**1. Introduction:**

Avant de procéder à l’alimentation en énergie électrique d’une zone industrielle il faut tous d’abord faire une étude sur les différents usines à implanter sur cette zone ; la qualité de la tension d’alimentation et la catégorie des récepteurs.

Généralement les récepteurs sont classés en trois catégories

***1.1.Les récepteurs de première catégorie***

Ce type de recepteur admet une coupure en alimentation en energie electrique uniquement pendant le branchement automatique de la source de reserve ; donc il doit etre alimenter au minimum par deux sources independantes ou soit par une source d’alimentation et un groupe electrogene.

* 1. ***.Les récepteurs de deuxième catégorie***

Ce type de récepteur est le récepteur le plus répondu dans l’industrie ; il admet une coupure en alimentation en énergie électrique pendant le branchement de la source de réserve par le personnel exploitant. La durée maximale de coupure peut aller jusqu’à deux heures (2h).

 ***1.3. Les récepteurs de troisième catégorie***

Ce type de récepteur admet une coupure en alimentation en énergie électrique pendant le temps nécessaire à la réparation ou au remplacement de la partie défectueuse du récepteur. La durée maximale de coupure peut aller jusqu’à vingt quatre heures (24h).

 Le choix de la configuration du réseau électrique d’alimentation pour chaque usine dépend de plusieurs paramètres tels que le poste de livraison de la zone ***(P.L.)*** le poste de distribution de chaque usine ***(P.D.U.)*** et les poste de transformation des ateliers **(P.T.A.)**

Ses différents postes sont en fonction des charges électriques de chaque atelier puis de chaque usine et finalement de toute la zone industrielle à alimenter. De même ces charges électriques dépendent de la tension d’alimentation et de la section des conducteurs qui alimentent les (***P.T.A.***) puis les ***(P.D.U.)*** et finalement le poste de livraison ***(P.L.)*** afin de minimiser les pertes par effet joule et avoir une configuration technico-économique qui répond au norme nationale et même internationale.

1. **Calcul de la charge électrique.**

Il existe plusieurs méthodes de calcul des charges électriques parmi les méthodes les plus utilisées nous avons :

* la méthode du facteur de demande ***(Kd)*** (méthode statique)
* la méthode du coefficient de simultanéité ***(Ks)***
* la méthode spécifique ou bien (la méthode simplifiée)

Chaque méthode a un domaine d’utilisation bien déterminé par exemple la méthode du facteur de demande ***(Kd)*** est très répondu dans le calcul des charges électriques dans les petites usines et même dans les usines moyennes ; elle est basée sur l’utilisation de la puissance installée des récepteur et du facteur de demande ***(Kd)*** qui varie en fonction de l’utilisation de ce récepteur ce facteur de demande varie généralement entre **0.5** jusqu’à **1** mais si ce facteur de demande n’est pas spécifié il faut le considérer comme égale à 1

La méthode du coefficient de simultanéité est très rencontrée dans le calcul des charges électriques des postes de distribution publique ***(P.D.P)*** par exemple le poste a implanté dans un lotissement etc. elle est basée sur l’utilisation de la puissance de chaque abonné à alimenter c'est-à-dire de la superficie en ***m2*** de chaque abonné généralement pour un ***F2*** on prévoit une puissance de ***3KW*** entre ***F3*** et ***F7*** on prévoit une puissance de ***6KW*** et supérieur à ***F7*** on prévoit une puissance de ***9KW*** et le nombre d’abonné à alimenter voir le tableau 1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***le nombre d’abonné*** | **1à4** | **5à10** | **11à15** | **15à20** | **21à30** | **31à40** | **41à50** | **Supérieur à 50** |
| ***Ks*** | **1** | **0.89** | **0.85** | **0.79** | **0.72** | **0.68** | **0.62** | **0.5** |

 **Le tableau 1 *Le coefficient de simultanéité en fonction de nombre des abonnés***

***Exemple :***

Si nous allons alimenter un nombre d’abonnés de 28 ayant les superficies suivantes :

***14*** abonnés ayant un nombre de chambres entre ***F3*** et  ***F7***

***6*** abonnés ayant un nombre de chambre supérieur à ***F7***

***8*** abonnés ayant des ***F2*** c’est-à-dire une chambre plus salon et une cuisine.

La puissance active calculer pour ce groupe de récepteur est calculée de la manière suivante :

**Pc = 0.72x (14x6 +6x9 +8x3*) =116.64KW***

Donc la puissance apparente du poste de distribution publique ***(P.D.P.)*** à installer doit être légèrement supérieur ou égale à ***Pc =116.64KW***

