

Exercice : Comparaison d'une centrale photovoltaïque (PV) de 5 MW avec une centrale électrique classique (au charbon) de 5 MW

Une centrale photovoltaïque est constituée de panneaux solaires, d'un régulateur de puissance maximale (MPT), d'un hacheur élévateur/abaisseur, d'un onduleur triphasé et d'un transformateur triphasé connecté en étoile-triangle (Y- Δ) à une charge de puissance :

$$P_{out-transformateur} = 5 \text{ MW}$$

Note : 5 MW peuvent fournir de l'électricité à 1800 résidences.

Performance de l'installation photovoltaïque de 5 MW :

- (a) Dessiner un schéma de principe des composants mentionnés ci-dessus
- (b) Si chacun des composants, régulateur de puissance maximale (MPT), hacheur élévateur/abaisseur, onduleur triphasé et transformateur, a un rendement $\eta = 90\%$, quelle est la puissance maximale requise du générateur solaire ($P_{solar-array-max}$) pour une puissance à la sortie du transformateur $P_{out-transformateur} = 5 \text{ MW}$?
- (c) Sachant que le rendement des cellules solaires est $\eta_c = 15\%$, quelle est la puissance solaire maximale ($P_{Q_s,max}$) nécessaire ?
- (d) La centrale photovoltaïque est constituée de 43000 panneaux solaires chacun ayant une surface de $(0,8 \times 1,6)m^2$.
Quelle est la surface totale de l'ensemble des panneaux et quelle est l'irradiation solaire maximale nécessaire (Q_s mesurée en kW/m^2) dans le lieu de cette installation photovoltaïque ?
- (e) Quelle est la période de retour sur investissement (en années) si :
 - 1kW installé coûte \$4000,
 - le prix moyen du KWh produit durant les 15 années futures est de \$0.2 ?

A noter que les coûts de carburant sont nuls et les coûts d'exploitation sont négligeables; vous pouvez aussi assumer un fonctionnement de 6h par jour à 80% de la capacité de puissance ($0,8 \times 5 \text{ MW} = 4\text{MW}$).

Performance de l'installation conventionnelle (au charbon) de 5 MW :

- (f) 1 kW installé dans une centrale conventionnelle au charbon coûte \$2000. Quelle est la période de retour sur investissement en années si le KWh produit demande un coût de fuel et d'exploitation de \$0,075 et si le prix moyen de vente du KWh est \$0,20/KWh ? Vous pouvez supposer 24h de fonctionnement par jour à 80% de la capacité de la centrale ($0,8 \times 5 \text{ MW} = 4\text{MW}$).

Correction :

(a)

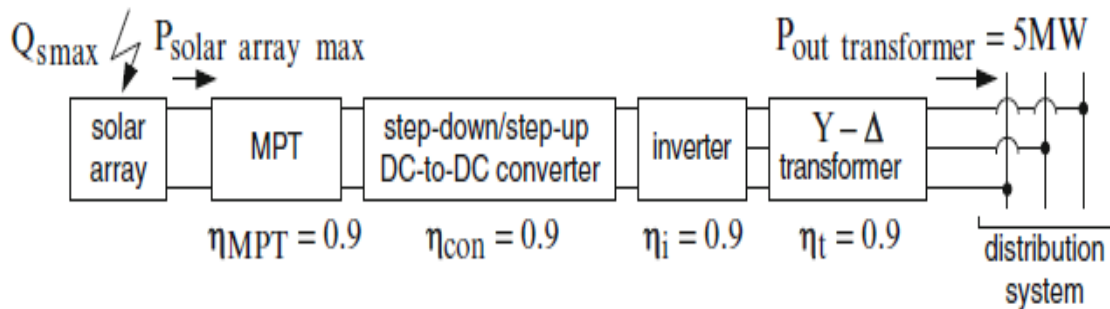


Schéma synoptique d'une centrale PV de 5 MW

(b) Puissance maximale requise du générateur solaire :

$$P_{solar\ array\ max} = P_{out\ transformer} / (\eta_t * \eta_i * \eta_{con} * \eta_{MPT}) = 5\ MW / (0.9)^4 \\ = 7.62\ MW$$

(c) Puissance solaire maximale ($P_{Q_s_{max}}$) nécessaire :

$$P_{Q_{smax}} = P_{solar\ array\ max} / \eta_{cell} = 7.62\ MW / 0.15 = 50.81\ MW$$

(d) Surface totale de l'ensemble des panneaux $area_{totalarray}$ et l'irradiation solaire maximale nécessaire (Q_s mesurée en kW/m^2) :

$$area_{total\ array} = 43\ 000 * 0.8 * 1.6 = 55.04 \cdot 10^3\ m^2$$

$$Q_{smax} = P_{Q_{smax}} / area_{total\ array} = 50.81 \cdot 10^3\ kW / 55.04 \cdot 10^3\ m^2 \\ = 0.92\ kW/m^2$$

(e) Période de retour sur investissement (en années) :

1kW installé coûte \$4000, le prix moyen du KWh produit durant les 15 années futures est de \$0,2, cela fait \$20 M.

A 80% de sa capacité => 4MW, les revenus par an sont :

$$4000*0,2*365*6*y = \$1,752 M*y$$

Or la période de retour sur investissement est :

$$y = 20/1,752 = 11.42 \text{ ans, en négligeant les taxes, réductions.}$$

(f) Période de retour sur investissement en années si le KWh produit demande un coût de fuel et d'exploitation de \$0,075 et si le prix moyen de vente du KWh est \$0,20/KWh :

1 kW installé dans une centrale conventionnelle au charbon coûte \$2000

Il y a le coût du fuel et des opérations :

$$\text{Coût} = 0,075*4000*365*24*y = \$2,628M*y$$

Les revenus sont basés sur le prix moyen de vente du KWh (\$0.20/KWh).

A 80% de sa capacité => 4MW, les revenus par an sont :

$$4000*0,20*365*24*y = \$7,01M*y$$

Or la période de retour sur investissement est égale à :

$$y = 10/(7,01 - 2,628) = 2,28 \text{ ans, négligeant toutes taxes carbone ou réductions.}$$

A noter que cette période de retour sur investissement aurait augmentée si nous avions pris en compte la taxe carbone. D'un autre côté, les panneaux solaires ne génèrent pas 4MW sur une période de 6h à cause de la variation de la quantité du rayonnement solaire.