Teletronix®
Equipamentos para Radiodifusão

TRANSMISSOR

TE8900AR-BII

TV 3.0 / DTV+

MIMO 5kW + 5kW

REFRIGERAÇÃO A AR



5KW+5KW = 10KW
5KW POR POLARIZAÇÃO
APÓS OS FILTROS

ARQUITETURA MIMO
DUAS CADEIAS
INDEPENDENTES

AMPLIFICAÇÃO LD-MOS DOHERTY
POR POLARIZAÇÃO
APÓS OS FILTROS

ALTA DISPONIBILIDADE
REDUNDÂNCIA E
HOT SWAP

BAIXO CONSUMO DE ENERGIA
OPERAÇÃO EFICIENTE
E SUSTENTÁVEL

REFRIGERAÇÃO A AR
ROBUSTEZ E
CONFIABILIDADE

Central de Atendimento:
35 3771.3700
contato@teletronix.com.br
www.teletronix.com.br

Qualidade Total Empresa Certificada ISO 9001

Indicado pelos melhores engenheiros do Brasil.

ALWAYS ON AIR TECHNOLOGY

SOLUÇÕES DE RF EM FM & TV

CONFIABILIDADE EM CADA WATT

VISA MasterCard AMERICAN EXPRESS Cartão BNDES

TRANSMISSOR MODELO TE8900AR-BII, FORMANDO DUAS CADEIAS DE TRANSMISSÃO EQUIVALENTES E INDEPENDENTES, UMA DESTINADA A CADA POLARIZAÇÃO DO SISTEMA MIMO 5KW+5KW REFRIGERADO A AR.



DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO

A Teletronix apresenta sua solução técnica para o Sistema de Transmissão DTV+ , concebida para operação no novo espectro destinado à radiodifusão e estruturada para atender à arquitetura de transmissão MIMO, composta por duas cadeias de RF correspondentes às polarizações horizontal e vertical.
A solução é baseada em transmissores de construção modular, instalados em racks padrão 19 polegadas, permitindo elevada modularidade, facilidade de manutenção, expansão, substituição de módulos e continuidade operacional.
Para a potência de 5 kW por polarização após o respectivo filtro de máscara, a Teletronix apresenta o transmissor modelo TE8900AR-BII, formando duas cadeias de transmissão equivalentes e independentes, uma destinada a cada polarização do sistema MIMO.
Arquitetura geral de cada cadeia de transmissão
Cada conjunto de transmissão é organizado em rack de 19 polegadas e constituído, de forma geral, pelos seguintes subsistemas:
1.Transmissor Teletronix TE8900AR-BII, dimensionado para atendimento à potência especificada;
2.Módulo de Controle Teletronix MD1000, ocupando 2 unidades de rack (2U), responsável pelas funções de controle, monitoração e supervisão do conjunto;
3.Modulador/Excitador Digital Teletronix TE8001E, baseado na plataforma ENENSYS Vortex III, destinado à geração do sinal DTV+/ATSC 3.0;
4.Amplificador Intermediário/Excitador Teletronix TE6030A, com potência de saída de até 300 W;
5.Gavetas modulares de amplificação de potência, responsáveis pela geração da potência final de RF;
6.Unidade Main Power Teletronix TCD125, destinada à distribuição, proteção e seccionamento elétrico dos diferentes módulos do sistema;
7.Sistema combinador de potência RF Teletronix ShieldLine-Gysel;
8.Sistema de filtragem de RF, composto por filtros balanceados e filtro passa-baixas complementar;
9.sistemas auxiliares de alimentação, controle, monitoração, proteção e refrigeração.

Gavetas de amplificação de potência

A arquitetura de potência do transmissor é inteiramente modular.
Cada gaveta de potência utiliza oito dispositivos MOSFET LDMOS da AMPLEON, implementados em módulos com arquitetura Doherty. Cada dispositivo possui capacidade nominal de até 250 W para operação na faixa de VHF.
Entretanto, visando ampliar a margem de segurança, confiabilidade e vida útil dos semicondutores, cada dispositivo é utilizado com potência média de aproximadamente 120 W, equivalente a cerca de 48% de sua capacidade nominal.
Consequentemente, cada gaveta possui capacidade de fornecer aproximadamente:
$8 \times 120\ W = 960\ W$ de potência média de RF em operação com sinal ATSC 3.0.
Essa filosofia de dimensionamento mantém os dispositivos de potência afastados de seus limites máximos de operação, contribuindo para maior robustez térmica e elétrica e elevada confiabilidade em regime contínuo.

FAIXA DE FREQUÊNCIA

FAIXA VHF; BANDA – I: CANAIS 7 – 13 – (174-216 MHZ) ; BANDA – II (250–298 MHZ)

O Sistema de Transmissão DTV+ MIMO , transmissor TE8900AR-BII, é projetado para operar na faixa de frequências , compreendida entre174-216; 250 - 298 MHz, com frequência central no canal correspondente e largura de canal de 6 MHz, atendendo ao requisito estabelecido na Resolução 798 - ANATEL.

O sistema de modulação/excitação Teletronix TE8001E, baseado na plataforma ENENSYS Vortex III, possui faixa de geração de RF de 54 MHz a 862 MHz, contemplando plenamente a frequência de operação da Resolução 798.

A frequência de saída é programável em passos de 1 Hz, com precisão especificada de 0,2 Hz, permitindo elevada precisão no ajuste da frequência central de operação.

Para operação no padrão TV 3.0/DTV+, o sistema utiliza modulação baseada em ATSC 3.0.

POTÊNCIA DE OPERAÇÃO COM 5KWATTS

O transmissor TE8900AR-BII, é dimensionado para disponibilizar potência média de RF mínima de 5 kW por polarização, medida na saída do respectivo filtro de máscara, em regime permanente de operação.

O sistema MIMO é constituído por duas cadeias de transmissão independentes, correspondentes às duas polarizações, sendo cada uma dimensionada de forma que as perdas introduzidas pelo sistema combinador, interligações de RF e filtro de máscara sejam consideradas no balanço de potência. Dessa forma, a potência de RF gerada antes da filtragem é superior a 5 kW, garantindo a disponibilização de no mínimo 5.000 W de potência média efetiva após o filtro de máscara de cada polarização.

