \varphi(\alpha, \beta, \dot{U}) \qquad (٦)$$

أجريت الدراسة على محرك من نوع CDH-12 استطاعته ٦٣٠٠ كيلوات توتره الاسمي ٦ كيلوفولت ،حيث حصلنا على مجموعة من المنحنيات البيانية الشكل (١و٢) التي توضح لنا العلاقة بين القيمة العظمى المسموح بها لعامل التحميل بالاستطاعة الردية وبالاستطاعة الفعلية والتوترالنسبي على مآخذ ذلك المحرك .

ان تحليل النتائج الحسابية لايجاد القيمة العظمى لعامل تحميل محرك آخر من نوع CTD توتر الاسمي ١٠ كيلوفولت ولمحرك آخر من نوع CD توتره الاسمي ٣٨٠ فولط . اعطتنا النتائج التالية .

ان α_M لجميع المحركات المدروسة من ذات النوع الواحد تكون قريبة الى القيمة الوسطى المبينة في الجدول (١) ،وهناك في حالات نادرة وبالنسبة لمحركات خاصة يخرج الانحراف عن القيمة الوسطى بمقدار $5\% \pm$.وعندما يكون التوتر $U > 1,05$ فان قيمة α_M للمحرك من نوع CDH سترتفع لذلك فاننا ننصح باستخدام القيمة الوسطى للعامل α_M للتطبيقات العملية ،حيث قيمها موجودة في الجدول (١) .

يمكن حساب ضياع الاستطاعة الفعلية ΔP الناتجة من توليد الاستطاعة الردية بالعلاقة التالية :

$$\Delta P = D_1 \alpha + D_2 \alpha^2 \qquad (٧)$$

حيث :

D_1 , D_2 ـ ثابتان للمحرك التوافقي تتعلق قيمتهما بمردود المحرك واستطاعته .

ونحصل على قيم هذان الثابتان من المراجع ومقدرة بالكيلوات،نعوض العلاقة (٢) بالعلاقة (٧) نحصل على علاقة جديدة لحساب ضياع الاستطاعة الفعلية في المحرك .

$$\Delta P = \frac{D_1}{Q_n} Q + \frac{D_2}{Q_n^2} Q^2 \qquad (٨)$$

جدول (١) ـ القيمة الوسطى للعامل α_M للمحركات التزامنية .

صفات المحرك ونوعه	التوتر على مآخذ المحرك U	عامل تحميل محرك β		
		0,9	o,8	0,7
CDH 6 — 10 Kv	0,95	1,31	1,39	1,45
	1,0	1,21	1,27	1,33
	1,05	0,96	1,12	1,17
CDH 6 KV				
600 - 1000 rpM/min	1,1	0,89	0,94	0,96
375 - 500 =	1,1	0,88	0,92	0,96
187 - 300 =	1,1	0,86	0,88	0,9
100 - 167 =	1,1	0,81	0,85	0,87
CDH 10 Kv				
1000 rpm/min	1,1	o,9	0,98	1,0
250-750 rpm/min	1,1	0,86	0,9	0,92
CDH 6 - 10 Kv	0,95	1,3	1,42	1,52
	1,0	1,23	1,34	1,43
	1,05	1,12	1,23	1,31
	1,1	0,9	1,08	1,16
C D- CDZ 380V	o,95	1,16	1,26	1,35
	1,0	1,15	1,24	1,32
	1,05	1,1	1,18	1,25
	1,1	0,9	1,06	1,15

اذا كان لدينا مجموعة من المحركات التوافقية تتغذى من مصدر واحد ومحملة بشكل متساو فان مجموع ضياع الاستطاعة الفعلية الناتجة من توليد الاستطاعة الردية يساوي الى

$$\Delta P = N[\frac{D_1}{Q_n}\frac{Q}{N} + \frac{D_2}{Q_n^2}(\frac{Q}{N})^2]$$

أو بالشكل التالي :

$$\Delta P = \frac{D_1}{Q_n} Q + \frac{D_2}{Q_n^2 N} Q^2 \qquad (٩)$$

حيث أن :

N ـ عدد المحركات ،

Q_n ـ الاستطاعة الردية الاسمية للمحرك (ميغافار) ،

Q ـ مجموع الاستطاعة الردية المولدة من قبل المحركات التوافقية (ميغافار) .

