



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE L'ARBI BEN M'HIDI OUM EI BOUAGHI
INSTITUT DES SCIENCES ET DES TECHNIQUES APPLIQUÉES
DÉPARTEMENT RESEAUX & TELECOMMUNICATIONS
2^{ème} Année Master'' Systèmes Réseaux & Télécommunications''



Année Universitaire 2024/2025

Réseaux énergétiques intelligents

Examen (Durée 1h 30min)

Questions de cours (07pts)

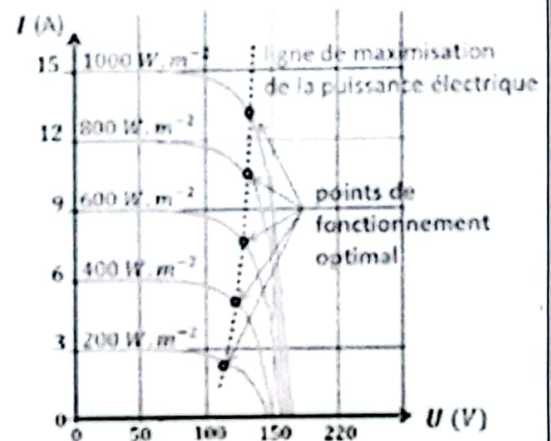
1. Expliquez le système photovoltaïque autonome (stand alone)? (1,5)
2. Expliquez le régulateur MPPT? (0,2)
3. Expliquez la durée de vie, l'état de charge (SOC), et la profondeur de décharge (DOD) de la batterie? (1,5)
4. Donner les trois étapes pour charger une batterie au plomb? Expliquez brièvement? (0,2)

Exercice 1 (06 pts)

En amont d'une installation alimentée par un panneau solaire, il est nécessaire d'installer un régulateur de charge. Celui-ci peut être modélisée par un conducteur ohmique de résistance R dont la valeur est automatiquement ajustée afin que maximiser la puissance électrique fournie par le panneau. Le point de fonctionnement optimal est (U_{opt} , I_{opt}) est repéré sur le graphique ci-dessous pour différents éclairement.

Pour un éclairement de 600 W/m^2

1. Déterminer précisément les coordonnées du point de fonctionnement optimal (U_{opt} , I_{opt})? (0,1)
2. En déduire la valeur de résistance optimal R_{opt} ? (0,1)
3. Calculer la puissance électrique maximale fournie par le panneau solaire? (0,1)
4. Calculer la puissance lumineuse reçue par le panneau et en déduire son rendement? Dimensionnement du panneau est $5.0 \text{ m} \times 2.0 \text{ m}$ (0,1)



Exercice 2 (07 pts)

Notre panneau solaire a une puissance crête de 75 W . La tension aux bornes du panneau vaut 17 V . Le panneau solaire est constitué de cellules photovoltaïques branchées à la fois en série et en parallèle. Dans chaque branche les cellules sont associées en série, et les différentes branches sont montées en parallèle. Chaque cellule délivre une tension de 0.5 V et un courant de 450 mA .

1. Quel est le nombre de cellules dans une branche? (1)
2. Quelle est l'intensité du courant débitée par le panneau? En déduire le nombre de branches du panneau. (2)
3. Déterminer le nombre total de cellules du panneau. (1)
4. Déterminer de quelle manière on doit associer les cellules pour construire notre panneau solaire (faire un dessin simplifié) (0,2)

Question du cours

1. Expliquez le système photovoltaïque autonome (stand alone)?

Le premier des 2 types de systèmes photovoltaïques est le système solaire autonome, ou système en îlot, c'est un type d'installation photovoltaïque qui n'est pas connecté au réseau électrique national, mais qui est connecté à un système autonome de stockage d'énergie – batteries électriques – qui stockent l'électricité produite par l'installation et la restituent aux utilisateurs au moment où ils en ont besoin. Voir Figure.

