



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA



FICHA DE COMPONENTE CURRICULAR

COURSE OUTLINE

| | | | | |
|--|---|---|----------------------------------|---|
| CÓDIGO / COURSE CODE : | | COMPONENTE CURRICULAR / COURSE TITLE : Harmônicos e Desequilíbrios – Modelagem e Efeitos / Harmonics and Imbalances – Modeling and Effects | | |
| UNIDADE ACADÊMICA OFERTANTE / ORGANIZATION : Faculdade de Engenharia Elétrica - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica Faculty of Electrical Engineering - Postgraduate Program in Electrical Engineering | | | | SIGLA / ACRONYM : FEELT - PPGEELT |
| CH TOTAL TEÓRICA / LECTURE HOURS : 45 horas / 45 hours | CH TOTAL PRÁTICA / LABORATORY HOURS : 0 horas / 0 hours | CH TOTAL / TOTAL HOURS : 45 horas / 45 hours | CRÉDITOS / CREDITS : 3 | TIPO / TYPE: Optativa / Elective |
| Curso / Degree : Mestrado e Doutorado / Master and PhD | | Requisito / Requirement : Sem requisitos / No Requirements | | |

1. OBJETIVOS / STUDY GOALS

Apresentar os efeitos dos harmônicos nos sistemas elétricos, modelagens dos componentes da rede para estudos de penetração harmônica, e as técnicas em instrumentos de medição harmônica. Adicionalmente estudar as formas de compensação de desequilíbrios de carga.

Present the effects of harmonics on electrical systems, modeling of network components for harmonic penetration studies, and techniques in harmonic measuring instruments. Additionally, study ways to compensate for load imbalances.

2. EMENTA / COURSE CONTENTS

Efeitos de harmônicos em componentes do sistema elétrico de potência e estabelecimento de modelos. Desequilíbrios em sistemas elétricos e estabelecimento de modelos. Medições de harmônicos.

Effects of harmonics on components of the electrical power system and establishment of models. Imbalances in electrical systems and establishment of models. Harmonic measurements.

3. PROGRAMA / PROGRAM

1. Efeitos de harmônicos em componentes do sistema elétrico de potência.

- 1.1. Classificação dos efeitos.
- 1.2. Perdas no ferro e no cobre.
- 1.3. Condutores elétricos.
- 1.4. Máquinas rotativas.
- 1.5. Transformadores.
- 1.6. Transformadores de potencial e de corrente.
- 1.7. Comportamento térmico e redução da vida útil.
- 1.8. Iluminação.
- 1.9. Capacitores.
- 1.10. Ressonância.

2. Desequilíbrios.

- 2.1. Fontes de desequilíbrios.
- 2.2. Modelos para análise.
- 2.3. Efeitos de desequilíbrios.
- 2.4. Medição de desequilíbrios.

2.5. Compensação.

3. Medições de harmônicos.

3.1. Analisadores e técnicas de medição.

3.2. Resposta dos sensores.

3.3. Detetores direcionais.

3.4. Outros instrumentos.

1. Effects of harmonics on components of the electrical power system.

1.1. Classification of effects.

1.2. Losses in iron and copper.

1.3. Electrical conductors.

1.4. Rotating machines.

1.5. Transformers.

1.6. Potential and current transformers.

1.7. Thermal behavior and reduction in useful life.

1.8. Lighting.

1.9. Capacitors.

1.10. Resonance.

2. Imbalances.

2.1. Sources of imbalances.

2.2. Models for analysis.

2.3. Effects of imbalances.

2.4. Measurement of imbalances.

2.5. Compensation.

3. Harmonic measurements.

3.1. Analyzers and measurement techniques.

3.2. Sensor response.

3.3. Directional detectors.

3.4. Other instruments.

4. BIBLIOGRAFIA BÁSICA / TEXT BOOK

1. DUGAN, R. C.; McGRANAGHAN, M. F.; SANTOSO, S.; BEATY, H. W. **Electrical Power Systems Quality**. Estados Unidos: McGraw-Hill, 1996.

2. ARRILAGA, J. **Power System Harmonics**. 2. ed. New York: John Willey and Sons, 2003. 400 p. ISBN 0470851295.

3. DELAIBA, A. C. **Comportamento de Transformadores com Cargas Não Lineares: Uma Abordagem Analítica, Experimental e Numérica pelo Método dos Elementos Finitos**. 1997. 318 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

1. DUGAN, R. C.; McGRANAGHAN, M. F.; SANTOSO, S.; BEATY, H. W. **Electrical Power Systems Quality**. Estados Unidos: McGraw-Hill, 1996.

