

XXXIII Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva



SIMEA
2026

33rd International Symposium of Automotive Engineering

**BRASIL EM
MOVIMENTO:**
ENGENHARIA E TECNOLOGIA A
SERVIÇO DA SUSTENTABILIDADE



*"Brazil on The Move: Engineering and Technology
in The Service of Sustainability"*

Gerenciamento de Energia e Powertrain Avançados



PAP 02 - Análise Comparativa de Arquiteturas de VEs: Um Estudo de Caso do GM Bolt, Nissan LEAF, VW ID4 e BYD Yuan

Comparative Analysis of EV Architectures: A Case Study of the GM Bolt, Nissan LEAF, VW ID.4, and BYD Yuan

A transição para a eletromobilidade tem impulsionado avanços nos subsistemas de veículos elétricos (VEs), como máquinas elétricas, inversores e sistemas de armazenamento de energia. Este estudo apresenta uma caracterização comparativa das soluções de engenharia adotadas em quatro modelos do mercado brasileiro: GM Bolt, Nissan LEAF e+, Volkswagen ID.4 e BYD Yuan Plus. A metodologia empregou engenharia reversa de dados, integrando especificações técnicas, literatura científica e documentos da indústria para identificar parâmetros-chave de desempenho. As máquinas elétricas foram avaliadas por curvas de torque e potência, revelando estratégias distintas de controle e enfraquecimento de campo, como o foco em torque inicial no GM Bolt e a operação otimizada em altas rotações no ID.4. A análise dos inversores comparou tecnologias Si-IGBT e SiC-MOSFET, destacando a maior eficiência e robustez térmica do SiC usado no BYD Yuan. Os sistemas de armazenamento foram examinados quanto à densidade energética, relação autonomia-massa e degradação das químicas NMC e LFP. Os resultados mostram como as escolhas de engenharia moldam o equilíbrio entre desempenho, eficiência e durabilidade, oferecendo subsídios para estudos futuros de modelagem e otimização.

The transition to electromobility has driven advances in key electric vehicle (EV) subsystems, such as electric machines, traction inverters, and energy storage systems. This study presents a comparative characterization of engineering solutions applied in four models representative of the Brazilian market: GM Bolt, Nissan LEAF e+, Volkswagen ID.4, and BYD Yuan Plus. The methodology employed data reverse engineering, combining technical specifications, scientific literature, and industry documents to identify performance-relevant parameters. Electric machines were evaluated using torque-speed and power-speed curves, revealing distinct control and field-weakening strategies, such as the emphasis on initial torque in the GM Bolt and high-speed optimization in the ID.4. The inverter analysis compared Si-IGBT and SiC-MOSFET technologies, highlighting the superior efficiency and thermal robustness of SiC devices adopted in the BYD Yuan. Energy storage systems were examined in terms of energy density, range-to-mass ratio, and the degradation behavior of NMC and LFP chemistries. The integrated results show how engineering choices shape the balance between performance, efficiency, and durability, supporting future studies in modeling and optimization.

PAP 06 - Efeitos da Recarga Rápida na Vida Útil de Baterias Automotivas de Íons de Lítio de Alta Tensão: Mecanismos de Degradação e Estratégias Práticas de Mitigação

Fast-Charging Effects on High-Voltage Automotive Lithium-Ion Battery Lifetime: Degradation Mechanisms and Practical Mitigation Strategies

A recarga rápida é central para a usabilidade de veículos elétricos a bateria, mas as altas taxas C associadas à recarga em corrente contínua de alta potência impõem esforços eletroquímicos e térmicos às baterias de íons de lítio de alta tensão (400-800 V). Este trabalho apresenta uma revisão bibliográfica focada que relaciona as condições de recarga rápida aos mecanismos dominantes de degradação, com ênfase no depósito de lítio no ânodo (lithium plating) e no crescimento acelerado da camada interfacial de eletrólito sólido (SEI), que aumentam a resistência interna e reduzem a capacidade utilizável. Efeitos complementares, como decomposição do eletrólito, geração de gases e dano às partículas do cátodo, também são discutidos. Por fim, a revisão sintetiza estratégias de mitigação relatadas na literatura e comumente implementadas em veículos de produção, incluindo gerenciamento térmico baseado em refrigeração líquida, limitação adaptativa da taxa de carga pelo sistema de gerenciamento de bateria (BMS) e fornecimento estável de potência pela infraestrutura de recarga.

Fast charging is central to the usability of battery electric vehicles, but the high C-rates associated with high-power DC charging impose electrochemical and thermal stress on high-voltage (400-800 V) lithium-ion packs. This paper presents a focused literature review linking fast-charging conditions to dominant degradation mechanisms, with emphasis on anode lithium plating and accelerated solid electrolyte interphase (SEI) growth, which increase internal resistance and reduce usable capacity. Complementary effects such as electrolyte decomposition, gas generation, and cathode particle damage are also discussed. Finally, the review summarizes mitigation strategies reported in the literature and commonly implemented in production vehicles, including liquid-based thermal management, adaptive charge-rate limitation by the battery management system (BMS), and stable power delivery by the charging infrastructure.

Escola Politécnica de Universidade de São Paulo
Letícia Volpe Gonçalves Matinaga
William Manjud Maluf Filho
Marcelo Augusto Leal Alves

PAP 08 - Desenvolvimento de Software para Gerenciamento de Energia em Sistemas de Range Extender: Uma Abordagem Funcional

Software Development for Energy Management in Range Extender Systems: A Functional Approach.

Os veículos elétricos enfrentam limitações de autonomia, custo e infraestrutura de recarga, especialmente no Brasil, onde há poucos carregadores e distribuição desigual. Diante deste cenário, o range extenders (REx) surge como alternativa para contornar estes desafios. O sistema, que consiste em um motor a combustão acoplado a um gerador, aumenta a autonomia de veículos à bateria, operando em pontos de alta eficiência e reduzindo emissões, principalmente quando alimentado por etanol. O artigo propõe-se a apresentar o desenvolvimento de um software dedicado ao gerenciamento energético do REx, que integra dados do veículo, algoritmos preditivos e controle adaptativo para otimizar eficiência, NVH, consumo e emissões. O sistema utiliza sinais das unidades de controle do veículo e do motor, além do inversor e do gerador, permitindo decisões em tempo real. A estratégia proposta inclui seis modos de operação baseados no estado de carga da bateria, determinando quando e como o REx deve operar. Em testes com um veículo elétrico à bateria, a autonomia aumentou de aproximadamente 100 km para mais de 600 km no ciclo FTP75, mantendo o estado da bateria estável e demonstrando a eficácia do controle desenvolvido.

