



Projeto de P&D

Sistema Híbrido Ultrassônico-Capacitivo para Análise de Óleo Combustível de Motogeradores

Relatório Atividades

Descrição:

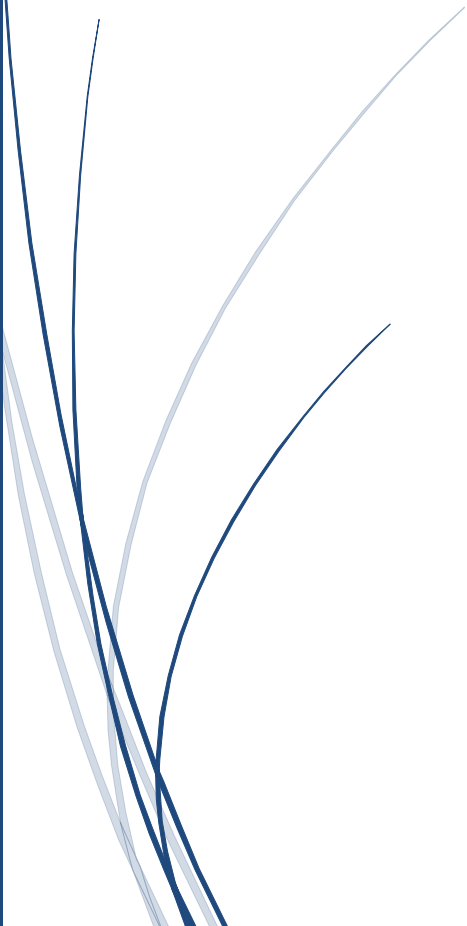
Relatório Final das Atividades Realizadas no Projeto

Relatório MARACANAÚ

F01-00 / Revisão 00

Código ANEEL

PD-06472-0318/2018



Projeto de P&D

Sistema Híbrido Ultrassônico-Capacitivo para Análise de Óleo Combustível de
Moto geradores

Relatório Final

Atividades Realizadas no Projeto

Relatório MARACANAÚ
F01-00 / Revisão 00

Relatório Elaborado por:

Erik Leandro Bonaldi
Coordenador do Projeto
Instituto Gnarus

Germando Araújo da Costa
Gerente do Projeto
Maracanaú Geradora de Energia

Sumário

1	Introdução	1
1.1	IDENTIFICAÇÃO DAS ENTIDADES E RESPECTIVAS EQUIPES EXECUTORAS	1
1.2	HISTÓRICO DA LINHA DE PESQUISA.....	3
2.	Apresentação do Projeto	4
2.1	JUSTIFICATIVA DO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	4
2.2	CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA	5
2.3	OBJETIVOS DO PROJETO	6
2.4	RESULTADOS PRETENDIDOS	7
2.5	PALAVRAS-CHAVES	7
3.	Etapas Desenvolvidas neste Projeto	9
3.1	CRONOGRAMA DE ATIVIDADES	9
3.2	DESCRIÇÃO MENSAL DAS ETAPAS	11
3.2.1	Etapa 1 - Estudo das Técnicas Ultrassônicas e do Projeto Capacitivo para Caracterização do Óleo Combustível	11
3.2.2	Etapa 2 - Desenvolvimento de Hardware e Software	13
3.2.3	Etapa 3 - Ensaio Eletrônicos de Bancada e Testes de Validação	17
3.2.4	Etapa 4 - Ensaio Laboratoriais de Contaminação e para Medição de Vazão	21
3.2.5	Etapa 5 - Desenvolvimento do Protótipo do Sistema de Monitoramento	25
3.2.6	Etapa 6 - Instalação do Protótipo no Campo.....	29
3.2.7	Etapa 7 - Acompanhamento do Desempenho do Protótipo no Campo.....	32
3.2.8	Etapa 8 - Ajustes Finais.....	34
3.2.9	Etapa 9 - Preparação da Documentação Final.....	35
3.2.10	Etapa 10 - Transferência Tecnológica.....	35
4.	Fundamentação Teórica dos Desenvolvimentos Realizados	36
4.1	ÓLEO COMBUSTÍVEL E A ANP	36
4.1.1	Óleo Combustível.....	36
4.1.1.1	Principais componentes e características	38
4.1.1.2	Principais contaminantes.....	40
4.1.1.3	Tipos de óleos combustíveis	41
4.1.2	Resoluções ANP.....	42
4.1.2.1	Resolução ANP No 3 DE 27/01/2016.....	42
4.1.2.2	Adulteração	44
4.2	TÉCNICAS ULTRASSÔNICAS.....	45
4.2.1	Acústica.....	45
4.2.1.1	Tipos de ondas.....	45
4.2.1.2	Ondas periódicas	47
4.2.1.3	Descrição matemática das ondas.....	48
4.2.1.4	Velocidade e aceleração de uma partícula em uma onda senoidal.....	49
4.2.1.5	Velocidade das ondas mecânicas	50