A etapa final de potência de cada cadeia utiliza arquitetura modular composta por seis gavetas de amplificação, permitindo operar os dispositivos LDMOS com margem em relação à sua capacidade máxima e possibilitando o ajuste da potência necessária para compensação das perdas da cadeia de RF.

MONITORAÇÃO

MONITORAÇÃO	TRANSMISSOR
Potência direta/refletida	Disponível – Local – Remota – Celular - Telemetria
VSWR	Disponível – Local – Remota – Celular - Telemetria.
PAs	DRW-1000.
Fontes	ELTEK redundantes.
Tensões/correntes	Disponível – Local – Remota – Celular - Telemetria.
Temperaturas	Disponível – Local – Remota – Celular - Telemetria.
Refrigeração	Ventilação propria por ventiladores redundantes.
Excitadores/redundância	1+1 Dois Moduladores/Amplificadores – Sincronizados
Chaveamento/intertravamentos	Disponível
Alarmes/histórico	Supervisão, telemetria, eventos e alarmes previstos.

PROTEÇÕES

PROTEÇÕES	TRANSMISSOR
VSWR/refletida	Disponível – Local – Remota – Celular - Telemetria.
Sobretemperatura	Disponível – Local – Remota – Celular - Telemetria.
Refrigeração	Proteção de temperature e rotação.
PA/fonte	Arquitetura modular e fontes redundantes.
Sobrecorrente/sobretensão/subtensão	Proteções elétricas via sistema/TCD125.
Chaveamento	Manual com Intertravamentos .

INTEGRAÇÃO

INTEGRAÇÃO	TRANSMISSOR
Local/remoto IP	SNMP – Local/Remoto Celular - Aplicativo
SNMP/versão/MIB	SNMP; versão/MIB2.
API/protocolo aberto	Disponível.
Histórico/exportação	Histórico previsto/ exportação.
Autenticação/acesso	Disponível.

GAVETAS DE POTÊNCIA

Alimentação das gavetas de potência e redundância

Considerando a configuração definida para o transmissor, cada cadeia de transmissão utiliza 6 gavetas de potência para gerar aproximadamente 5.750 W de RF antes do filtro, correspondendo a uma potência média de aproximadamente 958 W de RF por gaveta.

Cada gaveta é constituída por 8 módulos amplificadores LDMOS em arquitetura Doherty. Dessa forma, cada módulo opera com potência média de aproximadamente:

958 W ÷ 8 ≈ 120 W de RF por módulo.

Considerando a eficiência DC/RF de aproximadamente 48%, confirmada para essa condição de operação com sinal ATSC 3.0, cada módulo demanda aproximadamente:

120 W ÷ 0,48 ≈ 250 W de potência elétrica.

Consequentemente, o conjunto dos oito módulos amplificadores de cada gaveta apresenta consumo elétrico da ordem de:

8 × 250 W ≈ 2.000 W por gaveta de potência.

Cada gaveta é equipada com duas fontes de alimentação ELTEK de 3.000 W, totalizando 6.000 W de capacidade instalada, para uma demanda nominal dos módulos de potência da ordem de 2.000 W.

Essa configuração proporciona elevada margem de dimensionamento e, principalmente, permite a operação das fontes em arquitetura redundante, uma vez que uma única fonte ELTEK de 3.000 W possui capacidade suficiente para alimentar integralmente os módulos de potência da gaveta na condição nominal de operação.

Dessa forma, em caso de falha isolada de uma das fontes, a segunda unidade possui capacidade para assumir integralmente a alimentação da gaveta, permitindo a continuidade da operação sem interrupção da respectiva etapa de amplificação.

Adicionalmente, a operação dos módulos em aproximadamente 120 W de RF por dispositivo, frente à capacidade nominal de 250 W de cada LDMOS, proporciona significativa margem operacional aos semicondutores de potência, contribuindo para redução do estresse térmico e elétrico e para o aumento da confiabilidade e da vida útil dos dispositivos.

TABELA 1 – Características básicas da gaveta de potência

Característica	Valor
Tecnologia dos semicondutores	MOSFET LDMOS
Fabricante	AMPLEON
Arquitetura	Doherty
Transistores por gaveta	8
Capacidade nominal por transistor	250 W
Potência média utilizada por transistor	120 W
Margem em relação à potência nominal	aproximadamente 48%
Potência média RF por gaveta	aproximadamente 960 W
Rendimento do módulo	aproximadamente 48%



GAVETAS DE POTÊNCIA



Fontes Hot Swap destacaveis

Modularidade da etapa de potência

A arquitetura do Transmissor utiliza **seis** gavetas de potência no conjunto destinado à obtenção da potência requerida, permitindo operar os módulos com folga de potência e selecionar o ponto operacional adequado para obtenção de elevada qualidade espectral, particularmente quanto ao MER e aos níveis de ombro do sinal OFDM.

A utilização de múltiplas gavetas também proporciona elevada granularidade de potência e tolerância a falhas, uma vez que a indisponibilidade isolada de uma unidade não implica necessariamente a interrupção integral da cadeia de transmissão.

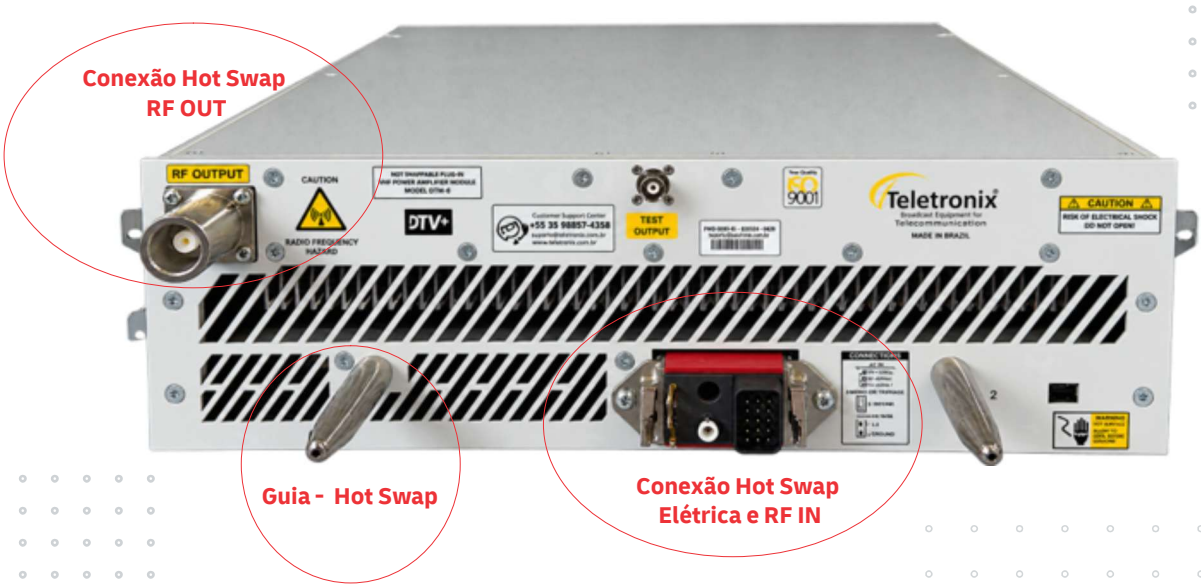
TABELA 2 – Configuração da etapa de potência