Electric vehicles face limitations in range, cost, and charging infrastructure, especially in Brazil, where chargers are scarce and unevenly distributed. In this scenario, range extenders (REx) emerge as an alternative to overcome these challenges. The system, consisting of a combustion engine coupled to a generator, increases the autonomy of battery vehicles by operating at high-efficiency points and reducing emissions, particularly when fueled by ethanol. This article aims to present the development of software dedicated to the energy management of the REx vehicle, which integrates vehicle data, predictive algorithms, and adaptive control to optimize efficiency, NVH (Noise-Visual Habitable Height), fuel consumption, and emissions. The system uses signals from the vehicle and engine control units, as well as the inverter and generator, enabling real-time decisions. The proposed strategy includes six operating modes based on the battery's state of charge, determining when and how the REx should operate. In tests with a battery electric vehicle, autonomy increased from approximately 100 km to over 600 km in the FTP75 cycle, while keeping the battery state stable and demonstrating the effectiveness of the developed control

Caroline Sayuri Mizuno, AVL South America
Vincent Bigliardi, AVL South America
Rogerio G. Ribeiro Junior, AVL South America
Pedro Henrique S. de Oliveira, AVL South America
Roger Balmant Oliveira, AVL LMM
Guilherme Martini Miotto, Horse

PAP 15 - Viabilidade tecnoeconômica de um BESS de 1 MWh com baterias de íon-lítio de segunda vida para peak shaving e arbitragem de energia acoplados à geração fotovoltaica em consumidor comercial do Grupo A no Brasil

Techno-Economic Feasibility of a 1-MWh Second-Life Li-ion BESS for PV-Coupled Peak Shaving and Energy Arbitrage in a Brazilian Group-A Commercial Facility

O crescimento da frota de veículos elétricos amplia a disponibilidade de baterias de íon-lítio ao fim da primeira vida, motivando seu reuso em aplicações estacionárias. Este trabalho avalia a viabilidade tecnoeconômica de um sistema de armazenamento de energia (BESS) de 1 MWh com baterias de segunda vida, integrado à geração fotovoltaica de um shopping center brasileiro (Grupo A, tarifa horária verde). Uma simulação horária em Python compara as químicas NCM e LFP sob despacho para arbitragem de energia e peak shaving, incorporando degradação via State of Health (SOH), com SOH inicial de 80% e fim de vida em 60%. Foram analisados três cenários: base, expansão de 20% da FV e meta agressiva de peak shaving (500-400 kW). Os resultados indicam atendimento técnico do perfil de potência para ambas as químicas, com leve vantagem da LFP por menor degradação cíclica. O melhor caso (LFP com expansão FV) apresenta payback 1,18 anos e LCOE R\$ 2,00/kWh, com vida útil estimada 1,20 anos; no cenário base, LFP atinge 1,19 anos e R\$ 2,03/kWh. A NCM apresenta LCOE superior e vida útil menor (0,81 ano). No contexto analisado, a degradação acelerada conduz a retorno praticamente nulo, apesar da eficácia técnica, sugerindo operação próxima ao ponto de equilíbrio econômico.

Rapid growth of electric vehicles is increasing the availability of end-of-life lithium-ion packs, motivating second-life stationary storage. This work evaluates the techno-economic feasibility of a 1-MWh second-life battery energy storage system (BESS) integrated with on-site photovoltaic generation in a Brazilian shopping center (Group A, time-of-use green tariff). An hourly Python model compares NCM and LFP chemistries under energy arbitrage and peak-shaving dispatch, accounting for SOH-dependent capacity fade (80% SOH at start, end-of-life at 60%). Three operating scenarios are simulated: baseline, +20% PV expansion, and an aggressive peak-shaving target (500-400 kW). Results show that both chemistries meet the requested power profile, but LFP retains slightly higher SOC due to lower cyclic degradation. The best case (LFP with PV expansion) yields payback 1.18 years and LCOE R\$2.00/kWh with an estimated second-life duration of 1.20 years; in the baseline case LFP achieves 1.19 years payback and R\$2.03/kWh. NCM exhibits higher LCOE and shorter life (0.81 years). Overall, accelerated degradation drives near-zero ROI for Group-A commercial users despite technical efficacy, indicating that current second-life BESS deployments operate close to economic breakeven.

Arthur Yudi Cardoso, Escola Politécnica de Universidade de São Paulo
 Giovani G. Tristão T. Vieira, Escola Politécnica de Universidade de São Paulo
 William Manjud M. Filho, Escola Politécnica de Universidade de São Paulo
 Marcelo Augusto Leal Alves, Escola Politécnica de Universidade de São Paulo
 Grace Kelly K. Ganharul, Faculdade Senai de São Paulo
 Gabriel Saavedra de Andrade, Escola Politécnica de Universidade de São Paulo

PAP 23 - Estratégias de Híbridização Emuladas a partir de Bancada Dinamométrica.

Hybridization Strategies Emulated From a Dynamometer Bench.

Com a crescente adoção de veículos eletrificados na frota, torna-se necessário avaliar os índices de hibridização em diferentes cenários, bem como as estratégias adotadas. Comumente utilizam-se bancadas dinamométricas para testes e validação de sistemas em veículos-protótipos. No entanto, essa abordagem demanda um trabalho árduo, especialmente devido à necessidade de elaboração de protótipos ainda nas fases iniciais de desenvolvimento. Diante desse contexto, este artigo apresenta e discute uma bancada dinamométrica de rolos duplos capaz de emular a adição de potência elétrica a um veículo convencional por meio dos próprios rolos, sem qualquer modificação no veículo. A principal modificação proposta consiste na integração de um dispositivo contra recuo, permitindo a operação conjunta das duas fontes de potência (térmica e elétrica). A metodologia desenvolvida visa avaliar os índices de hibridização e as estratégias de gerenciamento de potência por meio de um controle hierárquico. Considera-se o valor de torque ou de rotação do motor elétrico definido pelo gerenciamento, associado a um controle em malha fechada baseado em um controlador PID. Para validação compara-se duas condições: o veículo convencional e o veículo híbrido emulado operando em modo de esgotamento de carga.

With the growing adoption of electrified vehicles in fleets, it is necessary to evaluate the hybridization index in different scenarios, as well as the strategies adopted. Dynamometer benches are commonly used for testing and validating systems in prototype vehicles. However, this approach requires considerable effort, particularly in the early stages of development, where prototypes must be developed and modified. Given this context, this paper presents and discusses a twin-roller chassis dynamometer capable of emulating the addition of electric power to a conventional vehicle through the rollers themselves, without any modification to the vehicle. The main modification proposed consists of integrating a backstop clutch device, allowing the joint operation of the two power sources (thermal and electric). The methodology developed aims to evaluate hybridization index and power management strategies through hierarchical control. This approach considers the torque or speed rotation value of the electric motor defined by the management system, associated with a closed-loop control based on a PID controller. For validation, a hybridization configuration is tested, comparing two conditions: the conventional vehicle and the emulated hybrid vehicle operating in load depletion mode.