4.2.2	Ondas Ultrassônicas	50
4.2.2.1	Efeito piezoelétrico.....	50
4.2.2.2	Velocidade e a equação das ondas ultrassônicas.....	52
4.2.3	Sistemas Ultrassônicos	53
4.2.3.1	Tipos de transdutores ultrassônicos piezoelétricos	54
4.2.3.2	Resposta em frequência de transdutores ultrassônicos	56
4.2.3.3	Modos de operação de um transdutor ultrassônico	57
4.2.3.4	Métodos de análise	60
5.	Contribuições e Originalidade do Projeto	62
5.1	ESTUDO DE ANTERIORIDADE.....	62
5.1.1	Busca na Base de Projetos da ANEEL.....	62
5.1.2	Busca no Banco de Patentes do INPI	63
5.1.3	Busca no Banco de Patentes dos Estados Unidos	65
5.1.4	Análise das Técnicas utilizadas nas Patentes Existentes.....	66
5.1.5	Produtos Existentes no Mercado	68
5.2	ORIGINALIDADE DO PROJETO	69
5.3	CONTRIBUIÇÃO TEÓRICA AO ESTADO-DA-ARTE	70
5.3.1	Medição de Vazão	70
5.3.1.1	Técnica de medição de vazão por ultrassom	73
5.3.1.2	Transdutores ultrassônicos	73
5.3.1.3	Princípio de medição por tempo de trânsito	77
5.3.1.4	Medidores ultrassônicos de múltiplas trajetórias	79
5.3.2	Estimação do Conteúdo de Água	83
5.3.2.1	Técnica de estimação do conteúdo de água por capacitância	83
5.3.2.2	Características ideais e não ideais de capacitores	83
5.3.2.3	Circuitos de excitação para medição de capacitância	84
5.3.2.4	Cálculo de presença de água	88
5.4	ORIGINALIDADE DOS PRODUTOS DESENVOLVIDOS	89
5.3.1	Modelagem das Partes Mecânicas.....	90
5.3.1.1	Corpo do transdutor central.....	90
5.3.1.2	Corpo do transdutor externo.....	91
5.3.1.3	Front piezo.....	91
5.3.1.4	Berço piezo.....	92
5.3.1.5	Atuador.....	92
5.3.1.6	Tampa.....	93
5.3.1.7	Esquema de montagem dos transdutores.....	93
5.3.1.8	Suporte	94
5.3.1.9	Esquema das etapas de fabricação do Carretel.....	95
5.3.1.10	O’rings.....	97
5.3.1.11	Conectores.....	98
5.3.2	Principais Detalhes de Fabricação das Partes Mecânicas	98
5.3.2.1	Corpo do transdutor central.....	99
5.3.2.2	Corpo do transdutor externo.....	99
5.3.2.3	Front piezo.....	100
5.3.2.4	Berço piezo.....	100
5.3.2.5	Atuador.....	101
5.3.2.6	Tampa.....	101

5.3.2.7	Montagem dos transdutores	102
5.3.2.8	Suporte	102
5.3.2.9	Fabricação do Carretel.....	103
5.3.3	Sensor Capacitivo e Testes com os Transdutores Ultrassônicos.....	105
5.3.4	Apresentação do Hardware Desenvolvido	111
5.3.4.1	Hardware para Análise do Conteúdo de Água em Óleo Combustível	111
5.3.4.2	Hardware para Medição da Vazão de Óleo Combustível	114
5.3.4.3	Hardware para Alimentação dos Componentes do Sistema.....	119
5.3.4.4	Hardware para Controle do Sistema e Aquisição de Dados.....	121
5.3.4.5	Montagem e Teste dos Elementos de Hardware	122
5.3.5	Apresentação do Software Desenvolvido	126
5.3.5.1	Entrada de dados	126
5.3.5.2	Início e Visualização do Monitoramento	127
5.3.5.3	Histórico de coletas	129
5.3.5.4	Sobre o software.....	130
5.3.5.5	<i>Dashboard</i>	131
5.3.6	Inexistência de Produto Similar no Mercado	132
6.	Aplicabilidade e Abrangência do Projeto	134
6.1	ABRANGÊNCIA DA APLICAÇÃO	135
6.2	APLICABILIDADE DA TÉCNICA DESENVOLVIDA A OUTROS PROBLEMAS	136
6.3	TESTES DE FUNCIONALIDADE.....	137
6.3.1	Ensaios e Testes de Hardware	137
6.3.1.1	Ensaios e Testes com o Circuito Capacímetro	138
6.3.1.2	Ensaios e Testes com o Circuito Pulsador	142
6.3.1.3	Ensaios e Testes com o Circuito Temporizador.....	146
6.3.2	Ensaios Controlados em Laboratório	153
6.3.2.1	Ensaios de contaminação de óleo combustível	154
6.3.2.2	Ensaios de medição de tempo de trânsito.....	165
6.3.2.3	Ensaios de medição de vazão no laboratório de modelo reduzido.....	176
6.3.3	Testes em Campo	179
6.3.3.1	O Protótipo Finalizado	179
6.3.3.2	Detalhes da Instalação em Campo.....	183
6.3.3.3	Comunicação Remota e Calibração do Produto.....	185
6.3.3.4	Resultado dos Testes	186
7.	Contribuições e Relevância do Projeto	191
7.1	CONTRIBUIÇÕES E IMPACTOS ECONÔMICOS	191
7.1.1	Contribuições e Impactos Econômicos ligados à Produtividade.....	191
7.1.2	Contribuições e Impactos Econômicos ligados à Qualidade do Fornecimento	192
7.1.3	Contribuições e Impactos Econômicos ligados à Gestão de Ativos	193
7.1.4	Contribuições e Impactos Econômicos ligados ao Mercado de Energia.....	193
7.1.5	Contribuições e Impactos Econômicos ligados à Eficiência Energética.....	194
7.2	CONTRIBUIÇÕES E IMPACTOS TECNOLÓGICOS.....	195
7.2.1	Contribuições e Impactos Econômicos relacionados à Infraestrutura Laboratorial.....	195
7.2.2	Contribuições e Impactos Econômicos relacionados à Propriedade Industrial.....	196
7.2.4	Contribuições e Impactos Econômicos relacionados à Transferência de Conhecimento e à Capacitação Técnica e Tecnológica	200