Parâmetro	Configuração Teletronix
Gavetas de potência instaladas	6
Módulos LDMOS por gaveta	8
Total de módulos LDMOS	48
Potência média nominal utilizada por módulo	120 W
Capacidade aproximada por gaveta	2000 W
Fontes por gaveta	2 × ELTEK 3.000 W
Tecnologia	LDMOS Doherty
Substituição de gavetas	Hot Swap

GAVETAS DE POTÊNCIA

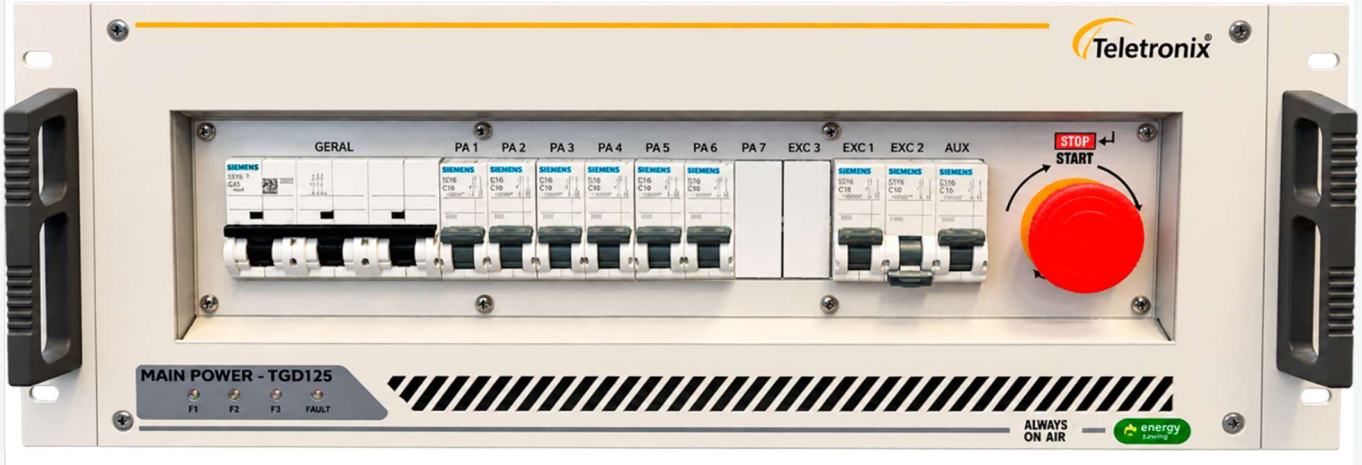
Tecnologia Hot Swap – substituição a quente das gavetas

Todas as gavetas de potência do transmissor possuem tecnologia **Hot Swap**, permitindo sua remoção e substituição sem a necessidade de desligamento integral do transmissor.
Essa característica foi incorporada à arquitetura com o objetivo de reduzir os tempos de manutenção e aumentar a disponibilidade do sistema.
Em eventual falha de uma gaveta, a unidade afetada poderá ser retirada para manutenção enquanto as demais unidades permanecem em funcionamento, respeitados os procedimentos operacionais e de segurança previstos para o equipamento.



Unidade Main Power TGD125

Na parte inferior do conjunto encontra-se a Unidade Main Power Teletronix TGD125, responsável pela distribuição e proteção elétrica dos diferentes módulos que constituem o transmissor.
Nessa unidade encontram-se os dispositivos de proteção e seccionamento dos principais subsistemas, possibilitando a atuação individualizada sobre os circuitos.
A unidade dispõe ainda de dispositivo geral de parada de emergência, por meio de botão rotativo de acionamento manual, destinado ao desligamento seguro do sistema em situações que assim o exijam.