Matheus Henrique Rodrigues Miranda, Universidade Estadual de Campinas
Áquila Chagas de Carvalho, Universidade Estadual de Campinas
Maria Augusta de Menezes Lourenço, Volkswagen do Brasil
Marcelo Rohrig, Volkswagen do Brasil
Fernando Fusco Rovai, Volkswagen do Brasil
Jony Javorski Eckert, Universidade Estadual de Campinas
Ludmila Corrêa de Alkmin e Silva, Universidade Estadual de Campinas,

PAP 29 - Análise de Eficiência e Perdas no Processo de Recarga de Vans Elétricas Logísticas

Efficiency and Loss Analysis in the Charging Process of Electric Logistics Vans

A eficiência da recarga de veículos elétricos é crítica para o custo operacional de frotas logísticas. Este trabalho objetiva quantificar as perdas energéticas na cadeia de recarga de quatro vans elétricas em operação real. O método consiste na medição simultânea de potência em quatro pontos: a montante e a jusante da estação de recarga (EVSE), na entrada do carregador de bordo (OBC) e na entrada do pacote de baterias. Essa instrumentação isola a eficiência da infraestrutura externa, as perdas de cabeamento e a eficiência de conversão AC/DC do OBC. O plano experimental prevê a avaliação de uma estação de recarga inicial, seguida pela substituição por um modelo distinto, repetindo-se o protocolo. A abordagem comparativa identificará o impacto do equipamento externo na eficiência global do sistema. Os resultados mapearão o fluxo de energia e os gargalos de dissipação térmica, fornecendo dados empíricos inéditos para otimizar o dimensionamento de infraestrutura em pátios logísticos e aprimorar modelos de custo total de propriedade (TCO) para a mobilidade comercial.

The charging efficiency of electric vehicles is critical to the operational cost of logistics fleets. This study aims to quantify energy losses in the charging chain of four electric vans in real-world operation. The method consists of simultaneous power measurement at four points: upstream and downstream of the charging station (EVSE), at the input of the On-Board Charger (OBC), and at the battery pack input. This instrumentation isolates the efficiency of the external infrastructure, cabling losses, and the AC/DC conversion efficiency of the OBC. The experimental plan involves evaluating an initial charging station, followed by its replacement with a different model, repeating the protocol. The comparative approach will identify the impact of external equipment on overall system efficiency. The results will map the energy flow and thermal dissipation bottlenecks, providing novel empirical data to optimize infrastructure sizing in logistics hubs and improve total cost of ownership (TCO) models for commercial mobility.

Robson Ferreira da Cruz, Universidade Estadual de Campinas
Nelson Fernando da Silva, Neo Automotive
Rêmulo Lugão de Araújo, Dia Entrega

PAP 34 - Classificação sistemática de Estratégias de combustão, Normas de Emissões e Sistemas de pós-tratamento para combustíveis de baixo ponto de fulgor sustentáveis

Systematic Classification of Combustion strategies, emissions regulations and aftertreatment systems for sustainable low flashpoint fuels

Reduzir emissões de poluentes e CO₂ é hoje uma das principais preocupações no setor energético, gerando normas de emissões cada vez mais rígidas. A indústria de motores é diretamente impactada, tornando a busca por alternativas cada vez mais relevante. Além da eletrificação, combustíveis sustentáveis - especialmente de baixo ponto de fulgor - ganham destaque por reduzirem CO₂ e fuligem, além de apresentarem boas características de combustão. Veículos comerciais são majoritariamente movidos a motores de combustão interna, tornando combustíveis sustentáveis uma alternativa intrínseca. Usar combustíveis de baixo ponto de fulgor em motores de médio e grande porte requer estratégias de combustão otimizadas. Tais estratégias podem adotar um ou mais combustíveis, com combustão pré-misturada, difusiva ou híbrida, geralmente associando um combustível de alto ponto de fulgor para facilitar a ignição do de baixo ponto de fulgor. Este trabalho classifica sistematicamente estratégias de combustão nessas categorias e discute seus efeitos no desempenho do motor, com enfoque nas emissões. Também analisa como as normas de emissões se aplicam a motores de veículos comerciais e como a estratégia de combustão e tipo de combustível influenciam as configurações do sistemas de pós-tratamento da exaustão.

The charging efficiency of electric vehicles is critical to the operational cost of logistics fleets.

Reduction of pollutants and CO₂ emissions is a major challenge in the energy distribution sector, driving stringent regulatory standards. Engine architecture is directly shaped by these regulations. Hence, it must be intensifying the search for feasible technological alternatives. Beyond electrification, sustainable fuels-especially low flashpoints-are prominent for lowering CO₂, NO_x, and soot while offering favorable combustion characteristics. In commercial vehicles, engines remain largely internal combustion, making sustainable fuels a short-term intrinsic option. However, low flashpoint fuels in medium and large engines require adapted combustion strategies. These strategies may use one or more fuels, with premixed, diffusive, or hybrid combustion, typically pairing a high flashpoint fuel to ignite the low flashpoint one. This paper classifies systematically combustion strategies within those categories and discusses their effects on engine performance, with a particular focus on emissions. It also examines how regulations apply to commercial vehicle engines and how both the combustion strategy and the selected fuel type influence the configuration of exhaust aftertreatment systems.

Laura Melo de Oliveira, IAV do Brasil
Wolfram Gottschalk, Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr
Rafael Martins de Oliveira e Silva, IAV do Brasil

PAP 38 - Otimização de Componentes para Motores de Combustão a Hidrogênio: Análise do Comportamento Térmico, Robustez Estrutural e Compatibilidade de Materiais

Optimized Power Cell Components for Hydrogen Combustion Engines: Thermal Behavior, Robustness and Material Compatibility

A combustão de hidrogênio impõe desafios específicos aos componentes do power cell devido à alta velocidade de chama, ampla faixa de inflamabilidade, baixa energia de ignição e à necessidade de minimizar fontes de carbono oriundas do óleo. Para atender a essas demandas, foram desenvolvidos componentes otimizados com melhorias na geometria do pistão, na vedação do conjunto de anéis e no controle de óleo. Medições de temperatura por telemetria em tempo real (RTM) aplicadas a pistões de alumínio e aço quantificaram diferenças térmicas entre materiais: embora os pistões de aço operem em temperaturas mais altas, ambos permanecem dentro dos limites dos materiais e apresentam comportamento semelhante quanto a detonação, indicando que a temperatura do pistão não é o principal fator de combustões anormais. Otimizações no pacote de anéis, redução do volume morto e maior eficiência de raspagem de óleo resultaram em reduções significativas de blow-by e consumo de óleo. Estudos de compatibilidade avaliaram a absorção de hidrogênio e seus efeitos na integridade estrutural, reforçando a robustez dos componentes. Os resultados mostram que arquiteturas otimizadas de PCU atendem de forma eficaz aos desafios da combustão de H₂ e que pistões de alumínio e aço são adequados para operação confiável.