Les éléments typiques d'un système autonome sont les suivants :

- champ photovoltaïque ;
- Convertisseur DC-DC et DC-AC (boost + onduleur)
- accumulateur ;
- régulateur de charge
- utilisateur.



Comment fonctionne une installation photovoltaïque autonome

Une installation photovoltaïque stand alone fonctionne de la manière suivante :

- les panneaux solaires captent l'énergie solaire incidente et la transforment en courant continu ;
- l'énergie captée est transformée par l'onduleur en courant alternatif ;
- l'énergie alternative produite peut être autoconsommée immédiatement par l'utilisateur ou stockée dans les batteries de stockage, puis prélevée lorsque l'utilisateur en a besoin.

Ce processus implique que l'accumulateur (la batterie) se charge et se décharge ; pour ne pas dire son efficacité, le régulateur de charge gère ce mécanisme.

2. Expliquez le régulateur MPPT ?

Un régulateur MPPT est un convertisseur électronique DC/DC qui optimise en permanence les paramètres électriques de fonctionnement entre les 3 systèmes suivants :

- Le système photovoltaïque (constitue de un ou plusieurs panneaux solaires)
- Le dispositif batterie (compose d'une ou plusieurs batteries)
- Les applications utilisant l'énergie (moteur, pompe, éclairage, réfrigérateur, ...etc.)

Handwritten mark: a stylized 'C' with a '2' inside, possibly indicating a correction or a specific note.

2.1 Explication

Optimisation

- La majorité des panneaux solaires sont conçus pour produire, en théorie, un courant ayant une tension nominale de 12 Volts. En réalité la plupart de ces panneaux peuvent produire un courant dont la tension varie entre 16 Volts à 36 Volts.

- Le problème réside dans le fait qu'une batterie fonctionne généralement avec une tension nominale de 12 Volts. Plus précisément entre 10,5 Volts et 12,7 Volts en fonction de son état de charge. Une batterie, lorsqu'elle est en charge, a besoin de 13,2 Volts à 14,2 Volts pour pouvoir se recharger complètement.

- Ces valeurs sont sensiblement différentes des valeurs nominales produites par la plupart des panneaux solaires photovoltaïques.

Exemple pratique

- Considérons un panneau qui produit 60 Watts sous une intensité 3,48 Ampères et une tension de 17,2 Volts, La puissance délivrée sera $P = U.I = 3,48 \times 17,2 = 60$ Watts Or, la batterie se charge sous une tension de 12 Volts et absorbe une puissance $P = 3,48 \times 12 = 42$ Watts... et non 60 Watts.

• Les 18 Watts manquants ne sont pas partis dans la nature. Ils n'ont tout simplement pas été produits par le panneau. En effet, le panneau et la batterie ne se sont pas calés de façon « intelligente » de manière à fonctionner correctement ensemble (configuration optimale).

3. la solution communément adoptée est alors d'introduire un convertisseur statique qui joue le rôle d'adaptateur source-charge

• Explication Cet étage joue le rôle d'interface entre les deux éléments en assurant à travers une action de contrôle, le transfert du maximum de puissance fournie par le générateur pour qu'elle soit la plus proche possible de P_{MAX} disponible (quel que soit la valeur de la charge)

3. Expliquez la durée de vie, l'état de charge (SOC), et la profondeur de décharge (DOD) de la batterie ?

La durée de vie, fonction de l'utilisation :

- La durée de vie d'une batterie (nb de charge/décharge) dépend de la **profondeur de décharge** récurrente qu'elle atteint.
- Plus la **profondeur de décharge** finale est importante, moins longue sera la durée de vie d'une batterie.
- Pour chaque utilisation il faut trouver le bon compromis entre la **profondeur de décharge** acceptable, le besoin en énergie et la durée de vie.

Etat de charge (State of charge ou SOC en anglais)

Une autre manière pour situer où en est une batterie est d'indiquer l'état de charge ou "state of charge", SOC en anglais.