في حالة اضافة ورشة جديدة الى مصنع يحوي على محركات توافقية فان هذه المحركات تستخدم لتعويض الاستطاعة الردية في تلك الورشة بالاضافة الى استخدامها لتعويض الاستطاعة الردية في الشبكة العامة . بحسب الضياع الاضافي (كيلوات) الحاصل من المحركات التوافقية بسبب تعويض الاستطاعة الردية في الورشة الجديدة حسب العلاقة التالية :

$$\Delta P = [\frac{D_1}{Q_n}(Q_{nP}+Q) + \frac{D_2}{Q_n N}(Q_{np}+Q)^2] - (\frac{D_1}{Q_n}Q_{np} + \frac{D_2}{Q_n^2}Q_{np}^2)$$

أو بالشكل التالي :

$$\Delta P = \frac{D_1}{Q_n} Q + \frac{2D_2 Q_{np}}{Q_n^2 N} Q + \frac{D_2}{Q_n^2 N} \qquad (١٠)$$

حيث :

Q ـ الاستطاعة الردية المولدة من قبل المحركات التوافقية لأجل تغذية الورشة الجديدة (ميغافار) ،

Q_{np} ـ الاستطاعة الردية المولدة من قبل المحركات التوافقية قبل وصل الورشة الجديدة الى الشبكة (ميغافار) .

في هذه الحالة يتألف الضياع الاضافي في الاستطاعة الفعلية الناتج عن توليد الاستطاعة الردية من ثلاثة أقسام ،القسم الأول يتناسب مع Q ،الثاني يتناسب مع $Q_{np}Q$ ،والثالث مع Q^2 .

نظريا يكون السعر النوعي لجميع الأقسام مختلفا ويتحدد بيانيا من الاستطاعة الردية المولدة Q و Q_{np} .

عند اختيار أجهزة تعويض الاستطاعة الردية فمن غير الممكن ادخال الاختلاف بين الأقسام الثلاثة في سعر ضياع الاستطاعة الفعلية . لذلك عند ايجاد المصاريف الناتجة عن توليد الاستطاعة الردية في المحرك التزامني فان سعر ضياع الاستطاعة لكل الأقسام تكون متساوية .

ان سعر الاستطاعة الفعلية الضائعة في المحرك التوافقي تتعلق بنظام عمله فاذا كان تحريض المحرك غير منظم والاستطاعة الردية المولدة ثابتة ،فان عدد ساعات الضياع ستساوالى عدد ساعات عمل المحرك .

أما اذا كانت الاستطاعة الردية المولدة منظمة ،فان عدد الساعات يحدد من المنحني البياني المعتمد ،ويكون السعر النوعي لضياع الاستطاعة الفعلية مختلفا للأقسام الثلاثة .

ان سعر ضياع الاستطاعة الفعلية الناتج من توليد الاستطاعة الردية لمجموعة من المحركات المتشابهة والعاملة بنظام واحد ،يحدد من العلاقة التالية :

$$C = C_o(\frac{D_1}{Q_n} + \frac{2D_2 Q_{np}}{Q_n^2 N})Q + Co\frac{D_2}{Q_n^2 N}Q^2 \qquad (١١)$$

حيث ان :

Co ـ سعر ضياع الاستطاعة الفعلية وحدة نقود/كيلوات.اذا جهز المحرك التوافقي بمنظم تحريضي لأجل

استعماله كوسيلة لتنظيم الاستطاعة الردية فان المصاريف الناتجة عن تركيب واستثمار ذلك المنظم يجب حسابها، ومن الواضح أن تلك المصاريف لاتتعلق بكمية الاستطاعة الردية المولدة في المحرك التوافقي ويمكن اعتبارها ثابتة .

تحسب المصاريف الناتجة من استعمال عدة محركات متشابهة لأجل تعويض الاستطاعة الردية وتنظيمها من العلاقة التالية :

(وحدة نقدية) :

$$z = z_0 + z_1 Q + z_2 Q^2 \qquad (١٢)$$

القسم الثابت من المصاريف (وحدة نقدية) :

$$z_0 = E_p N K_p \qquad (١٣)$$

حيث أن :

K_p ـ سعر المنظم التحريضي (وحدة نقود)،

E_p ـ مجموع الاقطاعات السنوية من سعر المنظم التحريضي ،

N ـ عدد المحركات .