Hydrogen combustion introduces specific challenges for power cell components due to its high laminar flame speed, wide flammability range, low ignition energy, and the need to minimize oil-derived carbon sources. To meet these demands, optimized Power Cell Unit (PCU) designs were developed with improvements to piston geometry, ring pack sealing, and oil-control functionality. Real-time telemetry (RTM) temperature measurements on aluminum and steel pistons quantified material-driven thermal differences: while steel pistons operate at higher temperatures, both remain within material limits and show similar knock behavior, indicating that piston temperature is not the main driver of abnormal combustion. Enhanced ring-pack dynamics, reduced crevice volumes, and improved oil-scraping mechanisms led to significant reductions in blow-by and lube-oil consumption across the load range. Material-compatibility investigations further examined hydrogen absorption and its effects on structural integrity, supporting long-term component robustness. The combined findings demonstrate that optimized PCU architectures effectively address hydrogen-specific combustion challenges and that both aluminum and steel piston concepts are thermally and functionally suitable for reliable H₂ engine operation.

PAP 42 - Ventilação Forçada Aplicada a Máquinas Móveis não Rodoviárias Movidas a Motores a Combustão a Hidrogênio

Active Crank Case Ventilation For Non-Road Mobile Machinery Hydrogen Combustion Engine Applications

Este trabalho se propõe a discorrer sobre o uso de hidrogênio como combustível alternativo para motores a combustão, avaliando suas vantagens para aplicações com altas demandas de carga. Motores a Combustão Interna movidos a Hidrogênio (HICE do inglês) são especificamente vantajosos quando aplicados a Máquinas Móveis não Rodoviárias (MMNRs). Os motivos dessa aptidão são descritos em detalhes e uma aplicação específica de MMNR para o mercado brasileiro é selecionada para análises deste trabalho. Além disso, uma breve explicação do funcionamento de HICEs é dada e a problemática de hidrogênio presente nos gases de blow-by pode ser discutida em comparação aos motores a combustão interna movidos a gasolina. Por fim é discutida uma solução para o acúmulo de hidrogênio dentro do motor através da aplicação de ventilação forçada aliada a sistemas de separação. Finalmente o acúmulo de hidrogênio resultante do blow-by é comparado para um mesmo motor com e sem a aplicação de ventilação forçada, evidenciando-se uma melhora na aplicação que utiliza a ventilação forçada.

This paper provides an overview of the hydrogen usage for internal combustion engines and comments on its best fit for Heavy duty application. The good fit of HICE (Hydrogen Internal Combustion Engines) to NRMM (Non-Road Mobile Machinery) is elaborated and a use case example of such application selected based of Brazilian market compatibility. Furthermore, a brief explanation of HICE working mechanism is given with focus the blow-by gas and its specificities. For easier understanding comparisons are made to regular ICE (Internal Combustion Engines) with the problematic highly combustible Hydrogen accumulating in the crank case as a central point. Lastly, the blow-by and Hydrogen content is calculated for the target application, and a solution is presented in the means of an active circulation of the blow-by in crank case. The application is then compared with and without this active circulation with the impact on Hydrogen accumulation assessed.

MAHLE
Lucas Cruvinel Finardi
Alexandre Almeida

PAP 48 - Otimização da Geometria da Antena para Ignição Assistida por Plasma de Micro-ondas em Motores de Combustão Interna

Optimization of Antenna Geometry for Microwave-Assisted Plasma Ignition in Internal Combustion Engines

A ignição por plasma assistida por micro-ondas é uma abordagem promissora para aumentar a estabilidade de ignição em motores de ignição por centelha. Nesse conceito, uma vela convencional gera a descarga elétrica padrão, enquanto um campo de micro-ondas localmente intensificado é estabelecido na região do gap da vela. Quando a energia de micro-ondas se acopla à descarga, os elétrons são acelerados pela componente elétrica da onda, elevando a temperatura eletrônica e formando um plasma não térmico. Esse plasma é rico em elétrons de alta energia e radicais reativos, possibilitando rotas químicas pouco prováveis nas condições usuais do motor. Em misturas baseadas em metano, colisões por impacto eletrônico favorecem a dissociação e a geração de espécies como os radicais CH e H, capazes de acelerar a química de oxidação. Medidas espectroscópicas com altos níveis de radicais H durante o evento de micro-ondas indicam o aumento do pool de radicais energéticos, o que pode reforçar as etapas iniciais da combustão por efeitos predominantemente químicos. O objetivo deste estudo é avaliar como a configuração da antena (geometria e posicionamento) afetam a eficiência de acoplamento das micro-ondas ao plasma e ao ambiente de ignição, buscando maximizar a transferência de energia e a da ignição.

Microwave-enhanced plasma ignition is a promising approach to improve the ignition stability of spark-ignition engines. In this concept, a conventional spark plug produces a standard spark discharge, while a locally intensified microwave field is established around the spark gap. When microwave energy couples into the discharge, electrons are accelerated by the electric-field component of the waves, increasing electron temperature and forming a non-thermal plasma. This plasma is rich in high-energy electrons and reactive radicals, enabling chemical pathways that are unlikely under typical engine conditions. In methane-based mixtures, electron-impact collisions promote dissociation and generate reactive species such as CH and H radicals, which can accelerate oxidation chemistry. Spectroscopic measurements showing elevated H-radical levels during the microwave discharge indicate an expanded radical pool, which can enhance the earliest stages of combustion through chemical (not purely thermal) effects. The objective of this study is to evaluate how antenna configuration its geometry and positioning-affects microwave coupling efficiency to the plasma and the surrounding ignition environment, aiming to maximize energy transfer and improve ignition robustness.



Henrique Chaves Gulino, Universidade de São Paulo
Ronaldo Domingues Mansano, Universidade de São Paulo
Antonio Carlos Santos de Arruda, FATEC Osasco
Nelson Ordonez, Universidade de São Paulo
Armando Antônio Maria Laganá, Universidade de São Paulo

PAP 59 - Aplicação de plasma de microondas na melhoria da eficiência da ignição em motores a combustão.

Microwave plasma application for enhanced ignition efficiency in combustion engine.