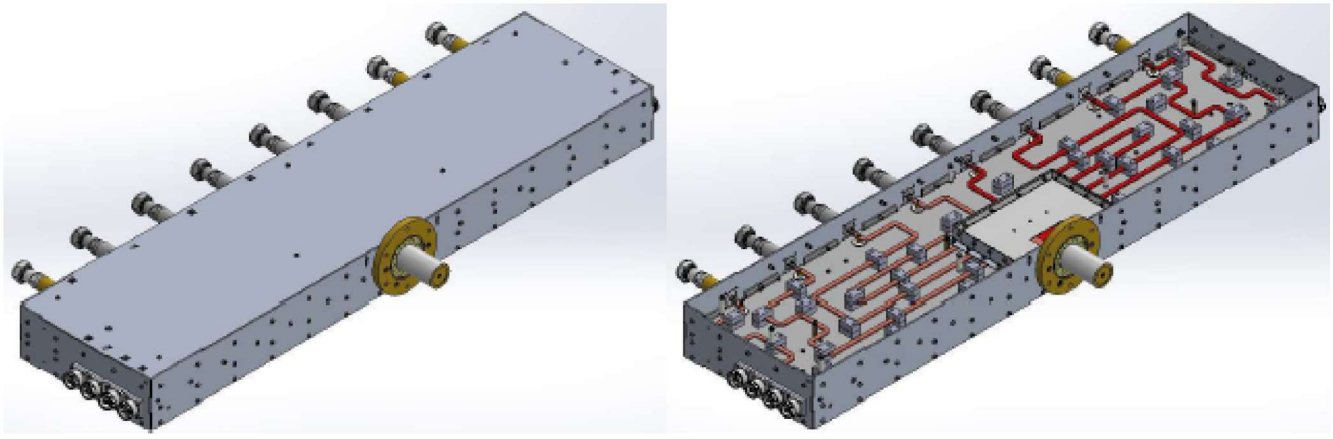
COMBINADOR DE RF

Sistema combinador de potência RF

Para a combinação das saídas das gavetas de potência é utilizada uma arquitetura derivada da tecnologia proprietária desenvolvida pela Teletronix para a família de combinadores **TEL-ShieldLine-Gysel**.
A concepção utiliza tecnologia do tipo Gysel, com estrutura integralmente blindada e linhas de transmissão do tipo strip-line multicamadas.
Diferentemente de arquiteturas baseadas predominantemente em comprimentos de cabos coaxiais convencionais para realização da combinação, a tecnologia ShieldLine-Gysel utiliza uma construção mecânica composta por camadas blindadas superpostas e interligadas, proporcionando um conjunto compacto, mecanicamente robusto e adequado à operação contínua em elevada potência.
As linhas strip-line são construídas em latão maciço com espessura de 5 mm, recebendo banho de prata de elevada espessura. Essa construção tem por finalidade reduzir as perdas condutivas, aumentar a capacidade de condução das correntes de RF e reduzir a elevação térmica do conjunto.
Entre as principais características da arquitetura destacam-se:

- baixas perdas de inserção;
- elevada isolação entre as portas;
- elevada blindagem entre as diferentes camadas;
- estabilidade térmica e elétrica em operação contínua;
- robustez mecânica;
- possibilidade de ajustes finos para otimização do casamento de impedância;
- distribuição equilibrada de potência;
- elevada confiabilidade para aplicações profissionais de radiodifusão.

A tecnologia ShieldLine-Gysel já é empregada pela Teletronix em seus combinadores para radiodifusão FM, sendo a presente solução adaptada e dimensionada especificamente para a faixa de frequência, potência e características do sistema DTV+.

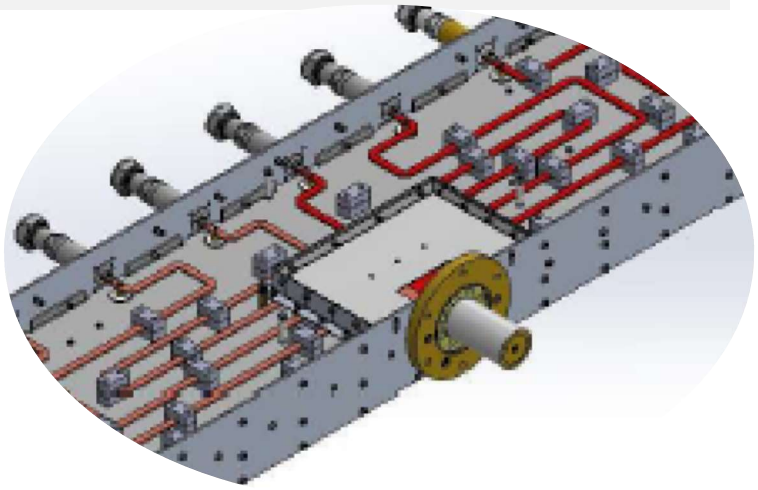


Combinador - Shield Line- Gysel - modelo com oito portas no caso em tela 6 portas

COMBINADOR - FILTRO DE MÁSCARA

TABELA 3 – Características do combinador DTV+

Parâmetro	SHLINE-VHF-6-1500
Tecnologia	Gysel / ShieldLine
Número de entradas	6
Frequência central	274 MHz - BII
Impedância	50 Ω
Potência Max. por entrada	1500 Watts
Potência total admissível	9.000 Watts
Perda de inserção	0,15dB
Isolação entre portas	>30dB
Return Loss	> 30dB
VSWR	< 1,065 :1
Material das strip-lines	Latão maciço
Espessura	5 mm
Acabamento	Prateado
Refrigeração	natural



Sistema de filtragem

O sistema de filtragem de cada cadeia de transmissão é constituído por um conjunto de dois filtros de 3000 W, operando em configuração ***balanceada de impedância constante.***

A utilização da arquitetura balanceada tem como objetivo *proporcionar elevada estabilidade da impedância apresentada aos estágios de potência do transmissor, além de possibilitar baixa perda de inserção e adequada capacidade de potência.*

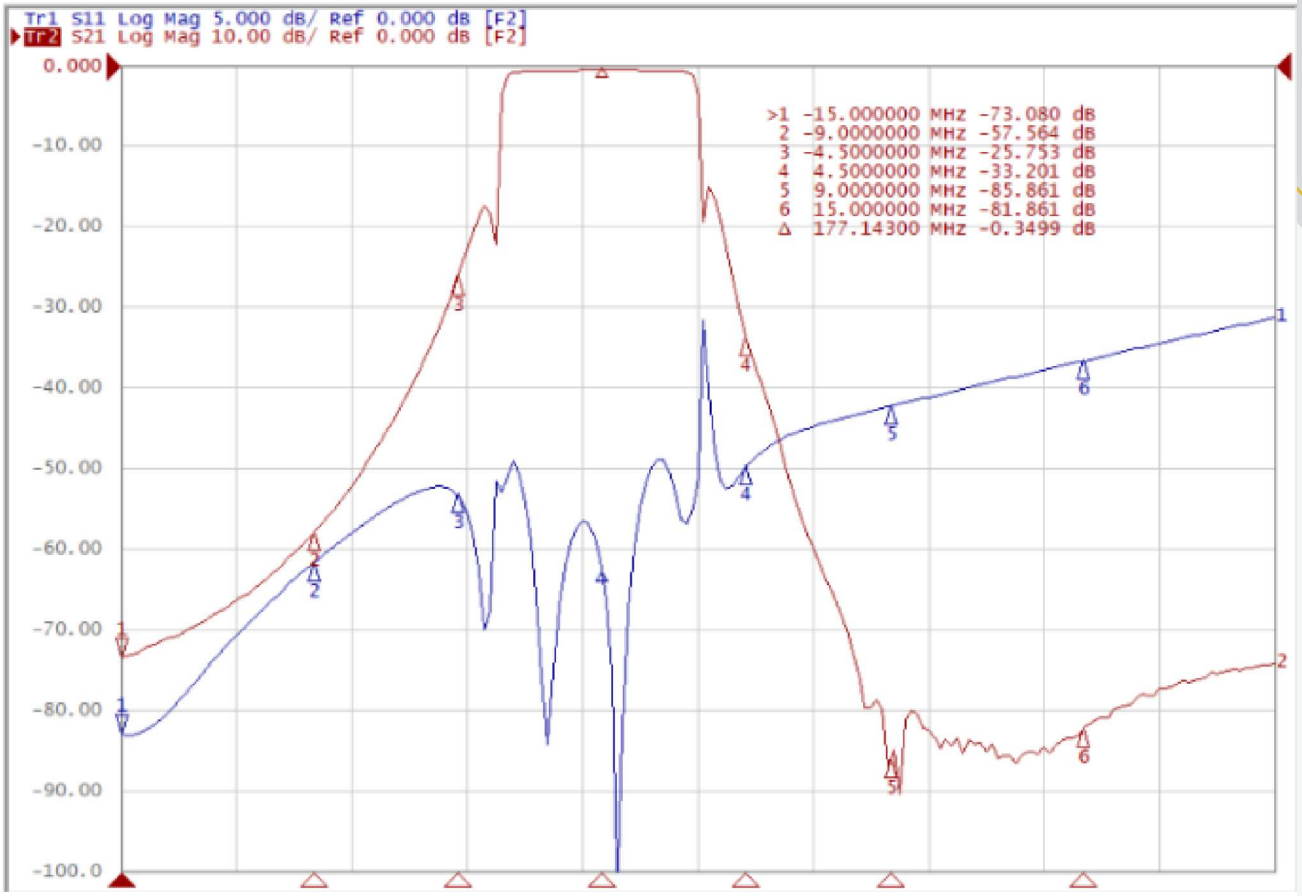
Após o conjunto principal de filtragem é utilizado adicionalmente um filtro passa-baixos, destinado a complementar a rejeição das componentes harmônicas, particularmente do segundo harmônico.

