

Module Description, available in: EN, FR

Photovoltaic

General Information

Number of ECTS Credits

3

Module code

TSM_Photo

Valid for academic year

2019-2020 DRAFT

Last modification

2018-11-12

Responsible of module

Franz Baumgartner (ZHAW, franz.baumgartner@zhaw.ch)

Explanations regarding the language definitions for each location:

- Instruction is given in the language defined below for each location/each time the module is held.
- Documentation is available in the languages defined below. Where documents are in several languages, the percentage distribution is shown (100% = all the documentation).
- The examination is available 100% in the languages shown for each location/each time it is held.

	Berne	Lausanne		Lugano	Zurich		
Instruction		X F 100%			X E 100%		
Documentation		X F 100%	X E 100%		X E 100%		
Examination		X F 100%	X E 100%		X E 100%		

Module Category

TSM Technical/scientific specialization module

Lessons

2 lecture periods and 1 tutorial period per week

Entry level competences

Prerequisites, previous knowledge

Basics in Physics, Electronics

Brief course description of module objectives and content

This course focuses on the advanced understanding of the main components of Photovoltaic PV power generation systems. The goal goes beyond the competence to design a PV System, like the installer business is used to, but also to understand how the components are working in detail, either for different PV module technologies as well as for different inverters power electronic topologies. Due to the fact, that in Switzerland some employees in the PV sector are not installing any PV system, but working for companies supplying component of turn-key PV module production lines for the world market, the main concepts of processes and different concepts of PV module production lines are discussed in the course also. Analysis of the economic parameter of state of art PV systems, together with environmental key factors like energy pay back times will complete this PV course. Today the numbers of PV systems including a battery system to use PV electricity at night is growing in Switzerland. The

power electronic concepts and energy flows in these grid connected PV storage systems are discussed.

Aims, content, methods

Learning objectives and acquired competencies

The students will be able not only to know the different type of Photovoltaic components on the market, but they should be able to work for companies to be able to improve these products on the technology level. Thus in the course exercises this technology knowledge will be trained focused on the applied research needs in the industry in power electronica as well as PV module production technologies, battery storage and PV plant design.

Contents of module with emphasis on teaching content

Chapter 1: Optoelectronic basics of different solar cell technologies 4x3 lectures

- Introduction: Different concepts of renewable electricity generation
- Physics of solar irradiation, power and spectra
- Optical absorption coefficient of several solar cell materials – thin film materials, organic materials
- Band gap, PN junction, diffusion and drift, diode current voltage characteristics
- Basics of solar cell STC IV curve, equivalent circuit of a solar cell and equations
- Spectral Photocurrent, diffusion length, surface recombination, homo-heterojunctions, tandem solar cell
- State of the art cell efficiencies and loss mechanism

Chapter 2: Industrial production of standard crystalline silicon and thin film solar modules 3x3 lectures

- Cross section of standard crystalline silicon and thin film module, current flow, junction boxes
- Production process standard cryst. Si module: poly Silicon, wafering, cell production, stringing, lamination, testing
- Packaging, lamination process on glass
- Production process of thin film modules: TCO production, PECVD (others), laser scribing, lamination, back end, test
- Requirements on PV modules (IEC standards), quality control in the production line
- Quality testing and nominal power measurement methods outside the module fab. prior to plant installation

Chapter 3: PV power electronics – AC/DC inverters and battery storage 4x3 lectures

- Principles of DC/DC converter and MPP tracking
- PV battery charger, topologies, costs
- DC/AC PV inverter topologies: transformer less concepts and transformer types, DC earth potential
- Control circuits, anti-islanding techniques, power electronic components, efficiency and life time
- Key figures of the PV Inverter; average efficiency calculation methods incl. DC-voltage and partly load condition
- PV inverters on the market, efficiency, costs, regulations and grid code,
- PV AC and battery back up system, peak shift power electronic topologies, reactive power and frequency control
- Integration of fluctuating PV generation into the grid, weather based forecast, storage costs