A pressão para reduzir emissões de GEE (Gases de Efeito Estufa) e ampliar o uso de combustíveis renováveis impulsiona novas tecnologias de ignição para motores híbridos e a combustão. Motores eficientes podem operar com misturas ar-combustível diluídas e maiores taxas de compressão, mas a estabilidade é limitada pela iniciação da combustão e pela propagação da chama em alta diluição. A ignição assistida por plasma pode estender essa faixa, porém requer validação experimental e compreensão dos processos. Avaliamos como a frequência do plasma influencia a pré-ignição em gás natural (base metano). Construímos uma câmara inox (0,6?0,9 bar) e adaptamos uma vela para acoplamento de plasma, removendo resistores supressores e reposicionando o eletrodo de terra. Os ensaios usaram DC (500?700 V), RF (100?200 W a 13,56 MHz) e micro-ondas (25 W a 2,45 GHz). Os diagnósticos indicam maior dissociação na pré-ignição: centelha inicial gera elétrons semente, aumentam a formação de hidrogênio e permitem segunda ignição com combustão do metano mais eficiente. A dissociação de CH cresce com potência e pressão para plasmas DC/RF; o plasma de micro-ondas eleva a dissociação de CH em 10× e promove a dissociação de H₂. Esses resultados sugerem que a ignição por plasma pode ampliar operação dos motores.

Pressure to reducing greenhouse gas emissions and increase renewable fuels is driving new ignition technologies for hybrid and internal-combustion engines. High-efficiency engines can operate with diluted fuel mixtures and higher compression ratios, but stable operation is limited by combustion initiation and flame propagation at high dilution. Plasma-assisted ignition may extend this range, yet it needs experimental validation and better understanding of the governing processes. We study how plasma frequency influences pre-ignition in natural gas (methane-based). A stainless-steel chamber (0.6?0.9 bar) and a spark plug adapted for plasma were developed by removing suppression resistors and positioning the ground electrode. Experiments used DC (500?700 V), RF (100?200 W at 13.56 MHz), and microwave power (25 W at 2.45 GHz). Diagnostics show enhanced dissociation during pre-ignition: misfire events provide seed electrons, increasing hydrogen formation and enabling a second ignition with more efficient methane combustion. CH dissociation grows with power and pressure for DC/RF plasmas, while microwave plasma increases CH dissociation by ~10× and promotes H₂ dissociation. These preliminary results indicate plasma-assisted ignition can broaden the stable operating window of engines.



Antonio Carlos Santos de Arruda, Universidade de São Paulo

Ronaldo Domingues Mansano, Universidade de São Paulo

Henrique Chaves Gulino, Universidade de São Paulo

Nelson Ordonez, Universidade de São Paulo

Armando Antônio Maria Laganá, Universidade de São Paulo

Fernando Santana Batista, Escola Politécnica de Universidade de São Paulo

Adir Jose Moreira, Universidade de São Paulo

PAP 67 - Desenvolvimento e simulação de um software em microcontrolador para aplicação em sistemas de ignição assistidos por plasma.

Development and simulation of a microcontrollers firmware for plasma assisted engine ignition system.

Visando à tendência do setor automotivo de aumentar a eficiência de motores de combustão interna operando com misturas ar-combustível pobres, e considerando as limitações associadas à ignição nesse regime, o projeto tem como objetivo o desenvolvimento e a análise experimental de sistemas de ignição assistida por plasma, incluindo a criação de firmwares dedicados a microcontroladores responsáveis pela simulação de parâmetros da cinemática de peças móveis de motores e pelo acionamento controlado de velas de ignição. Além disso, são investigados os efeitos da aplicação de pulsos de alta frequência e período controlado em velas automotivas, bem como a influência do sistema sobre a formação do arco e da descarga, por meio de análises que consideram modelos físicos como a curva de Paschen e a descarga de Townsend. Para isso, realizam-se medições por oscilograma, espectrometria e caracterização elétrica por medidas de capacitância e impedância em diferentes condições operacionais, em ensaios conduzidos em câmaras de vácuo com controle de pressão, utilizando metano como gás de teste. A partir dos dados experimentais, propõe-se uma modelagem elétrica do sistema, permitindo analisar sua resposta a distintos estímulos e parâmetros de operação.

Looking forward to the automotive trend of running internal combustion engines in lean mixtures and considering the ignition limitation associated with this regime, this project aims at the development and experimental analysis of plasma-assisted ignition systems, including the creation of dedicated firmware for microcontrollers responsible for the simulation of engine moving parts kinematics and the controlled actuation of spark plugs. Additionally, the effects of applying high-frequency pulses on the spark plugs, as well as the influence of the system over the discharge and arc formation, are investigated through analyses based on physical models such as the Paschen curve and the Townsend discharge. To this end, measurements are taken using oscillography, spectrometry, and electrical characterization through capacitance and impedance measurements under different operating conditions. The experiments were conducted in vacuum chambers with pressure control, using methane as the test gas. Based on the experimental data, an electrical model of the system is proposed, enabling the analysis of its response to different stimuli and operating parameters.

Fernando Santana Batista, Escola Politécnica de Universidade de São Paulo
Ronaldo Domingues Mansano, Universidade de São Paulo
Antonio Carlos Santos de Arruda, FATEC Osasco
Henrique Chaves Gulino, Universidade de São Paulo
Nelson Ordonez, Universidade de São Paulo
Armando Antônio Maria Laganá, Universidade de São Paulo

PAP 75 - Otimização do PCU para Redução de consumo de combustível e melhoria da paridade de combustível em aplicações flex fuel

Power Cylinder Unit Optimization for BSFC reduction and Fuel Parity Improvement in Flex-Fuel Applications

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma Unidade do Cilindro de Potência (PCU) com alta taxa de compressão para um motor turboalimentado de ignição por centelha, visando melhorar a eficiência da combustão, reduzir o consumo específico de combustível (BSFC) e aumentar a paridade entre etanol (E100) e gasolina (E27). O PCU inclui pistão redesenhado com galeria de arrefecimento otimizada, anéis de baixo atrito atualizados e taxa de compressão de 12,0:1. As melhorias de hardware foram acompanhadas por refinamento de calibração para garantir ponto de ignição e sincronização dos comandos adequados. Testes em dinamômetro, seguindo pontos dos ciclos FTP75 e HWFET, mostraram redução média de ~2,7% no E100 e ~0,6% no E27. Simulação 1D complementar indicou reduções de 2,2% (E100) e 0,6% (E27), confirmando a robustez dos resultados. O maior ganho com E100 aumenta a paridade entre combustíveis, apoiando objetivos do programa brasileiro MOVER. Os resultados mostram que o novo PCU reduz CO₂ e melhora a paridade sem comprometer durabilidade ou dirigibilidade.

