

CONDITIONS TECHNIQUES DE RACCORDEMENT AU RESEAU PUBLIC DES INSTALLATIONS DE PRODUCTION AUTONOME D'ENERGIE ELECTRIQUE.

Les conditions techniques de raccordement au réseau public des installations de production autonome d'énergie électrique de moins d'un mégawatt sont définies par l'arrêté du 21 juillet 1997.

Cet arrêté précise les obligations des producteurs d'énergie électrique quant à la fourniture de l'énergie réactive nécessaire au fonctionnement des générateurs.

- ✓ Il stipule notamment que dans le cadre général de la fourniture d'énergie électrique au réseau national, la fourniture de l'énergie réactive indispensable au fonctionnement de la machine incombe au producteur.
- ✓ Il fait obligation au producteur de fournir une puissance réactive nominale Q_n , telle que $Q_n = 0,4 P_n$, formule dans laquelle P_n représente la puissance active nominale de l'installation.
- ✓ Il précise que si l'installation de production comporte des génératrices asynchrones, la fourniture de puissance réactive se fera à l'aide de batteries de condensateurs, qui pourront être installées directement chez le producteur ou bien au poste source du distributeur.
- ✓ Enfin, afin d'éviter le risque de surtensions lors du découplage du réseau, il impose que les génératrices asynchrones ne restent jamais isolées sur des condensateurs sans charge.

Objectifs de l'étude

- Déterminer la valeur d'une batterie de condensateurs permettant de diminuer la puissance réactive absorbée.
- Analyser l'incidence d'une consommation excessive d'énergie réactive sur le choix des matériels et le fonctionnement des installations.
- Choisir les matériels permettant de réaliser une compensation automatisée de l'énergie réactive absorbée par l'éolienne.

D1. COMPENSATION D'ENERGIE REACTIVE

D1.1 A partir des caractéristiques techniques de la génératrice (voir PR 9) :

- ✓ **CALCULER** la puissance active (P_a) débitée par la génératrice.
- ✓ **CALCULER** la puissance réactive absorbée par la génératrice (Q_a).
- ✓ En **DEDUIRE** le rapport Q_a / P_a .
- ✓ **TRACER** le triangle des puissances pour le point nominal de fonctionnement.

D1.2 Dans le respect de la réglementation en vigueur, on désire obtenir un rapport Q_a / P_a égal à 0,4. **DETERMINER** la puissance réactive Q_c qu'on doit fournir à la machine pour remplir cette condition.

D1.3 Le constructeur équipe ses génératrices d'une batterie de condensateurs de 250 kVAR (voir DT D3). **DETERMINER** le rapport Q_a/P_a de l'ensemble génératrice / batterie de condensateurs ainsi constitué. **CONCLURE** sur le respect de la réglementation.

D1.4 On insère en parallèle avec la génératrice, la charge capacitive triphasée de 250 kVAR prévue par le constructeur. La charge, supposée parfaite, est câblée en étoile.

- ✓ **DESSINER** le schéma de principe multifilaire de l'ensemble ainsi câblé.
- ✓ **CALCULER** l'intensité du courant I_C dans la ligne alimentant la charge capacitive.
- ✓ **CALCULER** l'intensité du courant I_{RES} débité par l'ensemble machine asynchrone / charge capacitive.
- ✓ **REALISER** le diagramme de Fresnel des différents courants.
- ✓ **CALCULER**, pour un couplage étoile puis pour un couplage triangle de la batterie de compensation, la capacité des condensateurs à utiliser.
- ✓ **JUSTIFIER** le couplage retenu par le constructeur d'un point de vue technologique.

D2. INCIDENCE DE LA COMPENSATION D'ENERGIE SUR LE CHOIX CABLES.

D2.1 La liaison entre l'ensemble génératrice asynchrone / batterie de condensateur et le transformateur élévateur est réalisée par un câble aluminium multipolaire à isolant élastomère synthétique de longueur 50 m. À partir du tableau définissant l'intensité admissible en régime permanent dans les liaisons basse tension (documents techniques DTD1 et DTD2) :

- ✓ **CHOISIR** et **COMPARER** la section à utiliser pour cette liaison suivant que la génératrice est équipée ou non de la batterie de condensateurs.
- ✓ **CALCULER**, pour les deux câbles choisis, le coefficient de self induction et la résistance par phase sachant que la température ambiante est égale à 30°C, que les conducteurs possèdent un isolant d'épaisseur $e = 5$ mm, qu'ils sont jointifs et disposés en triangle dans le câble.

D2.2 Les valeurs maximales de chutes de tension tolérées par la norme NFC 15-100 sont fixées à 3 % pour l'éclairage et 5 % pour les autres usages.

- ✓ **CALCULER** la chute de tension ΔU entre phases pour chacun des deux câbles précédents.
- ✓ **COMPARER** les résultats aux attendus de la norme. **CONCLURE.**

D3. ETUDE D'EQUIPEMENT.

D3.1 La compensation d'énergie est réalisée par 4 « gradins de condensateurs », insérés dans le circuit en fonction la puissance délivrée au réseau par la génératrice (voir schéma électrique de l'éolienne).

C'est un dispositif de contrôle permanent du facteur de puissance qui pilote l'insertion des gradins. Il vise à maintenir un facteur de puissance proche de 0,98 sans jamais pouvoir être inférieur à 0,93.

- ✓ **COMPLETER** le tableau récapitulatif de la puissance réactive à fournir à la génératrice entre 5,5 et 14 m.s⁻¹ pour respecter les conditions ci-dessus. (On considèrera que le facteur de puissance de la génératrice asynchrone est constant sur la plage de vitesse considérée).
- ✓ A partir des caractéristiques des différents gradins disponibles (voir DT D4), **DETERMINER** la constitution des quatre gradins qui permettront de réaliser au mieux la compensation d'énergie souhaitée. **TRACER** $Q_c = f(V)$ sur le graphe proposé.

D3.2 La mise sous tension des gradins de condensateur est réalisée par des contacteurs. Des inductances de chocs, dimensionnées de telle sorte que les courants d'appel soient limités sont insérées en série avec chaque bloc de condensateurs.

- ✓ À partir des choix effectués précédemment, **INDIQUER** la référence des contacteurs permettant la mise sous tension des gradins à une température ambiante de 30°C (voir DT D5).

D3.3 Le contrôle du facteur de puissance de l'éolienne est réalisé par un contrôleur *VARLOGIC R12* de SCHNEIDER ELECTRIC. Le schéma de câblage est donné en annexe (voir DT D6). Les bobines des contacteurs d'insertion des gradins sont alimentées en 230 V alternatif.

- ✓ **CHOISIR** le transformateur d'intensité compatible avec l'installation et le contrôleur VARLOGIC (voir DT D7).
- ✓ **REALISER** le schéma multifilaire du système de compensation de puissance en utilisant les données précédentes et le schéma unifilaire de l'éolienne.