



INFORMAÇÕES

I. DADOS

Professor: **Giovanni Manassero Junior**
Email: **manassero@usp.br**
Tel: **3091-5768**
Início: **13/06/2013**
Término: **29/08/2013**
Nº de aulas: **12 aulas**
Moodle: **<http://disciplinas.stoa.usp.br>**

II. OBJETIVO DA DISCIPLINA

O objetivo da disciplina em questão é apresentar aos alunos os fundamentos das redes elétricas inteligentes e microrredes (Smart Grids e Micro Grids), bem como o impacto dessa nova concepção de redes elétricas nos tradicionais sistemas de automação e proteção. Além disso, pretende-se discutir as iniciativas nacional, europeia e americana nesse sentido.

III. JUSTIFICATIVA

Os requisitos empregados historicamente no processo de especificação, projeto e construção das redes de distribuição e transmissão de energia elétrica foram concebidos para garantir o atendimento aos consumidores, respeitando limites de tolerância com relação aos níveis de tensão e interrupção do fornecimento. Com a desregulamentação do setor elétrico as concessionárias de energia viram-se obrigadas a operar em um ambiente de competição, que resultou na necessidade de redução de custos, no aumento da confiabilidade do sistema e na melhoria dos índices de qualidade do serviço prestado ao consumidor. Atualmente, o crescimento na demanda de energia e, em particular, o aumento da demanda por energia proveniente de fontes limpas e renováveis impuseram novos desafios às concessionárias de distribuição e transmissão.

Estas constantes mudanças de cenário têm impulsionado de maneira significativa o crescimento de estudos e pesquisas no campo dos sistemas de transmissão e distribuição. Inicialmente, o objetivo destes estudos e pesquisas era restrito às melhorias nos índices de continuidade de serviço da rede e na qualidade da energia entregue aos consumidores, para atender às necessidades impostas pela desregulamentação do setor. Atualmente, os esforços têm se concentrado no aumento da aplicação da tecnologia digital, no que se refere ao monitoramento, supervisão, proteção, medição e controle dos sistemas, bem como no estudo de novas topologias que possam acomodar, de maneira adequada, autoprodutores de energia elétrica, de forma a suprir a crescente demanda.

Neste contexto, parte dos estudos no campo dos sistemas de transmissão e distribuição foi direcionada à elaboração de novos requisitos para o processo de especificação, projeto e construção de redes de transmissão e distribuição. Estes requisitos foram definidos de forma a aprimorar as redes, para que seja possível otimizar o fluxo da energia de acordo com a demanda individual dos consumidores e para que seja possível o estabelecimento de novos negócios.

A mudança nos requisitos para o processo de especificação, projeto e construção das redes elétricas, bem como a presença de autoprodutores alteram de maneira significativa as práticas atualmente empregadas nos projetos de automação e nos sistemas de proteção das redes elétricas, e é neste cenário que se justifica esta disciplina de pós-graduação.

IV. CONTEÚDO DA DISCIPLINA

O conteúdo da disciplina de Redes Elétricas Inteligentes e Microrredes aborda os seguintes tópicos:

- a) Histórico sobre a evolução dos sistemas elétricos de potência; Sistemas de automação e proteção convencionais.
- b) Redes Elétricas Inteligentes – Smart grids; Conceitos e características (automação e controle da rede elétrica, medição inteligente, integração de fontes de geração e armazenamento de energia); Automação das subestações (dispositivos eletrônicos inteligentes); Automação da distribuição (detecção, isolamento e localização automática de faltas para restauração do serviço de distribuição, controle do fluxo de potência e integração da geração distribuída); Automação da transmissão (esquemas de proteção, controle e monitoração sistêmicos – wide area protection, control and monitoring).
- c) Microrredes – Micro grids; Conceitos e características; Estruturas típicas das microrredes; Controle do fluxo de potência e estratégias de controle; Fontes de energia e dispositivos de armazenamento de energia.
- d) Cenários internacional e nacional para o desenvolvimento de Redes Elétricas Inteligentes e Microrredes; Europa (Smart Grid Europe); Estados Unidos (GridWise, Modern Grid Initiative e IntelliGrid); Brasil (iniciativas das concessionárias de geração, transmissão e distribuição).