This work presents the development of a high compression ratio Power Cylinder Unit (PCU) for a spark ignition turbocharged engine designed to improve combustion efficiency, reduce brake specific fuel consumption (BSFC), and increase fuel parity between ethanol (E100) and gasoline (E27). The PCU features a redesigned piston architecture with optimized cooling gallery, updated low friction ring pack and a compression ratio of 12.0:1. The hardware upgrades were followed by a calibration refinement to ensure adequate ignition timing and camshafts phasing. Dynamometer test was run following specific mapping points based on combined FTP75 and HWFET cycles. The weighted average showed reduction of ~2.7% with E100 and ~0.6% with E27. A complementary 1D simulation indicated 2.2% BSFC reduction on E100 and 0.6% on E27 confirming the robustness of the measurements performed on dynamometer using the new hardware. The higher gain with E100 compared to E27 results in parity increase between these fuels directly supporting the strategic objectives of Brazilian regulatory program MOVER. The results demonstrate that the new PCU enhancements provide a viable solution to reduce CO₂ and deliver improved parity without compromising durability or drivability.

Matheus dos Santos Ferreira, Mahle
Heitor Souza Chaves, Mahle
Marcelo Miyamoto, Mahle
Fernando Fusco Rovai, Volkswagen do Brasil
Marcelo Rohrig, Volkswagen do Brasil

PAP 76 - Análise estatística para definição de motor?referência em salas de provas de motores

Statistical Analysis for Defining a Reference Engine in Engine Test Cells

A confiabilidade metrológica das salas de provas de motores é fundamental para assegurar a qualidade dos ensaios de desenvolvimento e durabilidade. Este trabalho apresenta uma metodologia baseada em análise estatística para definição e aplicação de um motor de referência de três cilindros na validação operacional de múltiplas salas após a calibração dos instrumentos que as compõem. O método consiste na execução sistemática de curvas de performance utilizando um motor previamente caracterizado quanto à estabilidade e repetitividade. Com base nos resultados, são definidos limites de aceitação que refletem a dispersão observada, permitindo identificar desvios e parâmetros fora do comportamento esperado. A análise estatística dos dados possibilita a comparação objetiva entre diferentes ambientes e o estabelecimento de uma referência confiável. Quando os resultados permanecem dentro dos limites, a sala é liberada para testes, garantindo segurança nas atividades de desenvolvimento e durabilidade. A metodologia padroniza critérios, reduz o tempo de liberação e aumenta a confiabilidade dos ensaios de powertrain.

The metrological reliability of engine test cells is essential to ensure the quality of development and durability testing. This work presents a methodology based on statistical analysis for defining and applying a three-cylinder reference engine in the operational validation of multiple test cells after calibration of their measurement instruments. The method consists of the systematic execution of performance curves using an engine previously characterized in terms of stability and repeatability. Based on the results, acceptance limits are established to reflect the observed dispersion, allowing the identification of deviations and parameters outside the expected behavior. The statistical analysis of the data enables an objective comparison across different test environments and the establishment of a reliable reference. When the results remain within the defined limits, the test cell is released for testing, ensuring safety in development and durability activities. The methodology standardizes acceptance criteria, reduces release time, and increases the reliability of powertrain testing.

Stellantis Automóveis Brasil

Renata Araújo de Oliveira

João Vitor Correa

Fábio Oliveira da Assunção

Luciano da Silveira França

Neemias Hugo Verde

PAP 87 - Avaliação do Máximo Potencial de Regeneração de Energia do Sistema de Híbridos Leves em Veículo SUV Compacto

Evaluation of the Maximum Energy Regeneration Potential of Mild Hybrid Systems in a Compact SUV Vehicle

Com o aquecimento global e o esforço internacional de instituições e governos na busca de soluções energéticas mais eficientes, a indústria automotiva também busca o uso de novas tecnologias para minimizar o impacto de seus veículos. Uma dessas tecnologias é a hibridização leve dos veículos à combustão. Nessa perspectiva, este trabalho tem por objetivo avaliar o máximo potencial de regeneração de energia durante a frenagem de um veículo SUV compacto, de modo que esse potencial seja absorvido e regenerado por uma hibridização leve. Para isso, um veículo base representativo do mercado brasileiro foi simulado no software GT-Suite seguindo os ciclos de condução: FTP-75, HWFET, Combinado (NBR7024), integrando a energia disponível nos trechos de frenagem e, conseqüentemente, avaliando o potencial máximo da regeneração no consumo de combustível. Os resultados mostraram um potencial de regeneração mais elevado para cenários de condução urbanas, enquanto situações de estrada apresentam menor potencial. Ainda, entre as tecnologias avaliadas, a hibridização leve com 48 V foi a que apresentou um potencial de aproveitamento mais próximo da energia disponível.

With global warming and the international efforts of institutions and governments searching for more efficient energy solutions, the automotive industry is also seeking the use of new technologies to minimize the impact of its vehicles. One of these technologies is mild hybridization of combustion vehicles. From this perspective, this work aims to evaluate the maximum potential for energy regeneration during braking of a compact SUV vehicle, so that this potential is absorbed and regenerated by mild hybridization. To this end, a representative base vehicle from the Brazilian market was simulated in the GT-Suite software following the driving cycles: FTP-75, HWFET, and Combined (NBR7024), integrating the energy available in the braking sections and, hence, evaluating the maximum potential for regeneration in fuel consumption. The results showed a higher regeneration potential for urban driving scenarios, while highway situations showed lower potential. Furthermore, among the technologies evaluated, mild hybridization with 48 V was the one that presented a potential for utilization closest to the available energy.

Volkswagen do Brasil
Maria Augusta de Menezes Lourenço
Fernando Fusco Rovai
Roger Guilherme

PAP 101 - Desenvolvimento e Validação em Escala Reduzida de um Kit Híbridização Paralelo com Acoplamento por Roda Livre para Veículos Comerciais Leves

Development and Reduced-Scale Validation of a Parallel Hybridization Kit with Freewheel Coupling for Light Commercial Vehicles

A descarbonização da frota de veículos a diesel demanda soluções acessíveis de eletrificação, como kits de hibridização de baixa complexidade. A escolha da arquitetura de propulsão é determinante para a eficiência do sistema. A arquitetura em série possui vantagens e desvantagens, porém com perdas relevantes nas conversões de energia, exigindo máquinas elétricas maiores e dificultando adaptações. Já a arquitetura paralela permite soluções mais simples e mais eficientes em regime rodoviário, com o motor operando em faixas mais favoráveis e possibilidade de regeneração. Entretanto, a limitação do acoplamento direto entre motor de combustão e máquina elétrica compromete sua eficiência global. Este trabalho propõe o uso de um mecanismo de roda livre (freewheel) para definição da estratégia de maior economia no engate e desengate, aplicado a um protótipo em escala reduzida de um kit paralelo. A metodologia inclui projeto, modelagem e simulação do sistema, além de ensaios experimentais em bancada instrumentada. Como contribuição, busca-se demonstrar ganhos de eficiência energética e flexibilidade operacional, validando uma solução tecnicamente viável e de menor custo para aplicações reais.

