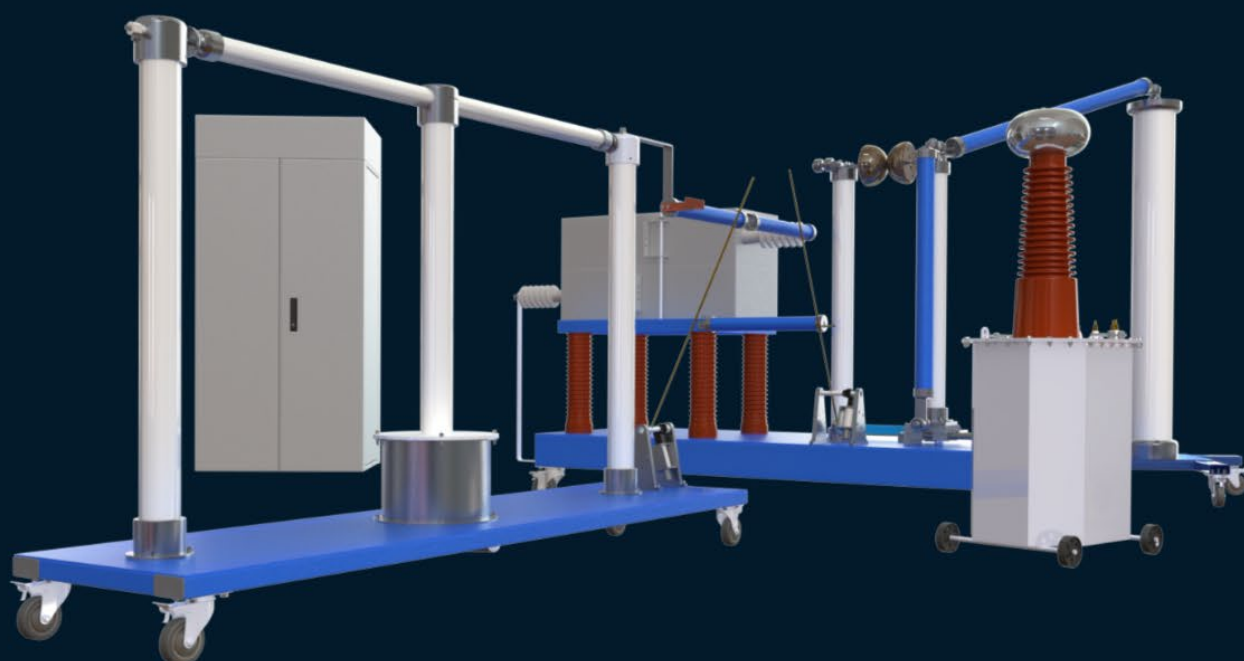


DATASHEET

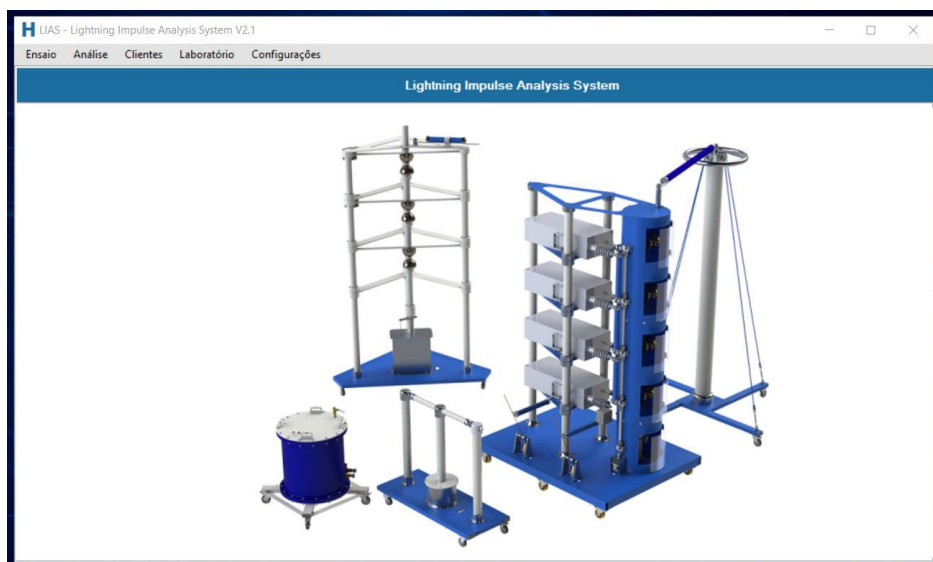
Gerador de Sobretensão em Espiras de Reatores