As características detalhadas de perda de inserção, Return Loss, VSWR, potência média e de pico, dissipação térmica e resposta espectral serão apresentadas a seguir.

TABELA 4 – FILTROS DE MÁSCARA

Parâmetro	Filtro - Teletronix
Tecnologia/arquitetura	2 filtros 3.000 W balanceados + passa-baixas.
Faixa/largura de banda	Faixa VHF; Banda – I: Canais 7 – 13 – (174-216 MHz) ; Banda – II (250–298 MHz) ; Canal: 6 MHz.
Potência média/pico	2 × 3.000 W/ 7kw.
Perda de inserção	<0,34 +/- 0,0572.NdB@CF - MHz
Return Loss/VSWR	>36,883dB .
Potência dissipada MIMO	750W.
Operação 24×7	Operacional.
Margem técnica	0,1144 dB
Fator de acoplamento/diretividade	>27dB.

FILTRO MÁSCARA CRÍTICA - BALANCEADO - IMPEDÂNCIA CONSTANTE



Filtro ajustado para VHF Banda - I - (CH7) - 177,143 MHz - para Banda II (250-298 MHz) o comportamento é equivalente ao da figura acima

Sistema de filtragem

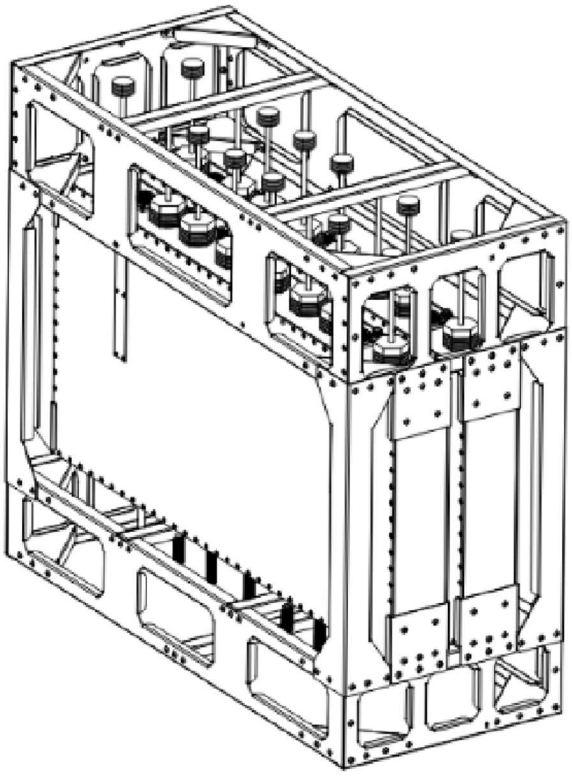
O sistema de filtragem de cada cadeia de transmissão é constituído por um conjunto de dois filtros de 3000 W, operando em configuração ***balanceada de impedância constante.***

A utilização da arquitetura balanceada tem como objetivo *proporcionar elevada estabilidade da impedância apresentada aos estágios de potência do transmissor, além de possibilitar baixa perda de inserção e adequada capacidade de potência.*

Após o conjunto principal de filtragem é utilizado adicionalmente um filtro passa-baixos, destinado a complementar a rejeição das componentes harmônicas, particularmente do segundo harmônico.

As características detalhadas de perda de inserção, Return Loss, VSWR, potência média e de pico, dissipação térmica e resposta espectral serão apresentadas a seguir.