The decarbonization of diesel vehicle fleets requires accessible electrification solutions, such as low-complexity hybridization kits. The choice of powertrain architecture is crucial for system efficiency. The series architecture has advantages and drawbacks but suffers from significant energy conversion losses, requiring larger electric machines and complex adaptation. In contrast, the parallel architecture enables simpler and more efficient solutions in highway operation, with the internal combustion engine operating in more favorable ranges and allowing regeneration. However, direct coupling between the internal combustion engine and the electric machine limits overall efficiency. This work proposes a freewheel mechanism to define an optimal engagement and disengagement strategy for energy savings, applied to a reduced-scale prototype of a parallel hybrid kit. The methodology includes system design, modeling, and simulation, as well as experimental tests on an instrumented bench. The study aims to demonstrate gains in energy efficiency and operational flexibility, validating a feasible and cost-effective solution for real applications.



Louise Fernanda R. Oliveira, Distrito Tecnológico do SENAI
Ricardo Gomes Miguel, Distrito Tecnológico do SENAI
José Neir Barbosa Da Silva, Distrito Tecnológico do SENAI
Yago Levi A. Benazio, Distrito Tecnológico do SENAI
Henrique Pereira Machado, Distrito Tecnológico do SENAI
Leonardo Giangiulio F. de Andrade, Distrito Tecnológico do SENAI
Alberto Lima Santos, Distrito Tecnológico do SENAI
Antonio Pedro Gallinucci, Cie Engrecon
Giovani de O. Ramos Júnior, Cie Engrecon
Everton Coelho de Medeiros, Instituto Tecnológico de Aeronáutica

PAP 114 - Impactos da transição de refrigerantes: De R134a para R1234YF

Impacts of a Sustainable Refrigerant Transition: From R134a to R1234yf

A indústria automotiva passa por uma transformação significativa em direção a soluções de gestão térmica mais sustentáveis, impulsionada pela necessidade de reduzir emissões de poluentes e mitigar impactos ambientais. Nesse contexto, a substituição do refrigerante R134a, caracterizado por seu potencial de aquecimento global (GWP) relativamente elevado, pelo R1234yf tornou-se uma medida estratégica alinhada às regulamentações ambientais internacionais. Embora o R1234yf apresente propriedades termodinâmicas semelhantes às do R134a, facilitando sua integração sem a necessidade de redesenhos fundamentais dos sistemas, sua flamabilidade moderada exige considerações específicas relacionadas ao projeto de componentes, aos procedimentos de manutenção e à capacitação técnica. A adoção desse refrigerante tem se expandido entre veículos de passeio e comerciais leves, avançando progressivamente para aplicações mais pesadas, reforçando o compromisso do setor com a sustentabilidade. Este estudo analisa os efeitos da transição do R134a para o R1234yf em sistemas de ar-condicionado automotivo e documenta as adaptações necessárias para sua implementação bem-sucedida, com base em testes comparativos de desempenho de compressores realizados com ambos os refrigerantes.

The automotive industry is undergoing a significant transformation toward more sustainable thermal management solutions, driven by the need to reduce pollutant emissions and mitigate environmental impacts. Within this context, the substitution of refrigerant R134a, characterized by its relatively high global warming potential (GWP), by R1234yf has become a strategic measure aligned with international environmental regulations. Although R1234yf presents thermodynamic properties similar to those of R134a, facilitating its integration without fundamental system redesigns, its mild flammability requires specific considerations regarding component design, maintenance procedures, and technical training. The adoption of this refrigerant has expanded across passenger and light commercial vehicles and is progressively advancing to heavier applications, reinforcing industry commitments to sustainability. This study analyzes the effects of transitioning from R134a to R1234yf in automotive air-conditioning systems and documents the adaptations required for its successful implementation, based on comparative compressor performance tests conducted with both refrigerants.

MAHLE

Diego Pivatto Erberelli

Sandro Zalla

Rogério Ponton

Eduardo Salviano

PAP 140 - Consolidação de arquiteturas E/E para veículos híbridos leves: Desafios de nacionalização para OEMs na América do Sul.

Consolidating E/E Architectures for Mild Hybrid Vehicles: Localization Challenges for OEMs in South America

Na América do Sul, consolidar arquiteturas E/E para veículos híbridos leves (MHEV) enfrenta desafios como o desenvolvimento de fornecedores locais, a tropicalização de plataformas e incertezas do mercado. Contudo, o Brasil possui vantagens competitivas globais, unindo sua matriz energética limpa ao uso de biocombustíveis. Nesse cenário, a escolha da topologia é vital. A arquitetura P0 (motor-gerador acoplado via correia) tem menor custo e integração simplificada; a P1 (acoplada ao virabrequim) entrega mais eficiência na regeneração de energia e assistência de torque, garantindo reduções de emissões mais expressivas. O sistema MHEV Flex possui uma pegada de carbono "poço à roda" altamente sustentável, reduz a dependência de minerais críticos para baterias e dispensa infraestrutura de recarga. Além disso, há enorme potencial na logística urbana. O uso de MHEVs em veículos comerciais capitaliza o ciclo stop-and-go, maximizando a recuperação de energia cinética, poupando combustível e mitigando poluentes no last-mile. Superar os gargalos de nacionalização dessas tecnologias é, portanto, estratégico para uma descarbonização inteligente e adequada à realidade sul-americana.

In South America, consolidating E/E architectures for mild hybrid electric vehicles (MHEV) faces challenges such as the development of local suppliers, platform tropicalization, and market uncertainties. However, Brazil possesses global competitive advantages, combining its clean energy matrix with the use of biofuels. In this scenario, the choice of topology is vital. The P0 architecture (belt-driven motor-generator) offers lower costs and simplified integration; the P1 (crankshaft-mounted) delivers.

VALEO

Leticia Santos da Silva
Gustavo Batistela
Giovanni Moneda

PAP 146 - Estimador de Torque em Motores de Combustão Flex-Fuel Utilizando Redes Neurais Artificiais.

Flex-Fuel Engine Torque Estimator Using Artificial Neural Networks.

