

## Exercice : Etude d'une éolienne de 5 MW à vitesse variable

Considérons une centrale éolienne produisant une puissance nominale  $P_{out} = 5MW$  pour un facteur de puissance unitaire dans un réseau de distribution avec une tension entre phases :

$$V_{L-L_{system}} = 12,47 KV$$

La centrale éolienne consiste en :

- un transformateur survolteur triphasé (Y/ $\Delta$ ),  $N_{inv}$  onduleurs MLI triphasés avec une tension d'entrée  $V_{DC} = 600V + 600V = 1200V$ . Chaque onduleur délivre un courant alternatif  $I_{phase\_inverter}$  à facteur de puissance unitaire  $\cos \varphi = 1$  par rapport à l'enroulement primaire du transformateur à basse tension. (L'angle  $\varphi$  entre la tension simple du primaire du transformateur  $V_{L-n\_inverter}$  et le courant d'une phase de l'onduleur est égal à 0.),  
A noter que le point milieu de la tension du redresseur est relié à la terre ou représente une masse virtuelle.
- $N_{rect}(= N_{inv})$  redresseurs triphasés, chacun équipé d'un commutateur automatique et de six diodes fonctionnant à un rapport cyclique  $\delta = 50\%$ .  
Noter que chaque redresseur alimente un onduleur.
- un générateur synchrone,
- un variateur de vitesse mécanique (boite de vitesse),
- une turbine éolienne.

En fonctionnement nominal, chacun des composants cités ci-dessus a un rendement  $\eta = 0,95$ .

Il y a  $N_{rect}$  redresseurs en parallèle et  $N_{inv}$  onduleurs en parallèle, et chaque redresseur alimente un onduleur. Lors d'un fonctionnement à moins de charge, les rendements seront plus faibles. La configuration parallèle des onduleurs et redresseurs permet une augmentation de l'efficacité, car à des charges légères et moyennes seulement quelques onduleurs et redresseurs doivent être déconnectés. Le fonctionnement nominal est atteint quand tous les redresseurs et onduleurs sont connectés.

- 1) Dessiner un schéma de principe des composants mentionnés ci-dessus.
- 2) Pour un fonctionnement nominal, déterminer la puissance de sortie de chaque composant par exemple, transformateur, onduleurs, redresseur, générateur, boite de vitesse et turbine éolienne.
- 3) Déterminer pour un indice de modulation  $m = 0,8$ , la tension simple (entre phase et neutre) à la sortie du convertisseur  $V_{L-n\_inverter}$  de telle sorte que l'onduleur peut fournir un courant approximativement sinusoïdal avec un facteur de puissance unitaire.

- 4) Les  $N_{inv}$  onduleurs MLI sont connectés en parallèle et chacun a une puissance nominale  $P_{inverter} = 500 \text{ kW}$ . Quel est le nombre d'onduleurs nécessaire ? Déterminer le courant  $I_{phase\_inverter}$  et le rapport de transformation du transformateur  $a = \left(\frac{N_s}{N_p}\right)$ ,  $N_s$  et  $N_p$  étant respectivement le nombre de spires par phase au primaire et au secondaire.

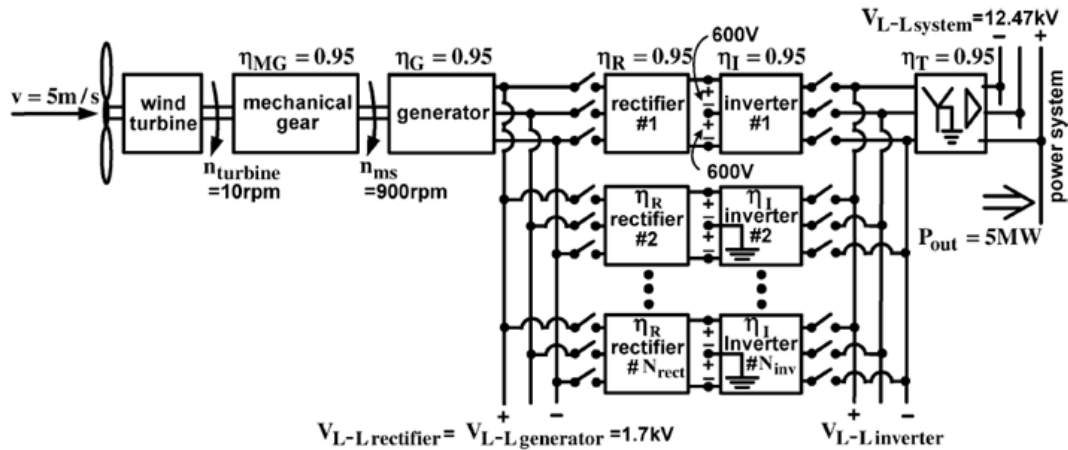
Pour vos calculs, vous pouvez supposer un transformateur idéal et un système sans pertes, où toutes les résistances et inductances de fuite sont négligées. Les résistances du transformateur sont prises en compte dans son rendement.