Ce terme est universellement utilisé. Le SOC est une indication sur le niveau de charge d'une batterie. L'indication est donnée en pourcentage. C'est ce qu'affiche, par exemple, un moniteur de batterie.

Il est important de comprendre que l'Etat de charge de la batterie est l'opposé de la profondeur de décharge.

Qu'est-ce que la profondeur de décharge (Depth of Discharge : DoD en anglais)?

Vous avez noté que la durée de vie d'une batterie est exprimée en nombre de cycles. Cette valeur est toujours accompagnée de la condition de la profondeur de décharge. Qu'est que cela signifie ?

La Profondeur de décharge est et indique le stade de décharge de la batterie.

Si la batterie est pleine, elle est à 0% de décharge.

Si la batterie est un peu déchargée, cela pourrait être, par exemple, 20% de profondeur de décharge.

Si la batterie est beaucoup déchargée, cela pourrait être, par exemple, 90% de profondeur de décharge.

Si la batterie est vide, c'est 100% de profondeur de décharge.

4. Donner les trois étapes pour charger une batterie au plomb ? Expliquez brièvement ?

Les batteries au plomb sont généralement chargées en trois étapes pour un bon fonctionnement, comme expliqué ci-dessous.

• **The BULK stage** implique environ 80 % de la recharge, dans laquelle le courant du chargeur est maintenu constant (dans un chargeur à courant constant) et la tension augmente.

• **The ABSORPTION stage** (les 20 % restants environ) permet au chargeur de maintenir la tension à la tension d'absorption du chargeur (entre 14,1 VCC et 14,8 VCC, selon les points de réglage du chargeur) et de diminuer le courant jusqu'à ce que la batterie soit complètement chargée.

• **The FLOAT stage** est celle où la tension de charge est réduite entre 13,1 VCC et 13,5 VCC (qui est la tension maximale qu'une batterie de 12 volts peut contenir) et maintenue constante, tandis que le courant est réduit à moins de 1 % de la capacité de la batterie.

Exercice 1

1. $(U_{opt} : I_{opt}) = (125V : 7.5A)$
2. $R_{opt} = U_{opt}/I_{opt} = 125/7.5 = 17 \Omega$
3. $P_{elec_max} = U_{opt} \cdot I_{opt} = 125 \cdot 7.5 = 9.4 \cdot 10^2 W = 0.94 kW$
4. $P_{limuneuse} = E \cdot S = 600 \cdot 10 = 6.0 \cdot 10^3 W = 6 kW$ ($W = W \cdot m^{-2} \cdot m^2$)

Surface de panneau : $S = 5m \cdot 2m = 10m^2$

$$n_{opt} = \frac{P_{elec_max}}{P_{lim}} \cdot 100 = \frac{9.4 \cdot 10^2}{6.0 \cdot 10^3} = 16\%$$

Exercice 2

1. Pour avoir 17 V, il faut brancher $17/0.5 = 34$ cellules de 0.5v en série

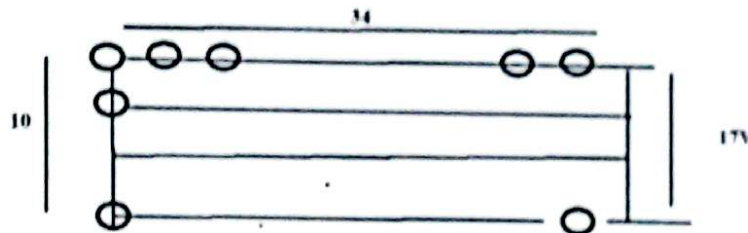
2. $P = UI$ donc $I = P/U = 75/17 = 4.41A$

Pour avoir 4.41a, il faut brancher $4.41/0.450 = 9.8$, soit 10 cellules en parallèle.

Donc le panneau se compose de 10 branches montées en parallèle, composées chacune de 34 cellules montées en série.

3. $34 \cdot 10 = 340$ cellules

4.



?