* 1. **méthode spécifique**

La méthode de la charge spécifique ou la méthode simplifiée est très utilisée dans le calcul de l’éclairage des ateliers ou des hangars elle est basée sur les charges spécifiques qui dépendent du milieu à éclairer c'est-à-dire de la puissance électrique nécessaire pour obtenir une norme requise d’éclairages pour ***1m2***  de la charge calculée. Exemple pour un atelier d’usinage la puissance spécifique pour l’éclairage est ***Sn.ecl***=***300VA/m2*** donc pour un atelier d’usinage ayant une longueur ***L=30m*** et une largeur ***l = 10m*** et une hauteur de ***3m ; 6m***ou ***9m***

La puissance apparente nécessaire pour éclairer cet atelier est calculée de la manière suivante :

***Sc= F*x*Sn.ecl***

Ou ***Sc***: la puissance calculée d’éclairage.

  ***F*** : la surface de l’atelier à éclairer ***F= Lx l*** dans notre cas ***F=30x10 =300m2***

Donc ***Sc***= ***300x300 = 90000VA*** c'est-à-dire ***90KVA.***

Une autre expression utilisée pour le calcul de la puissance active nécessaire pou un type d’éclairage est donnée par la formule suivante ***:***

***Pc.ecl = Kecl* x *F* x *Pn.ecl***

Ou ***K*ecl**: c’est le coefficient d’utilisation de l’éclairage généralement il varie entre ***0.8 et 1***

 ***F*:** la surface à éclairer en ***m2***.

 ***Pnecl***: la puissance spécifique d’éclairages en ***W/m2*** ou ***VA/m2***

Généralement on fait appel au cahier de charge pour un tel ou tel atelier ou usine parce que chaque atelier a des spécifications particulières ; par exemple un atelier de montage des components électroniques n’a pas les mêmes spécifications qu’un atelier de montages des grosses pièces (montage automobile ou montage des grands engins) ; de même les ateliers de stockage des matières premières ou du produit finis ne nécessite pas un éclairage particulier généralement on prend ***Pn.ecl =15*** ou ***25VA/m2***.

La puissance réactive nécessaire pour l’éclairage dépend du type de lampe utiliser pour

L’éclairage ; par exemple pour les ateliers ou on utilise des lampes ou des ballons fluorescents on considère que ***tgφ = 0.32*** ou ***cosφ= 0.86***

Pour l’éclairage extérieur de l’usine la surface à éclairer est égale à la surface totale de l’usine moins la surface des ateliers

***Fext =F tot.usi - Fatel***

Ou ***Fext***: c’est la surface extérieure de l’usine en ***m2***

***Ftot.usi***: c’est la surface totale de l’usine

 ***Fatel***: c’est la surface de tous les ateliers y compris le bloc admistrative.

**2.2 La medhode du facteur de demande**

 Cette methode permet de calculer la puissance demandée par les postes de transformation ateliers ***(P.T.A.)*** et le poste de distribution usine***(P.D.U.)***. Les recepteurs dans cette methode sont generalement diviés en deux groupes et cela en fonction de leurs tension d’alimentation :

* Les recepteurs à ***H.T*** ou ***Un≥1000V.***
* Les recepteurs à ***B.T*** ou ***Un<1000V.***

**2.1.1 Les récepteurs à B.T**.

La puissance active calculée est déterminée par l’équation suivante :

***Pc=Kd*** (en ***KW)***

Ou***Pni***: est la puissance active installée d’un groupe de récepteur ***B.T*** en ***KW***

***m*** : est le nombre de récepteur B.T.

***Kd***: est le facteur de demande correspondant à un groupe de récepteur

La puissance réactive calculée est déterminée par l’équation suivante

***Qc=Kd*** (en ***KVAR)***

Ou ***Qni***: est la puissance réactive installée d’un groupe de récepteur ***B.T*** en ***KVAR.***

Si cette puissance réactive n’est pas connue on peut la calculer à partir de la puissance apparente ***Sni*** et du facteur de puissance cosφi

Nous avons ***Sni =***ou ***Pni =Sni  X cosφi*** et **Qni=Sni X sin*φi***où bien à partir de la puissance active calculée par la relation suivante

***Qc=Pc* x *tgφ***

Ou **tgφ** est le facteur de puissance global d’un groupe de récepteur.

***Sc =***

Ou ***Sc :*** c’est la puissance apparente calculée d’un groupe de récepteur en ***KVA***.

