

Produit : Chalet de montagne

L'objectif de cette activité est de définir une solution d'amélioration de l'installation photovoltaïque autonome d'un refuge de montagne.

Description de la démarche :

Une étude de conception est menée pour choisir et dimensionner un régulateur de charge de batterie à l'aide des documents techniques fournis.

Une expérimentation sur un prototype (à échelle réduite) permet de comparer le fonctionnement du régulateur en place (PWM) et celui prévu pour l'amélioration (MPPT) afin d'estimer le gain de puissance.

Une simulation permet de valider le modèle du prototype, en recherchant la puissance maximale obtenue avec la technologie MPPT et en la comparant avec les mesures expérimentales. Ce modèle est ensuite utilisé pour simuler le système réel et en déduire le gain de puissance de l'installation photovoltaïque du refuge.



1. Découverte du produit et de sa problématique technique

- **Relever** la problématique et la solution proposée pour y répondre.
- **Relever** la performance attendue sur l'augmentation de la puissance installée.

2. Conception

L'objectif de la conception est de déterminer les caractéristiques du régulateur à installer.

- **Expliquer** la différence de fonctionnement entre le régulateur PWM et le régulateur MPPT, et **justifier** l'intérêt du MPPT pour répondre au besoin.
- **Déterminer**, à partir de la courbe de puissance du champ photovoltaïque du document ressources, les tensions de fonctionnement de chaque régulateur et **en déduire** le gain maximal théorique de puissance $G_{\text{max_théo}}$;
Formule : donc $\text{Gain}_{\%} = (\text{Valeur}_{\text{MPPT}} - \text{Valeur}_{\text{PWM}}) / \text{Valeur}_{\text{PWM}}$
- **Ouvrir** le tableur «**DIMENSIONNEMENT_Regulateur_ELEVE.xlsx**», et, à l'aide du dossier ressource, le renseigner avec les directives qui suivent.
- **Saisir**, pour les valeurs à remplir manuellement (sans unité), les caractéristiques des panneaux photovoltaïques et de l'installation relevées sur le diagramme de définition de blocs du dossier ressource.
- **Entrer** les formules pour le calcul des paramètres du champ photovoltaïque.
- **Choisir**, à partir du catalogue de régulateurs fourni dans le dossier ressources, le modèle de régulateur MPPT convenant pour cette installation photovoltaïque. **Justifier** le choix.

3. Expérimentation

L'objectif de l'expérimentation est de déterminer le gain de puissance avec un régulateur MPPT, par l'utilisation d'un prototype (*système à échelle réduite par rapport au système réel*).

Mise en œuvre du régulateur PWM.

- **Exécuter** le protocole de montage et de mesure défini dans le dossier ressources.
- **Mesurer et noter les grandeurs suivantes** :
 - tension aux bornes du panneau photovoltaïque (U_{pv}),
 - tension aux bornes de la batterie (U_{bat}),
 - courant fourni par le panneau photovoltaïque (I_{pv}),
 - irradiance (I_{rr}) produite par le soleil au niveau du panneau photovoltaïque,
 - température du panneau photovoltaïque (T_{pv}),
- **Calculer** la puissance fournie par le panneau photovoltaïque (P_{pv}).

Mise en œuvre du régulateur MPPT.

- **Exécuter** le protocole de montage et de mesure défini dans le dossier ressources.
- **Effectuer** les mêmes mesures et le calcul demandé que pour le régulateur PWM.

Analyse des résultats.

- **Comparer** les puissances obtenues par les deux régulateurs et **calculer** le gain en pourcentage avec le régulateur MPPT. **Formule** : $Gain\% = (Valeur_{MPPT} - Valeur_{PWM}) / Valeur_{PWM}$
- **Conclure** sur les performances énergétiques du régulateur MPPT, comparées à celles du régulateur PWM, lors de l'expérimentation, ainsi que dans les différentes situations d'irradiance et de température (voir tableau 1, page 7 du document ressource).

4. Simulation

4.1. Simulation du prototype utilisé lors de l'expérimentation du régulateur MPPT

L'objectif de la simulation du prototype est de valider le modèle du régulateur proposé afin de l'utiliser ultérieurement, pour prédire le gain de puissance sur l'installation existante.

- **Calculer** le rapport cyclique " α " à partir de vos mesures de U_{pv} et U_{bat} effectuées durant l'expérimentation précédente.
- **Paramétrer** le modèle de simulation fourni.
- **Lancer** la simulation puis **relever** la tension aux bornes du panneau photovoltaïque U_{pv_simul} et la puissance fournie par le panneau photovoltaïque P_{pv_simul} .
- **Calculer** l'écart relatif $\varepsilon_{mes/simul}$ entre les valeurs de tension U_{pv} et de puissance P_{pv} mesurées et simulées. **Formule** : $\varepsilon_{Relatif\%} = (Valeur_{Simulée} - Valeur_{Mesurée}) / Valeur_{Simulée}$.

- **Conclure** en précisant les causes possibles des écarts, et **valider** (si écart < 10%) ou non le modèle.

4.2. Simulation du système réel du chalet

L'objectif de la simulation du système réel est de prédire le gain de puissance sur l'installation photovoltaïque existante.

Simulation de l'installation avec le régulateur PWM.

Dans le cas d'un régulateur PWM, le rapport cyclique $\alpha_{\text{pwm}}=1$.

- **Paramétrer** le modèle de simulation en suivant les consignes du dossier ressources, avec un rapport cyclique $\alpha=1$.
- **Lancer** la simulation puis **relever** la puissance fournie par l'installation photovoltaïque $P_{\text{PWM_simul}}$ avec le régulateur PWM.

Simulation de l'installation avec le régulateur MPPT.

- **Relever** la tension $U_{\text{pv_mpp}}$ au point de puissance maximum du régulateur MPPT, à partir de la courbe de puissance du document ressource.
- **Calculer** la valeur optimale du rapport cyclique α_{opt} permettant d'avoir la tension U_{pv} à la puissance maximale.
- **Lancer** la simulation PSIM avec le rapport cyclique réglé à la valeur calculée α_{opt} , puis **relever** la puissance $P_{\text{MPPT_simul}}$ fournie par l'installation photovoltaïque avec le régulateur MPPT.

Bilan du gain de puissance avec le régulateur MPPT.

- **Calculer** le gain de puissance $G_{\text{max_simul}}$ obtenu par la mise en place du régulateur MPPT sur l'installation photovoltaïque existante. **Formule :** $\text{Gain\%} = \frac{(\text{Valeur}_{\text{MPPT}} - \text{Valeur}_{\text{PWM}})}{\text{Valeur}_{\text{PWM}}}$

5. Conclusion et réponse à la problématique

- **Comparer** les deux gains de puissance $G_{\text{max_théo}}$ (voir partie « conception ») et $G_{\text{max_simul}}$.
- **Conclure**, en s'appuyant sur les résultats de la simulation, sur l'amélioration de la performance énergétique de l'installation photovoltaïque avec le régulateur MPPT et la réponse à la problématique.