FILTRO MÁSCARA CRÍTICA - BALANCEADO - IMPEDÂNCIA CONSTANTE



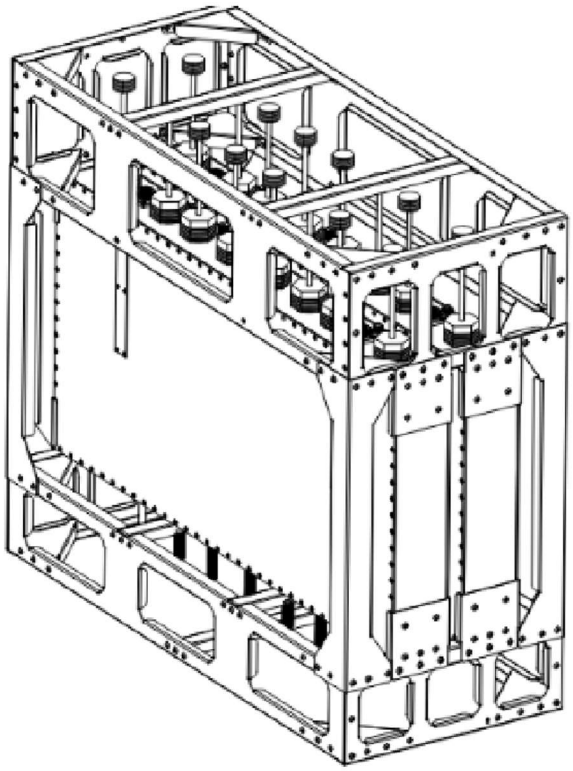




DIAGRAMA EM BLOCOS DO CONJUNTO - MIMO

DIAGRAMA GERAL DO CONJUNT - Tx1 VHF VERTICAL - Tx2 VHF HORIZONTAL

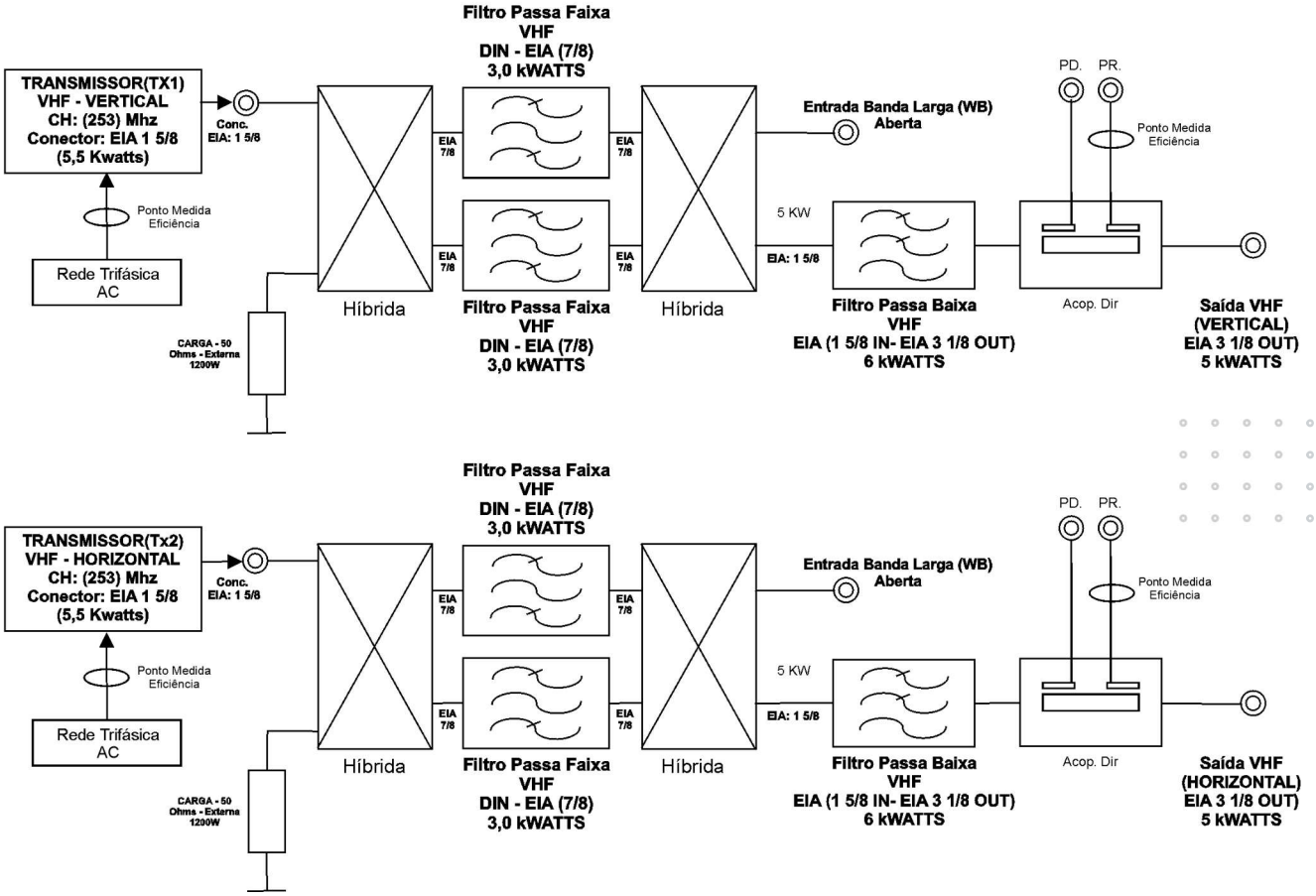


DIAGRAMA GERAL DO CONJUNTO DE TRANSMISSÃO

Tx1 – VHF POLARIZAÇÃO VERTICAL | Tx2 – VHF POLARIZAÇÃO HORIZONTAL

1. Descrição Geral do Sistema

O sistema de transmissão desenvolvido pela TELETRONIX foi concebido para operação na faixa de VHF, destinado à TV 3.0, empregando tecnologia MIMO (Multiple Input, Multiple Output), com dois caminhos independentes de transmissão, operando em polarizações ortogonais.

A arquitetura contempla dois conjuntos de transmissão:

Tx1 – Polarização Vertical: responsável pela geração, amplificação, filtragem e transmissão do sinal de radiofrequência (RF) na polarização vertical.

Tx2 – Polarização Horizontal: responsável pela geração, amplificação, filtragem e transmissão do sinal de radiofrequência (RF) na polarização horizontal.

Na configuração MIMO, os dois caminhos transmitem sinais distintos, sincronizados e coordenados, compartilhando a mesma faixa de frequência, permitindo a exploração da diversidade espacial e de polarização, conforme os parâmetros estabelecidos para o sistema de TV 3.0.

2. Arquitetura de RF com Impedância Constante

A solução de transmissão apresentada pela TELETRONIX adota uma arquitetura de radiofrequência baseada no princípio de impedância constante, desenvolvida para proporcionar elevada estabilidade operacional, maior proteção aos dispositivos

DIAGRAMA EM BLOCOS DO CONJUNTO - MIMO

semicondutores de potência e melhor isolamento entre os estágios de amplificação e o sistema irradiante.
O diferencial dessa arquitetura consiste na utilização de um conjunto composto por dois filtros de RF associados a uma estrutura de divisão e recombinação de potência.
Nesse arranjo, a potência de radiofrequência proveniente do transmissor é dividida em dois caminhos, de modo que, em condições nominais, cada filtro processe aproximadamente 50% da potência total de entrada.
Após a filtragem, os sinais são recombinados de forma coerente, resultando na potência total disponível na saída do conjunto, descontadas as perdas inerentes aos componentes.
Essa configuração permite distribuir os esforços elétricos e térmicos entre os elementos filtrantes, ao mesmo tempo que proporciona condições favoráveis à estabilidade da impedância apresentada aos estágios amplificadores.

