

Docente responsabile dell'insegnamento/attività formativa

Nome | Luciano

Cognome | Cantone

Denominazione insegnamento/attività formativa

Italiano | Affidabilità e Sicurezza delle Macchine

English | Reliability and Safety of Machines

Aree culturali

Sustainability

Informazioni insegnamento/attività formativa

A.A. | 2024-2025

L

LM

LM CU

CdS | Ingegneria Gestionale

Codice | 8037726

Canale | Unico

CFU | 6

Lingua | Italiano

Docente del modulo didattico (compilare solo per attività formative articolate in moduli)

Nome |

Cognome |

Denominazione modulo didattico (compilare solo per attività formative articolate in moduli)

Italiano |

English |



Obiettivi formativi e risultati di apprendimento attesi

Italiano

Aerospace Digital Mobility Sustainability

OBIETTIVI FORMATIVI: Il Corso fornisce sia elementi di base che avanzati per la progettazione affidabilistica di componenti meccanici, macchine e sistemi meccanici complessi anche in ottica di **progettazione circolare, secondo le recenti Direttive UE (Green Deal, Ecodesign for Sustainable Products Regulation)**. A tal fine dopo i richiami alle definizioni generali, alla descrizione dell'affidabilità mediante i parametri valore medio, MTTF, MTTR, varianza, Curtosis, Skewness, tasso di guasto (con le sue tipiche fasi di vita di un prodotto), sono introdotti i modelli teorici di distribuzioni di probabilità: Esponenziale, Gauss, Lognormale, Weibull (a due e tre parametri), SEVD, LEVD, binomiale e di Poisson. L'algebra delle variabili casuali è usata per descrivere l'aleatorietà di un parametro in funzione di quella degli altri. Il richiamo dei concetti di base di inferenza statistica (stima del valore medio e della varianza di una popolazione gaussiana: distribuzioni del t di Student e di Pearson; stima dei parametri della distribuzione di Weibull; livello e intervallo di confidenza per il calcolo dell'affidabilità da dati sperimentali; carte di probabilità; test di ipotesi) serve per fornire strumenti autonomi per trattare dati sperimentali. Con questo bagaglio di conoscenze è possibile calcolare l'affidabilità del componente mediante l'analisi sforzo resistenza e l'introduzione del concetto di margine di sicurezza in sostituzione di quello di coefficiente di sicurezza; le condizioni considerate sono sia quelle statiche che a fatica. Si trattano poi argomenti più avanzati come il tempo ottimale di burn-in; il Metodo Montecarlo e le prove di durata accelerata. Tutto ciò consente di calcolare l'affidabilità dei sistemi: schemi serie e parallelo (attivo, passivo, r/n); il calcolo è esteso anche a sistemi più complessi. Fissato un sistema, si illustrano i criteri per migliorare l'affidabilità ed allocarla tra i suoi diversi componenti/sottosistemi. La manutenzione (correttiva e preventiva) insieme ai concetti di manutenibilità e disponibilità è trattata in relazione all'affidabilità. Si tratta specificamente le particolarità dell'affidabilità strutturale in relazione al grado di iperstaticità ed al comportamento (duttile o fragile) dei materiali. Si illustrano le principali metodiche per migliorare l'affidabilità e la sicurezza: FMEA/FMECA, FTA, minimal cut-set. Infine, si applicano le conoscenze maturate alla sicurezza delle macchine, mediante l'esposizione degli aspetti salienti della Direttiva Macchine e del nuovo **Regolamento macchine**.

CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE: Si acquisiranno le conoscenze necessarie alla valutazione dell'affidabilità di componenti e sistemi meccanici. Si comprenderanno gli effetti delle incertezze della sollecitazione e della resistenza in relazione alla progettazione meccanica di componenti e sistemi (macchine). Il tutto sarà applicato alla sicurezza delle macchine anche quando soggette ad **aggiornamenti per estenderne il ciclo di vita**.

CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensIONE: Si riuscirà a valutare e/o verificare l'affidabilità di componenti, gruppi e sistemi meccanici nelle condizioni di utilizzo, utilizzando misure sperimentali. Questa capacità potrà essere usata in ottica di **progettazione a durata dei componenti**.