Chapter 4: PV power plant design and system engineering aspects 3x3 lectures

- Collected solar energy versus collector orientation, shading losses, one and two axis tracking gains
- Grid connected AC System design; components, inverter MPP voltage window matching
- Electrical and mechanical installation and system components, residential roof top, utility scale MW plants
- Electrical grid code, lightning protection
- Relevance of energy rating Parameters; temperature coefficient, low light irradiance, spectra, degradation...
- Software based PV System Design (PVGIS, PVSYST...), uncertainties of annual PV electricity predictions
- System performance ratio, yield, best practice results, examples of PV system monitoring
- Over all cost of photovoltaic electricity generation
- Energy pay-back scenarios, LCA life cycle analysis results
- Trends of PV market increase and jobs in Switzerland, global PV market, incentives and politics

Teaching and learning methods

- Lecture, discussion and tutorials
- Exercises using basic mathematics and several public software tools

Literature

none

Assessment

Certification requirements

Module does not use certification requirements

Basic principle for exams

As a rule, all the standard final exams for modules and also all repetition exams are to be in written form

Standard final exam for a module and written repetition exam

Kind of exam

written

Duration of exam

120 minutes

Permissible aids

No aids permitted

Special case: Repetition exam as oral exam

Kind of exam

oral

Duration of exam

30 minutes

Permissible aids

No aids permitted

Description du module, disponible en: EN, FR

Photovoltaïque

Informations générales

Nombre de crédits ECTS

3

Code du module

TSM_Photo

Valable pour l'année académique

2019-2020 DRAFT

Dernière modification

2018-11-12

Nom du/de la responsable de module

Franz Baumgartner (ZHAW, franz.baumgartner@zhaw.ch)

Explication des définitions de langue par lieu :

- Les cours se dérouleront dans la langue définie ci-dessous par lieu/exécution.
- Les documents sont disponibles dans les langues définies ci-dessous. Pour le multilinguisme, voir la répartition en pourcentage (100% = documents complets)
- L'examen est disponible à 100% dans chaque langue sélectionnée pour chaque lieu/exécution.

	Berne	Lausanne		Lugano	Zurich		
Leçons		X F 100%			X E 100%		
Documentation		X F 100%	X E 100%		X E 100%		
Examen		X F 100%	X E 100%		X E 100%		

Catégorie de module

TSM approfondissement technico-scientifique

Leçons

2 leçons et 1 leçon de pratique par semaine

Compétences préalables

Connaissances préalables, compétences initiales

Bases en physiques, en électronique

Brève description du contenu et des objectifs

Ce cours se focalise sur la compréhension approfondie des composants principaux des systèmes de production d'électricité par conversion photovoltaïque. L'objectif va bien au delà de la compétence nécessaire à la conception d'un système photovoltaïque, comme le font généralement les installateurs professionnels, il vise également la compréhension détaillée du fonctionnement des composants, autant pour les différentes technologies de modules photovoltaïques que pour les différents inverseurs de topologies électroniques de puissance. Considérant le fait qu'en Suisse, un certain nombre d'employés du secteur photovoltaïque n'installent jamais de systèmes photovoltaïques, mais travaillent pour des compagnies qui fournissent les composants des modules photovoltaïques clé en main, vendus sur le marché mondial, les concepts principaux des processus et les différents concepts des chaînes de fabrication des modules photovoltaïques seront également discutés pendant les cours. Ce cours

sur la technologie photovoltaïque sera complété par des analyses des paramètres économiques relatifs aux systèmes photovoltaïques de haute technologie comprenant des facteurs clés environnementaux, comme les délais d'amortissements énergétiques. Aujourd'hui nous disposons en Suisse d'un nombre grandissant de systèmes photovoltaïques y compris un système de batterie pour l'utilisation de l'énergie photovoltaïque pendant la nuit. Le cours traite les concepts électroniques de puissance et les flux d'énergie dans ces les systèmes de stockage d'énergie photovoltaïques raccordés au réseau.

Objectifs, contenus, méthodes

Objectifs d'apprentissage, compétences à acquérir

Les étudiants connaîtront, non seulement, les différents types de composants du Photovoltaïque sur le marché, mais pourront aussi travailler pour des compagnies réalisant des améliorations technologiques de ces produits. Dans les exercices du cours, cette connaissance technologique sera donc entraînée en se focalisant sur les besoins de la recherche appliquée dans l'industrie de l'électronique de puissance et également comme module photovoltaïque de technologies de production et de conception d'usine d'énergie photovoltaïque.