3. Estabilidade de Impedância e Proteção dos Transistores de RF

Uma das principais vantagens da solução TELETRONIX é a capacidade de proporcionar uma impedância de entrada mais estável em uma faixa de frequências ampliada, quando comparada a determinadas configurações convencionais de filtragem diretamente acopladas ao transmissor.
Em sistemas convencionais, variações de impedância, especialmente fora da faixa de passagem do filtro, podem produzir reflexões de RF e condições desfavoráveis de casamento, submetendo os transistores de potência a esforços elétricos adicionais.
Na arquitetura de impedância constante, a rede de combinação e filtragem é projetada para manter condições de casamento mais uniformes ao longo de uma faixa de frequências mais ampla do que a largura nominal do canal de transmissão.
Consequentemente, os módulos amplificadores e seus respectivos transistores de potência passam a operar diante de uma impedância de carga mais previsível e controlada.

Essa característica proporciona importantes benefícios:

Maior estabilidade de casamento de impedância: redução das variações de carga apresentadas aos estágios amplificadores de RF.
Proteção dos transistores de potência: diminuição da exposição a condições severas de descasamento e reflexões de RF, reduzindo os riscos de falhas e danos aos semicondutores.
Maior estabilidade operacional: redução da influência de perturbações provenientes dos estágios posteriores de filtragem e do sistema irradiante.
Melhor distribuição de potência: divisão equilibrada da potência de RF entre os dois caminhos de filtragem.
Maior confiabilidade do conjunto: condições operacionais mais controladas, favorecendo a vida útil dos dispositivos e a continuidade do serviço de radiodifusão.

4. Isolamento entre os Amplificadores e o Sistema Irradiante

Outro aspecto relevante dessa arquitetura é o maior desacoplamento entre os estágios de amplificação de potência e o sistema irradiante.
A estrutura de impedância constante, da forma dimensionada, contribui para reduzir a influência de determinadas variações de carga e reflexões provenientes dos circuitos posteriores sobre os módulos amplificadores.
Esse comportamento é particularmente importante em transmissores de elevada potência, nos quais os transistores LDMOS podem ser submetidos a condições críticas de operação decorrentes de descasamentos de impedância.

O isolamento proporcionado pela arquitetura contribui para:

Reduzir a interação entre os estágios de amplificação e os elementos posteriores do sistema de RF.
Minimizar os efeitos de reflexões indesejadas sobre os transistores de potência.
Favorecer a estabilidade elétrica dos amplificadores.
Reduzir a probabilidade de falhas associadas a condições adversas de carga.
Aumentar a disponibilidade operacional do sistema de transmissão.

5. Diferencial Tecnológico da Solução TELETRONIX

A arquitetura de impedância constante adotada pela TELETRONIX representa uma solução de engenharia orientada não apenas ao atendimento dos requisitos de filtragem e potência, mas também à preservação da integridade dos módulos amplificadores e à maximização da confiabilidade operacional do transmissor.

DIAGRAMA EM BLOCOS DO CONJUNTO - MIMO

Ao combinar divisão equilibrada de potência, filtragem em caminhos paralelos, recombinação coerente dos sinais e estabilidade de impedância, o sistema proporciona condições de funcionamento mais favoráveis aos dispositivos semicondutores de RF.
Em aplicações de TV 3.0 com tecnologia MIMO, nas quais dois transmissores de elevada potência operam simultaneamente em polarizações ortogonais, essas características assumem especial relevância para a estabilidade e a disponibilidade do serviço.

6. Conclusão Técnica

A principal vantagem da solução TELETRONIX está na utilização de uma arquitetura de RF com impedância constante, *concebida para proporcionar maior estabilidade de casamento, melhor isolamento e maior proteção aos transistores de potência. Diferentemente de soluções em que a impedância apresentada aos amplificadores pode variar significativamente fora da banda de passagem dos filtros, a arquitetura proposta busca manter condições de carga mais estáveis em uma faixa ampliada de frequências.*

Essa característica contribui para reduzir os efeitos de descasamentos, minimizar esforços elétricos sobre os semicondutores e aumentar a robustez operacional dos transmissores.

O resultado é um sistema de transmissão VHF MIMO para TV 3.0 projetado para oferecer elevada estabilidade, confiabilidade, segurança operacional e continuidade de serviço, características fundamentais em aplicações profissionais de radiodifusão de alta potência.

REFRIGERAÇÃO FORÇADA A 'AR' - VANTAGENS TÉCNICAS



VANTAGENS TÉCNICAS E OPERACIONAIS DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO FORÇADA A AR TELETRONIX

Tecnologia de refrigeração a ar – Simplicidade, confiabilidade e eficiência operacional

O Sistema de Transmissão DTV+ MIMO Teletronix, modelo **TE8900AR-BII**, utiliza uma arquitetura de **refrigeração forçada a ar**, especialmente desenvolvida para garantir elevada confiabilidade, segurança operacional, facilidade de manutenção e disponibilidade em aplicações profissionais de radiodifusão com funcionamento contínuo, 24 horas por dia, 7 dias por semana.
Diferentemente dos sistemas de refrigeração líquida, que dependem de bombas, tubulações, conexões hidráulicas, reservatórios, fluidos refrigerantes e trocadores de calor, a solução Teletronix emprega um sistema de ventilação distribuída, utilizando ventiladores de alto desempenho diretamente associados aos módulos amplificadores de potência.
Essa concepção elimina diversos componentes auxiliares presentes nos sistemas de refrigeração líquida, reduzindo a complexidade da instalação, os pontos potenciais de falha e as necessidades de manutenção preventiva e corretiva.

1. **Arquitetura de ventilação distribuída**

Cada cadeia de transmissão utiliza **seis gavetas de potência**, equipadas individualmente com cinco ventiladores axiais ADDA, modelo AS08048HB389B00, totalizando 30 ventiladores dedicados à refrigeração dos estágios amplificadores.
Adicionalmente, cada rack possui um ventilador de extração superior EBM-Papst, modelo S4E400-AP02-39, com vazão nominal máxima de 4.790 m³/h, responsável pela remoção do ar aquecido do interior do conjunto.