AUTONOMIA DI GIUDIZIO: Capacità di effettuare compiti di "failure analysis" in campo non deterministico. L'autonomia di giudizio e l'attitudine al "problem solving" viene sviluppata e contestualizzata attraverso



English

Aerospace Digital Mobility Sustainability

LEARNING OUTCOMES: The Course provides both basic and advanced elements for the reliability design of mechanical components, machines and complex mechanical systems also from the perspective of **circular design, according to recent EU Directives (Green Deal, Ecodesign for Sustainable Products Regulation)**. To this end, after recalls to general definitions, description of reliability using the parameters mean value, MTTF, MTTR, variance, Kurtosis, Skewness, failure rate (with its typical product life stages), theoretical models of probability distributions are introduced: Exponential, Gauss, Lognormal, Weibull (two- and three-parameter), SEVD, LEVD, binomial and Poisson's probability distributions. Random variable algebra is used to describe the randomness of one parameter as a function of that of the others. Recall of the basic concepts of statistical inference (estimation of the mean value and variance of a Gaussian population: Student's t and Pearson's distributions; estimation of the parameters of the Weibull distribution; level and confidence interval for calculating reliability from experimental data; probability maps; hypothesis testing) is used to provide independent tools for dealing with experimental data. With this background, it is possible to calculate component reliability using stress-strain analysis and the introduction of the concept of margin of safety in place of the coefficient of safety; the conditions considered are both static and fatigue conditions. More advanced topics are then covered, such as optimal burn-in time; the Monte Carlo Method; and accelerated life tests. All of this allows for the calculation of system reliability: series and parallel schemes (active, passive, r/n); the calculation is also extended to more complex systems. Having fixed a system, the criteria for improving reliability and allocating it among its different components/subsystems are explained. Maintenance (corrective and preventive) along with the concepts of maintainability and availability is treated in relation to reliability. The particularities of structural reliability in relation to the degree of hyperstaticity and the behavior (ductile or brittle) of materials are specifically discussed. The main methods for improving reliability and safety are explained: FMEA/FMECA, FTA, minimal cut-set. Finally, the knowledge gained is applied to machine safety through exposition of the salient aspects of the Machinery Directive and the new **Machinery Regulations**.

KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING: The Student will acquire the necessary knowledge to assess the reliability of mechanical components and systems. The effects of stress and strength uncertainties in relation to the mechanical design of components and systems (machines) will be understood. This will be applied to the safety of machines even when subject to **upgrades to extend their life cycle**.

APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING: The Student will be able to assess and/or verify the reliability of mechanical components, assemblies, and systems under operating conditions, using experimental measurements. This ability can be used in view of the **design for component durability**.

MAKING JUDGEMENTS: The autonomous judgement and the attitude to "problem solving" is developed and contextualized through exercises and project activities in which personal choices are foreseen in the solution of the proposed problems.

COMMUNICATION SKILLS: The ability to integrate the knowledge base of deterministic design with that of reliability design allows for the integration of knowledge from different fields. The performance of exercises, consisting of a calculation part and a report part, will enable communication skills that can be used in future team work.



Prerequisiti

Italiano

Non sono previste propedeuticità esplicite, ma per seguire il modulo con profitto, l'allievo deve aver appreso ed assimilato i concetti di base forniti nei precedenti insegnamenti di Analisi e Fisica ed i rudimenti di progettazione deterministica

English

There are no explicit propaedeutivities, but to follow the course proficiently, the student must have learned and assimilated the basic concepts provided in the previous Analysis and Physics teachings and the rudiments of deterministic design.