O torque, uma das variáveis de saída mais críticas em motores de combustão interna, influencia diretamente o desempenho e a dirigibilidade do veículo. Estimar o torque produzido em tempo real é uma tarefa complexa, dada a natureza não linear do motor de combustão e, no caso da tecnologia flex-fuel, à variabilidade na composição do combustível. Para estimar o torque com maior precisão, propõe-se o uso de Redes Neurais Artificiais (RNAs) para estimar o torque do motor em função das diversas variáveis de operação do motor, como pressão no coletor de admissão, tempo de injeção, temperatura do motor e mistura de combustível. A arquitetura da rede neural foi otimizada via grid search, utilizando indicadores de desempenho (KPIs) para a avaliação e comparação dos modelos. O ajuste do número de neurônios nas camadas ocultas permite selecionar as melhores topologias, resultando em um estimador preciso e robusto, apto à implementação na unidade de controle do motor (ECU).

Torque, one of the most critical output variables in internal combustion engines, directly influences vehicle performance and drivability. Estimating torque in real time is a complex issue due to the nonlinearities of the combustion engine and, in the case of flex-fuel technology, the variability in fuel composition. To estimate torque with higher precision, this article proposes the use of Artificial Neural Networks (ANNs) to predict engine torque based on various operating variables, such as manifold absolute pressure (MAP), injection timing, engine temperature, and fuel blend. The neural network architecture was optimized using grid search methodology and, using Key Performance Indicators (KPIs) for model evaluation and comparison. Adjusting the number of neurons in the hidden layers allowed for the selection of the best topologies, resulting in an accurate and robust estimator suitable for implementation in the Engine Control Unit (ECU).

André Vinicius Oliveira Maggio, Escola Politécnica de Universidade de São Paulo
Marcos Henrique Carvalho, Escola Politécnica de Universidade de São Paulo
Paulo Alexandre P. Hayashida, Escola Politécnica de Universidade de São Paulo
Demerson Adami, Escola Politécnica de Universidade de São Paulo
Bruno Silva Pereira, Instituto de Pesquisas Tecnológicas
Armando Antonio Maria Laganá, Escola Politécnica de Universidade de São Paulo
João Francisco Justo Filho, Escola Politécnica de Universidade de São Paulo

PAP 149 - Modelagem do Torque Utilizando Regressão por Processos Gaussianos para Motores Flex-Fuel

Gaussian Process Regression for Torque Modeling in Flex-Fuel Engines.

Os modelos tradicionais de torque utilizados pela unidade de controle do motor (ECU - Engine Control Unit) utilizam mapas de consulta (look-up tables) que representam o torque máximo produzido pelo motor para diferentes condições de rotação e pressão no coletor de admissão, considerando gasolina e etanol comum. Neste artigo, aplicaram-se técnicas de regressão por processos gaussianos com o objetivo de modelar o torque de motores de combustão interna do tipo flex fuel com maior precisão, aumentando o número de variáveis utilizadas. Foram testados diferentes tipos de kernels, e os hiperparâmetros foram otimizados utilizando algoritmos genéticos. Além disso, utilizaram-se indicadores de desempenho (KPIs ? Key Performance Indicators) para avaliar e comparar os modelos obtidos, permitindo a seleção das melhores configurações e a quantificação dos ganhos de desempenho em relação ao modelo tradicional.

Traditional torque models used by the Engine Control Unit (ECU) consist of look-up tables that represent the maximum torque produced by the engine under different operating conditions, such as engine speed and intake manifold pressure, considering both fuels: gasoline and ethanol. This article employs Gaussian Process Regression (GPR) to model the torque of flex-fuel internal combustion engines by expanding the set of input variables and, consequently, improving model accuracy. Different kernel types were tested, and the hyperparameters were optimized using genetic algorithms. Additionally, Key Performance Indicators (KPIs) were used to evaluate and compare the obtained models, allowing the selection of the best configurations and the quantification of performance gains relative to the traditional model.

André Vinicius Oliveira Maggio, Escola Politécnica de Universidade de São Paulo
Marcos Henrique Carvalho, Escola Politécnica de Universidade de São Paulo
Paulo Alexandre P. Hayashida, Escola Politécnica de Universidade de São Paulo
Demerson Adami, Escola Politécnica de Universidade de São Paulo
Bruno Silva Pereira, Instituto de Pesquisas Tecnológicas
Armando Antonio Maria Laganá, Escola Politécnica de Universidade de São Paulo
João Francisco Justo Filho, Escola Politécnica de Universidade de São Paulo

PAP 168 - Modelagem e Controle da Reconfiguração Dinâmica de Fases em um Conversor Boost Interleaved de Quatro Fases Baseado em MPC para Aplicações Automotivas

Modeling and Control of Dynamic Phase Reconfiguration in a Four-Phase Interleaved Boost Converter Based on MPC for Automotive Applications

Este artigo apresenta a modelagem e o controle por Controle Preditivo Baseado em Modelo (MPC) de um conversor boost interleaved de quatro fases com reconfiguração tolerante a falhas para aplicações automotivas. Um modelo dinâmico detalhado é desenvolvido considerando a operação nominal com três fases e a operação reconfigurada com quatro fases em condições de falha. A abordagem proposta permite avaliar cenários de perda de fase, com ênfase na redistribuição de corrente, na estabilidade do sistema e na ativação de uma fase redundante para preservar o desempenho. Resultados de simulação obtidos no MATLAB/Simulink comparam um conversor convencional de três fases controlado por MPC com a topologia reconfigurável proposta. Os resultados demonstram que o sistema de três fases apresenta degradação significativa sob falha, incluindo aumento do estresse de corrente e redução das margens de estabilidade. Em contrapartida, a abordagem proposta mantém operação estável, melhora o compartilhamento de corrente e reduz o estresse nos dispositivos de potência, aumentando a confiabilidade sem comprometer a resposta dinâmica.

This paper presents the modeling and Model Predictive Control (MPC) of a four-phase interleaved boost converter with fault-tolerant phase reconfiguration for automotive applications. A detailed dynamic model is developed considering three-phase nominal operation and four-phase reconfigured operation under fault conditions. The proposed framework enables the evaluation of phase-loss scenarios, emphasizing current redistribution, system stability, and the activation of a redundant phase to preserve performance. Simulation results obtained in MATLAB/Simulink compare a conventional three-phase MPC-controlled converter with the proposed reconfigurable topology. The results demonstrate that the three-phase system exhibits significant degradation under phase failure, including increased current stress and reduced stability margins. In contrast, the proposed approach maintains stable operation, improves current sharing among phases, and mitigates stress on power devices. The strategy enhances reliability and fault tolerance without compromising dynamic response, making it suitable for high-performance automotive power conversion systems, particularly in hybrid and electrified vehicles.

Universidade de São Paulo
Moises William Oliveira Santin