V. MÉTODO DE AVALIAÇÃO

O processo de avaliação será composto por três ferramentas da avaliação distintas: prova individual, trabalho em grupo e apresentação de seminário.

- a) *Prova*: a prova será realizada individualmente no dia 25/07/2013 **pelo MOODLE** e o seu conteúdo será composto por questões objetivas e/ou dissertativas, acerca dos temas tratados durante as aulas. A prova tem valor máximo de dez pontos (10,0);
- b) *Trabalho*: os trabalhos serão elaborados em grupo e deverão ser entregues até o dia 25/08/2013 também **pelo MOODLE**. O trabalho tem valor máximo de dez pontos (10,0) .
- c) *Seminário*: os seminários serão apresentados pelos mesmos grupos que elaboraram os trabalhos e deverão ser apresentados no dia 29/08/2013, porém os arquivos com as apresentações devem ser entregues até o dia 28/08/2013 também **pelo MOODLE**. O seminário tem valor máximo de dez pontos (10,0).

A média do aluno será composta da seguinte maneira:

$$M = 0,3P + 0,4T + 0,3S$$

Onde: M - Média do aluno; P - Nota da prova; T - Nota do trabalho; e S - Nota do seminário.

A média tem valor máximo de dez pontos e os conceitos serão atribuídos conforme a seguir:

Média	Conceito
8,5 a 10,0	A
7,5 a 8,4	B
6,5 a 7,4	C
Inferior a 6,5	R

Onde: A - Excelente, com direito a crédito; B - Bom, com direito a crédito; C - Regular, com direito a crédito; R - Reprovado.

VI. Trabalhos

O trabalho da disciplina tem por objetivo ampliar o conhecimento dos alunos com relação ao tema *Redes Elétricas Inteligentes e Microrredes*, uma vez que o assunto é bastante amplo e ainda está em fase de consolidação pela comunidade técnica e científica.

Esse trabalho consiste na análise de artigos técnicos que abordam os diversos tópicos da disciplina e, para seu desenvolvimento, os alunos devem se distribuir em grupos e escolher um dos temas/artigos apresentados. Dentre os artigos sobre Redes Elétricas Inteligentes pode-se destacar os seguintes:

- (1) *Electric vehicles*: KHODAYAR, M. E., WU, L., LI, Z. Electric vehicle mobility in transmission-constrained hourly power generation scheduling. *Smart Grid, IEEE Transactions on*, vol. 4, no. 2, pp. 779-788, June 2013.
- (2) *Microgrids and minigrids*: ZHANG, Y., GATSIS, N., GIANNAKIS, G. B. Robust energy management for microgrids with high-penetration renewables. *Sustainable Energy, IEEE Transactions on*, vol. PP, no. 99, pp. 1-10.
- (3) *Project practices*: KIM, J. C., CHO, S. M., SHIN, H. S. Advanced power distribution system configuration for smart grid. *Smart Grid, IEEE Transactions on*, vol. 4, no. 1, pp. 353-358, March 2013.
- (4) *Energy management*: LOU, X., YAU, D. K. Y., NGUYEN, H. H., CHEN, B. Profit-optimal and stability-aware load curtailment in smart grids. *Smart Grid, IEEE Transactions on*, vol. PP, no. 99, pp. 1-10.
- (5) *WAMPACS*: PARK, S., LEE, E. YU, W., LEE, E. SHIN, J. State estimation for supervisory monitoring of substations. *Smart Grid, IEEE Transactions on*, vol. 4, no. 1, pp. 406-410, March 2013.
- (6) *Energy management*: WANG, Z., WANG, L. Adaptive negotiation agent for facilitating bi-directional energy trading between smart building and utility grid. *Smart Grid, IEEE Transactions on*, vol. 4, no. 2, pp. 702-710, June 2013.
- (7) *WAMPACS*: GUO, Q., SUN, H., ZHANG, M., TONG, J., ZHANG, B., WANG, B. Optimal voltage control of PJM smart transmission grid: study, implementation, and evaluation. *Smart Grid, IEEE Transactions on*, vol. PP, no. 99, pp.1-1.
- (8) *Demand response*: CHEN, X., WEI, T., HU, S. Uncertainty-aware household appliance scheduling considering dynamic electricity pricing in smart home. *Smart Grid, IEEE Transactions on*, vol. 4, no. 2, pp. 932-941, June 2013.
- (9) *Energy management*: GHELARDONI, L., GHIO, A., ANGUIA, D. Energy load forecasting using empirical mode decomposition and support vector regression. *Smart Grid, IEEE Transactions on*, vol. 4, no. 1, pp. 549-556, March 2013.
- (10) *Electric vehicles*: SINGH, M., KUMAR, P., KAR, I. A multi-charging station for electric vehicles and its utilization for load management and the grid support. *Smart Grid, IEEE Transactions on*, vol. 4, no. 2, pp. 1026-1037, June 2013.
- (11) *Communications*: LU, X., WANG, W. MA, J. An empirical study of communication infrastructures towards the smart grid: design, implementation, and evaluation. *Smart Grid, IEEE Transactions on*, vol. 4, no. 1, pp.170-183, March 2013.
- (12) *Distributed energy resources*: NYKAMP, S., BOSMAN, M. G. C., MOLDERINK, A., HURINK, J. L., SMIT, G. J. M. Value of storage in distribution grids - competition or cooperation of stakeholders? *Smart Grid, IEEE Transactions on*, vol. PP, no. 99, pp.1-10.
- (13) *Demand response*: BAHARLOUEI, Z., HASHEMI, M., NARIMANI, H., MOHSENIAN-RAD, H. Achieving optimality and fairness in autonomous demand response: benchmarks and billing mechanisms. *Smart Grid, IEEE Transactions on*, vol. 4, no. 2, pp. 968-975, June 2013.
- (14) *Distributed energy resources*: ZHANG, W., XU, Y., LIU, W., FERRESE, F., LIU, L. Fully distributed coordination of multiple DFIGs in a microgrid for load sharing. *Smart Grid, IEEE Transactions on*, vol. 4, no. 2, pp. 806-815, June 2013.
- (15) *WAMPACS*: AZIZI, S., GHAREHPETIAN, G. B., DOBAKHSHARI, A. S. Optimal integration of phasor measurement units in power systems considering conventional measurements. *Smart Grid, IEEE Transactions on*, vol. 4, no. 2, pp. 1113-1121, June 2013.
- (16) *WAMPACS*: BRENNAN, M., DE BERARDINIS, E., DELLI CARPINI, L., FOIADELLI, F., PAULON, P., PETRONI, P., SAPIENZA, G., SCROSATI, G., ZANINELLI, D. Automatic distributed voltage control algorithm in smart grids applications. *Smart Grid, IEEE Transactions on*, vol. 4, no. 2, pp. 877-885, June 2013.

- (17) *Smart metering*: SHORT, T. A. Advanced metering for phase identification, transformer identification, and secondary modeling. Smart Grid, IEEE Transactions on, vol. 4, no. 2, pp. 651-658, June 2013.
- (18) *Smart metering*: HU, Q., LI, F. Hardware design of smart home energy management system with dynamic price response. Smart Grid, IEEE Transactions on, vol. PP, no. 99, pp. 1-10

A avaliação dos trabalhos considera sua forma e seu conteúdo. A forma do trabalho será avaliada a partir da conformidade com as *Diretrizes para Apresentação de Dissertações e Teses da EPUSP* e o conteúdo será analisado confrontando o artigo técnico e os documentos utilizados pelos grupos na confecção do trabalho.

VII. Seminários

Os seminários serão apresentados pelos mesmos grupos de alunos definidos para a elaboração do trabalho. Esses seminários tem por objetivo apresentar para toda a turma, de forma sucinta, a análise descrita em cada trabalho.

As apresentações não deverão exceder **10 minutos** e após cada apresentação haverá um período de **5 minutos** para perguntas e discussões.

VIII. Bibliografia

- (1) Galvin , R. Yeager, K. Perfect Power: How the Microgrid Revolution Will Unleash Cleaner, Greener, and More Abundant Energy. Nova Iorque: McGraw-Hill, 2009.
- (2) Gellings , C. W. The Smart Grid: Enabling Energy Efficiency and Demand Response. CRC Press, 2009.
- (3) Chowdhury, S. P. Crossley, P. Chowdhury, S. Microgrids and Active Distribution Networks. IET, 2009.
- (4) Artigos técnicos e científicos das publicações do IEEE e IET.