Programma

Aerospace Digital Mobility Sustainability

La progettazione meccanica in ottica affidabilistica e sostenibile: i concetti di **progettazione circolare, secondo le recenti Direttive UE (Green Deal, Ecodesign for Sustainable Products Regulation)**. Definizioni generali di affidabilità, manutenibilità, manutenzione. Descrizione dell'aleatorietà tramite i parametri affidabilistici: valore medio, MTTF, MTTR, varianza, Curtosis, Skewness, tasso di guasto (con le sue tipiche fasi di vita di un prodotto). Modelli teorici di distribuzioni di probabilità: Esponenziale, Gauss, Lognormale, Weibull (a due e tre parametri), SEVD, LEVD, binomiale e di Poisson. L'algebra delle variabili casuali per studiare l'aleatorietà di un parametro in funzione di quella degli altri. Concetti di base di inferenza statistica: stima del valore medio e della varianza di una popolazione gaussiana: distribuzioni del t di Student e di Pearson; stima dei parametri della distribuzione di Weibull; livello e intervallo di confidenza per il calcolo dell'affidabilità da dati sperimentali. Calcolo dell'affidabilità del componente mediante l'analisi sforzo resistenza e l'introduzione del concetto di margine di sicurezza in sostituzione di quello di coefficiente di sicurezza; calcolo dell'affidabilità in condizioni statiche ed a fatica. Tempo ottimale di burn-in; il Metodo Montecarlo, prove di durata accelerata. L'affidabilità dei sistemi: schemi serie e parallelo (attivo, passivo, logica maggioritaria r/n). Calcolo dell'affidabilità di sistemi complessi. Criteri per migliorare l'affidabilità ed allocarla tra i diversi componenti di un sistema. Manutenzione (correttiva e preventiva), manutenibilità e disponibilità in relazione all'affidabilità. L'affidabilità strutturale in relazione al grado di iperstaticità ed al comportamento (duttile o fragile) dei materiali. Principali metodiche per migliorare l'affidabilità e la sicurezza: FMEA/FMECA, FTA, minimal cut-set. Infine, si applicano le conoscenze maturate alla sicurezza delle macchine, mediante l'esposizione degli aspetti salienti della Direttiva Macchine e del nuovo **Regolamento macchine**.

Italiano



English

Aerospace Digital Mobility Sustainability

Mechanical design from a reliability and sustainable perspective: **circular design concepts, according to recent EU Directives (Green Deal, Ecodesign for Sustainable Products Regulation)**. General definitions of reliability, maintainability, maintenance. Description of randomness using reliability parameters: mean value, MTTF, MTTR, variance, Kurtosis, Skewness, failure rate (with its typical product life stages). Theoretical models of probability distributions: Exponential, Gauss, Lognormal, Weibull (two- and three-parameter), SEVD, LEVD, binomial, and Poisson's. The algebra of random variables to study the randomness of one parameter as a function of that of the others. Basic concepts of statistical inference: estimating the mean value and variance of a Gaussian population: Student's t and Pearson's distributions; estimating the parameters of the Weibull distribution; level and confidence interval for calculating reliability from experimental data. Calculation of component reliability by stress-strength analysis and introduction of the concept of margin of safety in place of that of safety coefficient; calculation of reliability under static and fatigue conditions. Optimal burn-in time; the Monte Carlo Method, accelerated life tests. System reliability: series and parallel schemes (active, passive, r/n majority logic). Reliability calculation of complex systems. Criteria for improving reliability and allocating it among different components of a system. Maintenance (corrective and preventive), maintainability and availability in relation to reliability. Structural reliability in relation to the degree of hyperstaticity and behavior (ductile or brittle) of materials. Main methods for improving reliability and safety: FMEA/FMECA, FTA, minimal cut-set. Finally, the knowledge gained is applied to machine safety through the exposition of the salient aspects of the Machinery Directive and the new **Machinery Regulations**.

Modalità di valutazione

- Prova scritta
- Prova orale
- Valutazione in itinere
- Valutazione di progetto
- Valutazione di tirocinio
- Prova pratica
- Prova di laboratorio

Descrizione delle modalità e dei criteri di verifica dell'apprendimento

Italiano

La valutazione si basa sull'esito di un esame scritto con quattro esercizi simili a quelli svolti durante le lezioni. Successivamente al superamento dello scritto (almeno 18/30), c'è un esame orale sulle due parti del corso: componenti e sistemi. Le esercitazioni sono facoltative e consentono di completare la preparazione dello Studente oltre che permettere un approccio autonomo alla risoluzione di problemi numerici affidabilistici. La preparazione è valutata in relazione alla comprensione ed alla padronanza dei principi e metodi progettuali affidabilistici sia per lo scritto che per l'orale. Le domande dell'esame orale sono tese ad accertare la conoscenza e la capacità di ragionamento dello studente nell'effettuare collegamenti tra i diversi temi trattati all'interno del corso.