**2.1.2. Les récepteur à H.T.**

**a)** la puissance active calculée est déterminée par la relation suivante :

**Pc=Kdiv x (** (en ***KW)***

Ou  ***Pni***: la puissance active installée d’un groupe de récepteurs à **B.T** en ***KW*.**

 **Pmj**: la puissance active installée d’un groupe de récepteur à **H.T** en ***KW***.

 𝚫P : les pertes de puissance active du transformateur alimentant ce groupe de récepteur (moteurs secondaires du groupe récepteur)

  **σ** : le nombre de récepteur ***B.T***. alimentés par le secondaire du transformateur.

 ***β***: le nombre de récepteur ***H.T***. (moteurs principaux du groupe de récepteur)

si les pertes de puissance actives dans le transformateur ne sont pas connues elles peuvent être déterminer par la relation suivante

***𝚫P 2 %* x*Snt***

***Snt:*** la puissance nominale du transformateur.

***b)*** la puissance réactive calculée est déterminée par la relation suivante :

**Qc= (- Qcomp** (en ***KVAR)***

Ou  ***Qni***: la puissance réactive installée d’un groupe de récepteurs à **B.T** en ***KVAR*.**

 **Qmj**: la puissance réactive installée d’un groupe de récepteur à **H.T** en ***KVAR***.

 𝚫Q : les pertes de puissance active du transformateur alimentant ce groupe de récepteur (moteurs secondaires du groupe récepteur) en ***KVAR***

  **σ** : le nombre de récepteur ***B.T***. alimentés par le secondaire du transformateur.

 ***β***: le nombre de récepteur ***H.T***. (moteurs principaux du groupe de récepteur)

si les pertes de puissance réactives dans le transformateur ne sont pas connues elles peuvent être déterminer par la relation suivante

***𝚫Q 0.12 %* x *Snt***

***Snt:*** la puissance nominale du transformateur choisi.

***Qcomp***: la puissance réactivé compensée et cela il dépend du facteur de puissance moyen qui est déterminé par la relation suivante :

**COSφmoy =/**

Ou ***cosφi***: est le facteur de puissance de chaque moteur du groupe de récepteur.

Les facteurs de puissance de chaque moteur ainsi les puissances nominales des transformateurs des ateliers et leurs pertes actives et réactives peuvent être obtenus par plusieurs méthodes telles que les cahiers de charges de chaque atelier ou chaque usine ou bien des guides de conception des zones industriels etc.

La charge totale des récepteurs d’une usine est déterminée par l’expression suivante :

***Pc.tot =*** (en ***KW)***

Ou ***Pc.tot***: c’est la puissance active calculée totale de l’usine en ***KW***.

  ***Pci*** : c’est la puissance active calculée de chaque atelier en ***KW***.

 ***Pc.ecl***: c’est la somme de la puissance active calculée de l’éclairage en ***KW***.

 ***n*** : est le nombre d’atelier.

***Qc.tot =***

Ou ***Qc.tot***: c’est la puissance réactive calculée totale de l’usine en ***KVAR***.

  ***Qci*** : c’est la puissance réactive calculée de chaque atelier en ***KVAR***.

 ***Qc.ecl***: c’est la somme de la puissance réactive calculée de l’éclairage en ***KVAR***.

 ***n*** : est le nombre d’atelier.

 La puissance apparente totale de l’usine ou celle du poste de distribution usine ***(P.D.U)*** ou bien du poste de livraison de l’usine ***(P.L)*** est déterminée de l’expression suivante

***Sc.tot =***

 Ou ***Sc.tot*** : c’est la puissance apparente calculée totale de l’usine en ***KVA***.

La puissance du poste de distribution usine ou la puissance du poste de livraison doit être égalé ou légèrement supérieur à ***Sc.tot***.

***S (P.D.U) =S (P.L) ≥ Sc.tot.***

***Exemple***

Déterminer la puissance appelée par un broyeur de ciment ainsi que la puissance compensée par la batterie de condensateur à installer pour que cet atelier fonctionne dans des bonnes conditions. Il se compose :

1. d’un moteur asynchrone triphasé avec ***P= 3250 KW***; 3Ф et ***Un = 5.5KV***

2. d’un moteur asynchrone de ventilation 3Ф ***P=300KW*** ; un ***cosφ = 0.87*** *et* ***Un = 5.5KV***

3. de **4** Compresseurs ou chaque compresseur est alimenté par un moteur asynchrone 3Ф ayant une puissance ***P= 200KW*** ; et un ***cosφ = 0.88*** et ***Un =380V***

4. D’un séparateur qui est alimenté par un moteur à courant continu de puissance ***P=132KW***

5. D’un électro-filtre ayant une puissance ***P=90KW*** avec un ***cosφ = 0.80*** et ***Un=380V***

6. d’un atelier de broyage ayant une puissance ***S=494KVA*** ; ***cosφ = 0.80*** et ***Un=380V***