Contenu des modules avec pondération du contenu des cours

Chapitre 1: Les bases de l'optoélectronique des différentes technologies de cellules solaires 4x3 périodes de cours

- Introduction : Différents concepts de production d'électricité renouvelable
- La physique de l'irradiation solaire, énergie et spectres
- Le coefficient d'absorption optique de plusieurs matériaux des cellules solaires – matériaux à couche mince, matériaux organiques
- Espace de bande, jonction PN, diffusion et dérivation, caractéristiques de tension électrique des diodes
- Bases de la cellule solaire STC courbe IV, schéma équivalent d'une cellule solaire et équations
- Courant photoélectrique spectral, longueur de diffusion, recombinaison de surface, homojonction et hétérojonction, cellules solaires tandem
- Efficacité de pointe des cellules et mécanisme de perte

Chapitre 2: Production industrielle des modules standard au silicium cristallin et des modules solaires à couche mince 3x3 périodes de cours

- Section transversale d'un module standard en silicium cristallin et d'un module à couche mince, flux de courant, boîtes de dérivation
- Processus standard de production pour cristallin Module Si: poly-silicium, découpage en plaques, production de cellules, enfilage, laminage, test
- Packaging, processus de laminage sur verre
- Processus de production des modules à couche mince : Production TCO, PECVD (autres), traçage au laser, laminage, back-end, test
- Exigences sur les modules photovoltaïques (standards CEI), contrôle qualité dans la chaîne de production
- Tests de qualité et méthodes de mesure de puissance nominale externe au module fabriqué avant l'installation d'une usine

Chapitre 3: Electronique de puissance photovoltaïque - Inverseurs AC/DC et batteries de stockage 4x3 périodes de cours

- Principes du convertisseur DC/DC et du tracker MPP
- Chargeur de batterie photovoltaïque, topologies, coûts
- Topologies des inverseurs photovoltaïques DC/AC : Concepts sans transformateurs et types de transformateurs, potentiel terre DC
- Circuits de contrôle, techniques anti-îlotage, composants de l'électronique de puissance, efficacité et durée de vie
- Chiffres clés de l'inverseur photovoltaïque; méthodes de calcul de l'efficacité moyenne y compris tension en courant continu et condition de chargement partiel
- Inverseurs photovoltaïques sur le marché, efficacité, coûts, règlements et code de réseau,
- Courant AC photovoltaïque et système sauvegarde sur batteries, topologies d'électronique de puissance variation de pic, puissance réactive et contrôle de fréquence
- Intégration de la production photovoltaïque fluctuante dans le réseau, prévision basée sur la météo, coûts de stockage

Chapitre 4: Conception d'une usine d'énergie photovoltaïque et aspects d'ingénierie du système 3x3 périodes de cours

- Energie solaire collectée contre orientation des capteurs, pertes dues à l'ombre, gains en suivi sur un ou deux axes
- Concept d'un système AC raccordé au réseau; composants, comparaison fenêtre de tension d'inverseur MPP
- Installation mécanique et électrique et composants du système, toit résidentiel, échelle utile des usines MW
- Code réseau électrique, protection contre la foudre
- Importance des paramètres de classification d'énergie; coefficient de température, rayonnement à faible éclairement énergétique, spectres, dégradation...
- Concept de système photovoltaïque basé sur logiciel (PVGIS, PVSYST...), aléas des prévisions annuelles de l'électricité photovoltaïque
- Ratio de performance du système, rendement, résultats des meilleures pratiques, exemples de contrôle d'un système photovoltaïque
- Coût global pour la production d'électricité photovoltaïque
- Scénarios d'amortissements énergétiques, résultats d'analyse du cycle de vie
- Tendances d'augmentation du marché photovoltaïque et emplois en Suisse, marché photovoltaïque mondial, mesures incitatives et politiques

Méthodes d'enseignement et d'apprentissage

- Cours magistral, discussion et travaux dirigés
- Exercices utilisant des notions mathématiques de base et plusieurs logiciels publics

Bibliographie

Aucune

Evaluation

Conditions d'admission

Le module n'utilise pas de conditions d'admission.

Principe pour les examens

En règle générale, tous les examens de fin de module réguliers et les examens de rattrapage sont organisés sous la forme écrite

Examen de fin de module régulier et examen écrit de répétition

Type de l'examen

écrit

Durée de l'examen

120 minutes

Aides autorisés

Sans aides

Cas spécial: examen de répétition oral

Type de l'examen

oral

Durée de l'examen

30 minutes

Aides autorisés

Sans aides