- 5) Pourquoi utiliser une configuration Y-n/ $\Delta$  pour le transformateur ?

**Correction:**

1)

Dessiner un schéma de principe des composants mentionnés ci-dessus.



**Schéma synoptique d'une éolienne connectée au réseau**

2) Puissance de sortie de chaque composant : transformateur (transformer), onduleurs (inverter), redresseur (rectifier), générateur (generator), boîte de vitesse (gear) et turbine éolienne (wind\_turbine) :

$$P_{\text{transformer}} = 5 \text{ MW}$$

$$P_{N_{\text{inverters}}} = P_{\text{transformer}} / 0.95 = 5.26 \text{ MW}$$

$$P_{N_{\text{rectifier}}} = P_{N_{\text{inverters}}} / 0.95 = 5.54 \text{ MW}$$

$$P_{\text{generator}} = P_{N_{\text{rectifier}}} / 0.95 = 5.83 \text{ MW}$$

$$P_{\text{gear}} = P_{\text{generator}} / 0.95 = 6.14 \text{ MW}$$

$$P_{\text{wind\_turbine}} = P_{\text{gear}} / 0.95 = 6.46 \text{ MW}$$

3) Déterminer la tension simple (entre phase et neutre) à la sortie du convertisseur  $V_{L-n_{\text{inverter}}}$  de telle sorte que l'onduleur peut fournir un courant approximativement sinusoïdal avec un facteur de puissance unitaire.

$$V_{L-n_{\text{inverter}}} = m * \frac{V_{DC}}{\sqrt{2}} = 0.8 * \frac{1200}{\sqrt{2}} = 340V$$

4) Quel est le nombre d'onduleurs nécessaire ( $N_{inverter}$ ) ?

Déterminer le courant  $I_{phase\_inverter}$  et le rapport de transformation du transformateur  $a = (\frac{N_s}{N_p})$ ,  $N_s$  et  $N_p$  étant respectivement le nombre de spires par phase au primaire et au secondaire.

$$N_{inverters} = P_{N\_inverters} / P_{inverter} = 5.260 \text{ kW} / 500 \text{ kW} = 11 \text{ inverters}$$

$$I_{phase\_inverter} = \frac{\frac{P_{inverter}}{3}}{V_{L-N_{inverter}}} = \frac{\frac{500 \text{ kW}}{3}}{340 \text{ V}} = 490 \text{ A}$$

et le courant sortant des 11 onduleurs est :

$$\Sigma I_{phase\_inverter} = 11 * I_{phase\_inverter} = 5,392 \text{ kA}$$

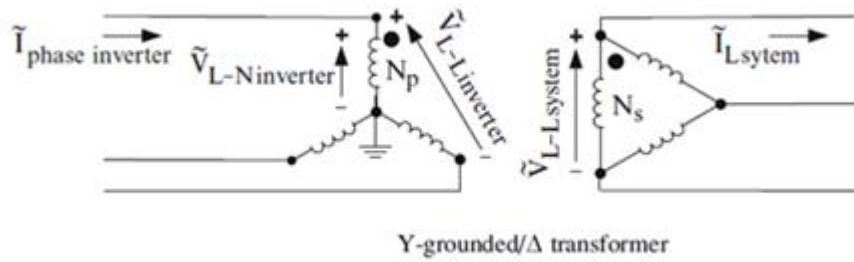
or le courant total entre phases des onduleurs peut être obtenu comme ceci :

$$\frac{\frac{P_{N\_inverters}}{3}}{V_{L-N_{inverter}}} = \frac{\frac{5.260 \text{ kW}}{3}}{340 \text{ V}} = 5.16 \text{ kA}$$

Le rapport de transformation est :

$$a = N_s / N_p = V_{L-L \text{ system}} / V_{L-N_{inverter}} = 12.47 \text{ k} / 340 = 37$$

5) Pourquoi utiliser une configuration Y-n/ $\Delta$  pour le transformateur ?



Une configuration Y-n/ $\Delta$  pour le transformateur est utilisée pour éviter que des composantes homopolaires entrent dans le système d'alimentation.