7.3	CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS	202
7.3.1	Contribuições Científicas relacionadas à Produção Técnico-Científica	202
7.3.1.1	Artigo em Revista Internacional.....	202
7.3.1.2	Artigo em Congresso Internacional.....	204
7.3.2	Contribuições Científicas relacionadas à Titulação em Programas de Pós-Graduação	205
7.4	CONTRIBUIÇÕES E IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS	206
7.4.1	Contribuições e Impactos Socioambientais relacionados aos Riscos e Impactos Ambientais	206
7.4.2	Contribuições e Impactos Socioambientais relacionados aos Riscos e Impactos Sociais	207
7.4.3	Contribuições e Impactos Socioambientais relacionados ao Desenvolvimento de Novas Atividades Socioeconômicas.....	207
7.4.4	Contribuições e Impactos Socioambientais relacionados aos Benefícios para a Sociedade	208
8.	Recursos Empregados e Justificativas	210
8.1	RELAÇÃO DOS VALORES DAS RUBRICAS DAS EXECUTORAS.....	210
8.2	CARGA HORÁRIA DOS PESQUISADORES DO PROJETO DAS EXECUTORAS	211
8.3	DESPESAS DA RUBRICA DE MATERIAL DE CONSUMO	214
8.4	DESPESAS DA RUBRICA DE MATERIAL PERMANENTE E EQUIPAMENTOS	215
8.5	DESPESAS DA RUBRICA DE SERVIÇO DE TERCEIROS.....	215
8.6	DESPESAS DA RUBRICA DE VIAGENS E DIÁRIAS.....	216
8.6	DESPESAS DA RUBRICA OUTROS	217
8.7	RELAÇÃO DAS NOTAS FISCAIS EMITIDAS PELO INSTITUTO GNARUS E IATI	219
9.	Razoabilidade dos Custos	221
9.1	ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA.....	221
10.	Conclusões.....	224
11.	Anexos	229
11.1	PEDIDO DE PATENTE DE INVENÇÃO JUNTO AO INPI	229
11.2	SLIDES DO PROCESSO DE TRANSFERÊNCIA TECNOLÓGICA	270
11.3	ARTIGO PUBLICADO EM REVISTA INTERNACIONAL.....	326
11.4	ARTIGO PUBLICADO EM CONGRESSOEVISTA INTERNACIONAL	334
11.5	TESE DE DOUTORADO (PÁGINAS INICIAIS)	341
11.6	NOTAS FISCAIS DA RUBRICA MATERIAL DE CONSUMO	357
11.7	NOTAS FISCAIS DA RUBRICA MATERIAL PERMANENTE E EQUIPAMENTOS.....	368
11.8	NOTAS FISCAIS DA RUBRICA SERVIÇOS DE TERCEIROS	372
11.9	NOTAS FISCAIS DA RUBRICA VIAGENS E DIÁRIAS.....	376
11.10	NOTAS FISCAIS DA RUBRICA OUTROS	402
11.11	NOTAS FISCAIS EMITIDAS PELO INSTITUTO GNARUS	410
11.12	NOTAS FISCAIS EMITIDAS PELO IATI	439