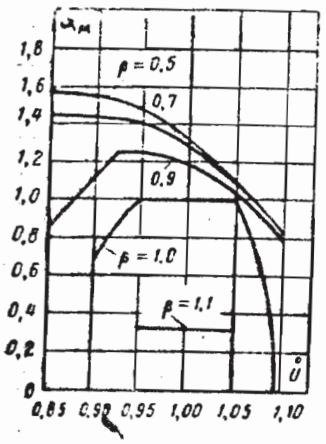
وتحسب المصاريف النوعية لواحد ميغافار والمولد من قبل المحركات التوافقية (وحدة نقود /ميغافار) :

$$Z_1 = Co \left(\frac{D_1}{Q^2_n} + \frac{2D_2 Q_{np}}{Q^2_n N} \right) \qquad (١٤)$$

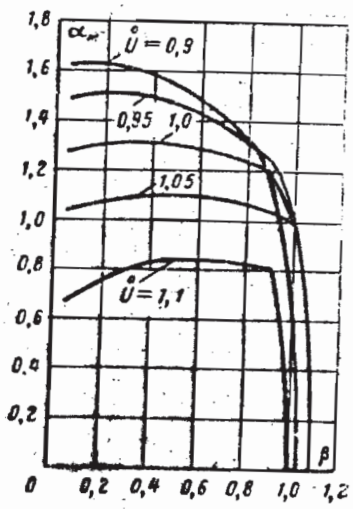
والمصاريف النوعية لواحد ميغافار مربع من الاستطاعة المولدة وحدة نقود/(ميغافار)^2 كمايلي:

$$Z_2 = Co \frac{D_2}{Q^2_n N} \qquad (١٥)$$

نظرا للخصائص الفريدة للمحركات التوافقية في المنشآت الصناعية فانه يفضل استثمارها قدر الامكان في تعويض الاستطاعة الردية في الشبكة العامة مما سيقلل من نفقات بناء أنظمة الاستطاعة الردية على أساس المعوضات التوافقية والمكثفات .



شكل (١) علاقة علاقة بالتوتر النسبي عند عوامل تحميل مختلفة لمحرك توافقي من نوع



شكل (٢) علاقة الاستطاعة الردية بعامل تحميل محرك توافقي من نوع عند توترات مختلفة

L'UTILISATION DES MOTEURS SYNCHRONIQUES POUR LA COMPENSATION DE LA PUISSANCE REACTIONAIRE .

On utilis largement les moteurs synchroniques dans les industries chimique pétrolier , metallique , gaz etc ....; Ces moteurs font tourner , les machines; les Compresseurs ; et lèvent les poids lourds .

En outre on utilise , ces moteurs pour la compentation de la puissance réactionnaire dans les réseaux électriques ; on profite de cette qualité quand la chargetotale est faible , ou dans le cas de l'intérruption . Il faut prendre en consideration la perte de la puissance actionnaire . dans le cas ou ces moteurs donnent une puissance réactionnaire .

Le coût de la puissance actionnaire pérdue dans un moteur synchroniques dépend de son régime de fonctionnement .

Si l'excitation du moteur n'est pas régulière et si la puissance réactionnaire est stable .

Le nombre des heures pérdues sera égale au nombre des heures de fonctionnement du moteur .

Si la puissance réactionnaire est régulière , le nombre des heures sera fixe de la courbe de charge . En fin il est nécissaire de faire une étude téchnique et économique pour bien saisir les conditions économiques de fonctionnement de ces moteurs réactionnaires .

Dans cet article , on a étudié la perte et son coût dans un moteur synchroniques quand il fonctionne dans un régime réactionnaire , on a abordé finalement la comparaison économique entre la puissance réactionnaire et la perte .

المراجـــــع

1- U.C. Gelezko - VirOR Meropriatie P O Snigenio poter Electroinergi V ELECTRISHE Skikh Setiakh.Moskva 1989 .

2- B.I. KORDEEV REKULIOROVANIE Makcimuma Nakrvzki promishlinnikh Electrisheskikl setie moskva 1986.

٢ ـ د٠ عبد الله سعيد ـ نظم القـــــدرة الكهربائية ،الجزء الاول والثانـــــي جامعة تشرين ١٩٨٥ ـ ١٩٨٦ ٠

٤ـ د٠ جورج اسبر ـ الأهمية الاقتصاديـــة التقنية لتنظيم الاستطاعة الرديـــة مجلة الكهرباء ،العدد ٢١ ـ ١٩٨٥ الجمهورية العربية السورية ٠