L’ensemble est éclairé par des lampes à gaz fluorescent dont la puissance totale de l’éclairage ***Pt.ecl =30KW.***

Le facteur de demande des compresseurs ***Kd=0.88*** tandis que pour le broyeur de ciment

***Kd=1*** mais le coefficient de diversité de l’ensemble ***Kdiv=0.55.***

***Solution de l’exemple***

Après avoir tracé le schéma électrique unifilaire du broyeur nous commençons à la détermination des différents puissances actives et réactives en utilisant le tableau suivant

 et cela pour choisir la puissance du transformateur ***5.5KV/380V***:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Qc(KVAR***) | ***Pc (KW)*** |  ***tg φ***  | ***cosφ*** | ***Kd ou Kdiv*** | ***) Puis. insten(KW*** | ***Récepteur B.T*** |
| 407.61 | 704 | 0.579 | 0.88 | 0.88 | 4 x 200 | Compresseurs |
| 0 | 132 | 0 | 1 | 1 | 132 | Séparateur |
| 296.4 | 395.2 | 0.75 | 0.8 | 1 | 494 x0.8 | Atelier de broy |
| 67.5 | 90 | 0.75 | 0.8 | 1 | 90 | Electro-filtre |
| 9.6 | 30 | 0.32 | 0.95 | 1 | 30 | Eclairage |
| ***781.11KVAR*** | ***1351.2KW*** |  |  |  |  | ***Récepteur H.T*** |
| 2015 |  | 0.62 | 0.85 | 0.55 | 3250 | Broyeur  |
| 168 |  | 0.56 | 0.87 | 0.55 | 300 | Mot. Ventilatio |

Les puissances active et réactive calculées totales des récepteurs B.T.sont égales :

***Pc.t(B.T)=704+132+395.2+90+30=1351.2KW.***

***Qc.t(B.T)=407.61+296.4+67.5+9.6=781.11KVAR.***

La puissance apparente totale calculée est égale :

***Sc.t(B.T)*** = = =***1560.73KVA***

La choix du transformateur 5.5KV/380V sa puissance doit être supérieure ou égale à ***Sc.t(B.T)*** donc ***Snt ≥1560.73KVA***

Le transformateur choisi a les caractéristiques suivantes :

***Snt*** ***=2000KVA***; ***I0%=0.47; Ucc%=6.8%; 𝚫Pcc =1.77KW; 𝚫P0=241W***

***Unt1=5.5KV*** et ***Unt2= 380V.***

Calcul du facteur de puissance moyen : **COSφmoy =/**

**COSφmoy = (800**x **0.88 +132**x**1+395.2** x **0.8 +90**x**0.8+30**x**0.95)/(800+132+395.2+90+30)**

**COSφmoy** =1251.66/1447.2= **0.86**

Le facteur de puissance exigé est généralement proche de 0.9 ou bien on détermine **cosφexig** =**/ Sc.t(B.T)** =1447.2/1560.73 =**0.92**

La puissance apparente totale calculée des récepteurs après compensation

***Sc.t après compensation***= ***Pc.t(B.T) /* cosφexig *= 1351.2/0.92=1468.69KVA***

***Qc.t après compensation =***

***Qc.t après compensation*** = **= 575.59KVAR**

La puissance des batteries de condensateurs à installer est égale

Qbatterie = ***Qc.t(B.T) - Qc.t après compensation*** = ***781.11- 575.59 =205.52KVAR***

Donc on doit installer trois batteries de ***70 KVAR*** chaque une.

Calcul des puissances actives et réactives des récepteurs **H.T**

**Pc.H.T=Kdiv x (**  ***=*** 0.55 (1447.2 +3250+ 300) +

***𝚫P 2 %* x*Snt***  = ***0.02x2000 = 40KW.***

**Pc.H.T** =***0.55x (4997.2) +40 = 2788.46KW***

**Qc.H.T= (- Qcomp *= (463.18 +296.4+ 67.5 +9.6) +2015+168 + – 3*x 70.**

***𝚫Q 0.12 %* x *Snt*** = **0.012x 2000 =24KVAR**

***Qc.H.T = 2833.68KVAR***

La puissance apparente totale calculée du coté H.T est égale :

***Sc.tot == 3975.58KVA.***

Le transformateur ce cet atelier de broyage doit être choisi de manière que la puissance nominale du transformateur de ce dernier soit supérieure à la puissance apparente calculée totale.

***Snt.(P.T.A )≥ Sc.tot***