2. ARRILAGA, J. **Power System Harmonics**. 2. ed. New York: John Willey and Sons, 2003. 400 p. ISBN 0470851295.

3. DELAIBA, A. C. **Comportamento de Transformadores com Cargas Não Lineares: Uma Abordagem Analítica, Experimental e Numérica pelo Método dos Elementos Finitos**. 1997. 318 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

5. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR / ADDITIONAL READING

1. SAMESIMA, M. I. **Respostas de Transformadores de Potencial e de Corrente às Altas Frequências**. 1990. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

2. OLIVEIRA, A. **Cargas Elétricas Especiais**. Tese (Doutorado) - UNICAMP, 1989.

3. IEEE. **IEEE Std 1531-2020 (Revision of IEEE Std 1531-2003)**: IEEE Guide for the Application and Specification of Harmonic Filters, 2020.

4. GREGORY, RAQUEL C. F.; SANTOS, ANDRÉIA C.; SANTOS, IVAN N.; RAN, LI; OLIVEIRA, JOSÉ C. A practical approach for determining voltage imbalance contributions from suppliers and consumers. *International Transactions on Electrical Energy Systems*. v. 30, n. 12 - p. 1-17, dez. 2020. DOI: 10.1002/2050-7038.12627.

5. ALVES, A. C. B. **Análise de Problemas e Procedimentos na Determinação de Filtros Harmônicos**. 1991. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 1991.

6. GIANESINI, BÁRBARA M.; SANTOS, IVAN N.; RIBEIRO, PAULO F. Comparison of Methods for Determining Harmonic Distortion Contributions Using the IEEE Benchmark Test System. *IEEE Transactions on Power Delivery*, v. 38, n. 4 - p. 2398-2407, 2023. DOI: 10.1109/TPWRD.2023.3242942.

7. SANTOS, I. N.; OLIVEIRA, J. C.; SANTOS, A. C. Dominant impedance method to assign harmonic voltage contributions at a point of common coupling. *International Transactions on Electrical Energy Systems*, v. 31, n. 6 - p. e12895: 1-16, 2021. DOI: 10.1002/2050-7038.12895.

1. SAMESIMA, M. I. **Respostas de Transformadores de Potencial e de Corrente às Altas Frequências**. 1990. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

2. OLIVEIRA, A. **Cargas Elétricas Especiais**. Tese (Doutorado) - UNICAMP, 1989.

3. IEEE. **IEEE Std 1531-2020 (Revision of IEEE Std 1531-2003)**: IEEE Guide for the Application and Specification of Harmonic Filters, 2020.

4. GREGORY, RAQUEL C. F.; SANTOS, ANDRÉIA C.; SANTOS, IVAN N.; RAN, LI; OLIVEIRA, JOSÉ C. A practical approach for determining voltage imbalance contributions from suppliers and consumers. *International Transactions on Electrical Energy Systems*. v. 30, n. 12 - p. 1-17, dez. 2020. DOI: 10.1002/2050-7038.12627.

5. ALVES, A. C. B. **Análise de Problemas e Procedimentos na Determinação de Filtros Harmônicos**. 1991. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 1991.

6. GIANESINI, BÁRBARA M.; SANTOS, IVAN N.; RIBEIRO, PAULO F. Comparison of Methods for Determining Harmonic Distortion Contributions Using the IEEE Benchmark Test System. *IEEE Transactions on Power Delivery*, v. 38, n. 4 - p. 2398-2407, 2023. DOI: 10.1109/TPWRD.2023.3242942.

7. SANTOS, I. N.; OLIVEIRA, J. C.; SANTOS, A. C. Dominant impedance method to assign harmonic voltage contributions at a point of common coupling. *International Transactions on Electrical Energy Systems*, v. 31, n. 6 - p. e12895: 1-16, 2021. DOI: 10.1002/2050-7038.12895.

6. APROVAÇÃO / APPROVAL

Ficha de Disciplina homologada na 366ª Reunião Ordinária do Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.
Curricular Component approved at 366th Regular Board Meeting of the Postgraduate Program in Electrical Engineering.

PROF. DR. LUIZ CARLOS GOMES DE FREITAS
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica
Head of the Postgraduate Program in Electrical Engineering
Portaria de Pessoal UFU Nº 3675, de 30 de Junho de 2023

PROF. DR. SÉRGIO FERREIRA DE PAULA SILVA
Diretor da Faculdade de Engenharia Elétrica
Director of the Faculty of Electrical Engineering
Portaria de Pessoal UFU Nº 1225, de 31 de Março de 2021



Documento assinado eletronicamente por **Luiz Carlos Gomes de Freitas, Coordenador(a)**, em 02/02/2024, às 13:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5153599** e o código CRC **7EA26D9C**.