Il voto finale dell'esame si esprime in trentesimi e si otterrà attraverso il seguente sistema di graduazione:

Non idoneo: importanti carenze nella conoscenza e comprensione degli argomenti; limitate capacità di analisi e sintesi, frequenti generalizzazioni e limitate capacità critiche e di giudizio, gli argomenti sono esposti in modo non coerente e con linguaggio inappropriato.

18-21, lo studente ha acquisito i concetti di base della disciplina e ha una capacità di analisi che emerge solo con l'aiuto del docente. Il modo di esprimersi e linguaggio usato sono complessivamente corretti.

22-25, lo studente ha acquisito in maniera discreta i concetti di base della disciplina, sa orientarsi tra i vari argomenti trattati e possiede una capacità di analisi autonoma che sa esprimere con un linguaggio corretto.



English

The assessment is based on the outcome of a written exam with four exercises similar to those done during the lectures. Subsequent to passing the written (at least 18/30), there is an oral examination on the two parts of the course: components and systems. The exercises are optional and allow the completion of the Student's preparation as well as allowing an independent approach to solving numerical reliability problems. Preparation is assessed in relation to understanding and mastery of reliability design principles and methods for both the written and oral exams. Questions in the oral examination are designed to ascertain the student's knowledge and reasoning ability in making connections between the various topics covered within the course.

The final exam grade is expressed in thirtieths and will be obtained through the following grading system:

Ineligible: major deficiencies in knowledge and understanding of topics; limited ability to analyze and synthesize, frequent generalizations and limited critical and judgmental skills; topics are expounded inconsistently and with inappropriate language.

18-21, the student has acquired the basic concepts of the discipline and has analytical skills that emerge only with the teacher's help. The manner of expression and language used are correct overall.

22-25, the student has fairly acquired the basic concepts of the discipline, knows how to navigate the various topics covered, and possesses independent analytical skills that he/she can express in correct language.

26-29, the student possesses a well-structured body of knowledge. He/she is able to autonomously rework the knowledge acquired in the area of the choice of conventional and non-conventional materials according to the application

Testi adottati

Italiano

Dispense del Docente

English

Teacher's Notes



Bibliografia di riferimento

Italiano/
English

S. Beretta, Affidabilità delle costruzioni meccaniche, Springer, ISBN 978-88-470-1078-9, 2009
S.S. Rao, Reliability-Based Design, McGraw-Hill, ISBN-10: 0070511926, 1992
Ernst G. Frankel - Systems Reliability and Risk Analysis - Springer Netherlands (1988)
Shelemyahu Zacks - Introduction to Reliability Analysis_ Probability Models and Statistical Methods-Springer-Verlag New York (1992)
Wayne B. Nelson, Accelerated Testing -Statistical Models, Test Plans, and Data Analysis, Wiley Series in Probability and Statistics, 2004
2006/42/CE "Direttiva Macchine"
REGOLAMENTO (UE) 2023/1230, Regolamento Macchine

Modalità di svolgimento

- Modalità in presenza
- Modalità a distanza

Descrizione della modalità di svolgimento e metodi didattici adottati

Italiano

Lezione frontale con l'utilizzo del proiettore e della lavagna.
All'inizio di ogni lezione e durante la stessa sarà stimolata la discussione sugli argomenti precedentemente trattati o in corso di trattazione, ponendo domande per verificare il livello di comprensione e apprendimento raggiunto.
Il materiale viene pubblicato on-line prima delle lezioni utilizzando il canale teams. Teams è anche usato per interloquire con gli studenti che ne facciano richiesta integrando il normale orario di ricevimento.



English

Frontal lecture with the use of the projector and blackboard.
At the beginning of each lecture and during the lecture, discussion will be stimulated on the topics previously covered or being covered, asking questions to check the level of understanding and learning achieved.
Material is posted online prior to the lectures using the teams channel. Teams is also used to interact with students who request it by supplementing normal office hours.

Modalità di frequenza

- Frequenza facoltativa
- Frequenza obbligatoria

Descrizione della modalità di frequenza

Italiano

Lezioni frontali in aula. La frequenza non è obbligatoria, ma è fortemente consigliata.

English

Classroom lectures. Attendance is not mandatory, but strongly recommended.