Gerador de Sobretensão em Espiras de Reatores

Modelo Ensaio de sobretensão entre espiras (Turn-to-turn test)

O Gerador de Sobretensão em Espiras de Reatores da HVEX é um sistema de ensaio de alta tensão projetado para avaliar a integridade do isolamento longitudinal (entre espiras) de reatores a seco com núcleo de ar. Trata-se de um equipamento de fabricação nacional, personalizável às necessidades de cada cliente, que submete a bobina a uma série de sobretensões impulsivas para atestar a robustez do dielétrico e detectar falhas incipientes antes da inserção do reator na rede elétrica.



Conjunto completo do sistema de ensaio de sobretensão HVEX.

1. Aplicação

A integridade do isolamento entre espiras é um dos fatores mais críticos para a confiabilidade e a vida útil de reatores de potência. Durante a operação no sistema elétrico, esses equipamentos estão sujeitos a solicitações elétricas severas e transitórios rápidos que podem degradar o dielétrico e provocar curtos-circuitos internos irreversíveis. O ensaio de sobretensão entre espiras (Turn-to-turn test) é indispensável durante a concepção e a fabricação dessas máquinas para certificar a qualidade da bobina.

- Ensaio de isolamento longitudinal (entre espiras) de reatores a seco com núcleo de ar.
- Certificação de qualidade e detecção de falhas incipientes, degradação ou curtos-circuitos entre espiras adjacentes.
- Aplicável a reatores e máquinas rotativas submetidos a tensões impulsivas repetitivas.

2. Princípio de funcionamento

Diferentemente dos geradores de impulso atmosférico convencionais — que utilizam múltiplos estágios (circuito multiplicador de Marx) —, este equipamento opera por descarga capacitiva de estágio único. Um banco de capacitores é carregado em corrente contínua por meio de uma fonte elevadora associada a um diodo retificador de alta tensão e a um resistor de carregamento. Ao atingir a distância de ruptura ajustada entre as calotas de cobre do centelhador, o arco elétrico se forma e a energia é injetada de forma direta sobre os terminais do reator sob ensaio.

A forma de onda resultante é um impulso oscilatório amortecido (senoidal amortecida exponencialmente), com tempo de frente abrupto — similar ao de um impulso atmosférico — para garantir o estresse dielétrico máximo nas primeiras espiras. A frequência de oscilação é definida pela ressonância natural (circuito RLC) entre a capacitância do gerador e a indutância do próprio reator testado, situando-se tipicamente na faixa de 1 kHz a 100 kHz. Para atestar a robustez do isolamento, o equipamento submete o reator a não menos que 7200 sobretensões (descargas) na magnitude requerida.

O diagnóstico consiste em registrar a última descarga em tensão plena e sobrepor-lá a uma descarga de referência realizada previamente em tensão reduzida. Como a bobina atua como parte ativa da malha ressonante, qualquer falha entre espiras altera a indutância efetiva da máquina: as curvas deixam de se sobrepor, evidenciando um deslocamento da frequência de oscilação e o aumento do amortecimento do sinal — indicativo claro de falha no isolamento.

3. Estrutura e componentes

O sistema é composto por módulos independentes, projetados para acúmulo e rápida transferência de alta energia, com total conformidade às exigências normativas de segurança:



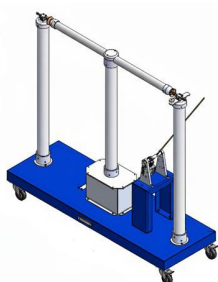
Painel de potência

Interface entre a rede elétrica de entrada e o fornecimento de energia para os ensaios. Reúne transformadores de isolamento entre fonte e carga, CLP, emissor ótico para envio do sinal de gatilho, hardware de aquisição de dados e os sistemas de automação, controle e proteção.



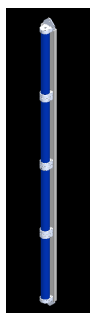
Fonte elevadora (Hipot)

Transformador elevador com tanque auto-isolante em fibra de vidro com resina epóxi, que eleva a tensão de alimentação para dezenas de milhares de volts. Responsável pela carga em corrente contínua do banco capacitivo.



Módulo de diodo

Montado sobre base metálica com rodízios e integrado à malha de aterramento. Abriga o diodo de alta tensão e um divisor resistivo que monitora continuamente a tensão retificada de saída.



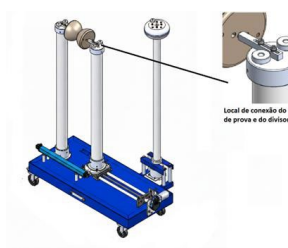
Resistores de série

Conjunto de quatro unidades associadas em série que limitam a corrente durante a fase de carga e distribuem o estresse de alta tensão ao longo da cadeia resistiva, protegendo a torre de capacitores.



Torre de capacitores

Banco capacitivo sustentado por estrutura vertical em colunas tubulares de fibra de vidro, garantindo os distanciamentos dielétricos e a estabilidade mecânica. Base com rodízios e conexão dedicada ao aterramento principal.



Módulo de movimentação das calotas (centelhador)

Comanda o disparo da energia. As calotas de cobre são posicionadas por motoredutor com ajuste milimétrico do gap, monitorado por régua potenciométrica, definindo com precisão a tensão de ruptura. Integra o divisor de tensão de medição, blindado contra EMI.



Sistema de aterramento

Mecanismo mecânico de bloqueio elétrico e descarga controlada da alta tensão, mantendo o circuito em estado de energia zero e seguro nas etapas de preparação e imediatamente após os ensaios.

- **Computador com software HVEX LIAS:** comunica via IP com os componentes do painel para configurar os níveis de tensão, controlar os disparos e analisar matematicamente a sobreposição dos oscilogramas.

4. Software LIAS

O LIAS (Lightning Impulse Analysis System) é o sistema de aquisição, controle e análise do gerador. Por suas abas — Ensaio, Análise, Clientes, Laboratório e Configurações — o operador parametriza e conduz todo o ensaio. O software realiza o processamento automatizado dos oscilogramas, incluindo o cálculo do tempo de frente do primeiro pico por interpolação (30 % a 90 % da crista), dispensando o cálculo manual e garantindo precisão e rastreabilidade na validação dos parâmetros normativos.

5. Normas aplicáveis

O equipamento é projetado em estrita conformidade com as normas internacionais e nacionais vigentes para técnicas de ensaios em alta tensão, com destaque para a IEEE C57.16 (reatores a seco com núcleo de ar):

IEC 60076-11	IEEE C57.16	NBR 5356-1
IEC 60060-1	IEC 60060-2	IEEE Std C57.12.01

6. Segurança

RISCO DE MORTE — O gerador opera com tensões de até 200 000 V. Todos os ensaios, instalações e calibrações devem ser realizados exclusivamente por pessoas treinadas e qualificadas. Mesmo após o ensaio, os capacitores podem reter carga residual: aterre cada unidade por, no mínimo, 5 segundos com a vara de aterramento antes de qualquer contato.

7. Especificações técnicas

ALIMENTAÇÃO	
Tensão	220 V f-f trifásico
Frequência	60 Hz
Corrente máxima	180 A
ESTÁGIO DE GERAÇÃO	
Quantidade de estágios	1 (descarga capacitiva de estágio único)
Tensão de carga	150 kV
Tensão máxima	± 200 kV
Tensão mínima	> 10 %
Capacitância	10 nF
Energia	5 kJ
Energia máxima	5 kJ
Resistor de série	80 kΩ
RETIFICADOR	
Polaridade	Controle motorizado
Fonte	45 kVA
Tensão	-200 kVDC a +200 kVDC
Corrente	Controle ativo
MEDIÇÃO E CONTROLE	
Divisor resistivo (carga)	Primário: 1 MΩ Secundário: 25 kΩ Precisão 1 % — relação 40:1
Divisor resistivo (medição)	Primário: 1 MΩ Secundário: 125 kΩ Precisão 1 % — relação 8:1
Osciloscópio	Rohde & Schwarz
Taxa de amostragem	2,5 GSample/s
Resolução	10 bits
Canais	2
EFICIÊNCIA	
Eficiência a vazio	80 %
Eficiência mínima	85 %
CONDIÇÕES AMBIENTAIS	
Umidade relativa	≤ 95 % sem condensação
Altitude	1000 m
Temperatura de operação	10 °C a 40 °C



☎ 35 3622-2699

✉ contato@hvex.com.br

🌐 www.hvex.com.br

📍 R. Ismael Pinto de Noronha, 86,
Nossa Sra. de Fatima, Itajubá-MG