REFRIGERAÇÃO FORÇADA A 'AR' - VANTAGENS TÉCNICAS

O sistema MIMO completo possui, portanto, *62 ventiladores*, distribuídos entre as duas cadeias de transmissão.
Essa arquitetura permite que o ar ambiente seja admitido por toda a parte frontal dos racks, atravesse os dissipadores dos módulos amplificadores e seja posteriormente extraído pela parte superior, promovendo a renovação contínua do ar interno.
A distribuição dos ventiladores por gaveta proporciona uma arquitetura modular, na qual a refrigeração de cada estágio de potência é realizada localmente, reduzindo a dependência de um único sistema centralizado de circulação de fluido.

2. Eliminação dos riscos associados aos circuitos hidráulicos

Uma das principais vantagens da refrigeração a ar é a eliminação dos riscos associados à presença de líquidos nas proximidades dos circuitos eletrônicos de potência.
Sistemas de refrigeração líquida podem apresentar vazamentos decorrentes de falhas em conexões, mangueiras, vedações, bombas ou trocadores de calor.
Essas ocorrências podem comprometer componentes eletrônicos, provocar interrupções operacionais e exigir intervenções de manutenção mais complexas.
A arquitetura Teletronix elimina os circuitos hidráulicos e, consequentemente, os riscos de vazamento de fluido refrigerante, além de dispensar procedimentos relacionados à reposição de líquido, purga, controle de pressão hidráulica e verificação de estanqueidade.

3. Maior simplicidade de instalação e manutenção

O sistema de refrigeração a ar dispensa a instalação de tubulações hidráulicas, bombas de circulação, reservatórios, conexões especiais e unidades externas de troca térmica.
Consequentemente, apresenta importantes vantagens:

- Menor complexidade de instalação e comissionamento;
- Redução da quantidade de componentes auxiliares;
- Eliminação da manutenção de circuitos hidráulicos;
- Facilidade de inspeção e substituição dos ventiladores;
- Menor necessidade de ferramentas e procedimentos especializados;
- Redução potencial dos custos de manutenção ao longo da vida útil do equipamento.

A arquitetura modular das gavetas de potência Teletronix, associada à tecnologia **Hot Swap**, também facilita as intervenções técnicas, permitindo a substituição de gavetas sem a necessidade de desligamento integral do transmissor, observados os procedimentos de segurança.

4. Confiabilidade e disponibilidade operacional

A utilização de ventiladores distribuídos entre as gavetas de potência proporciona maior independência entre os subsistemas de amplificação.
Em caso de falha isolada de um ventilador, a ocorrência fica localizada na respectiva gaveta, permitindo sua identificação pelo sistema de supervisão e a adoção das medidas de proteção necessárias.
Essa concepção reduz a dependência de componentes hidráulicos comuns a diversas gavetas, cuja falha poderia comprometer simultaneamente o resfriamento de vários módulos amplificadores.

5. Eficiência energética e redução dos custos operacionais

O sistema de refrigeração forçada a ar utiliza ventiladores diretamente associados aos módulos amplificadores e à extração do ar aquecido dos racks.
Na configuração em tela, o consumo elétrico nominal do sistema de ventilação é de aproximadamente **1.060,8 W por cadeia**, totalizando **2.121,6 W para o conjunto MIMO**.
A ausência de bombas hidráulicas e demais componentes de circulação de líquidos simplifica a infraestrutura auxiliar e elimina o consumo elétrico específico desses equipamentos.
A solução também é associada à tecnologia proprietária **Power APT TEL**, que otimiza os parâmetros de operação dos módulos amplificadores, buscando reduzir a energia dissipada em forma de calor sem comprometer o desempenho espectral do transmissor.

.

REFRIGERAÇÃO FORÇADA A 'AR' - VANTAGENS TÉCNICAS

6. Facilidade de manutenção e menor custo total de propriedade

A refrigeração a ar apresenta vantagens relevantes durante a vida útil do transmissor, especialmente pela simplicidade de seus componentes e procedimentos de manutenção.

A manutenção preventiva concentra-se principalmente na inspeção dos ventiladores, limpeza das entradas e saídas de ar, verificação dos dissipadores e avaliação das condições de circulação.

Não são necessários procedimentos de substituição de fluidos refrigerantes, tratamento químico, inspeção de vazamentos hidráulicos ou manutenção de bombas de circulação.

Essa simplificação contribui para reduzir o número de atividades de manutenção e facilitar a gestão dos sobressalentes.

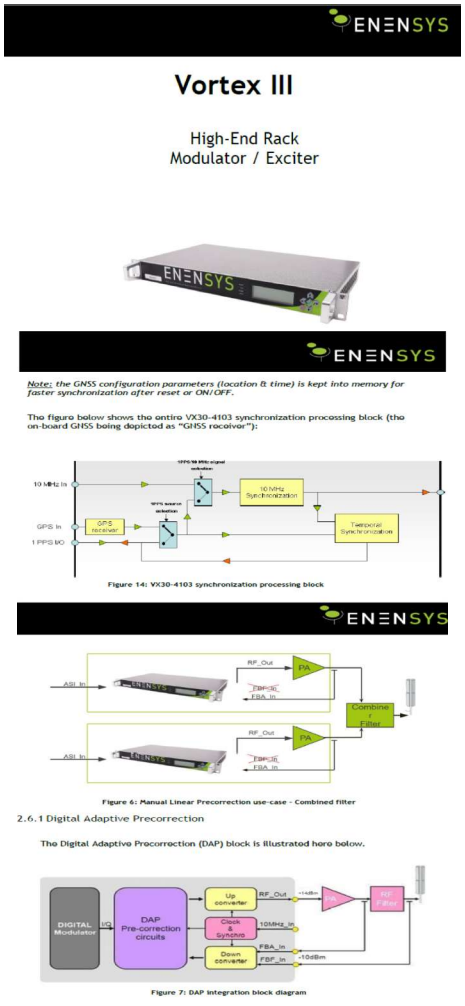
A escolha da refrigeração forçada a ar para o transmissor Teletronix TE8900AR-BII representa uma solução de engenharia orientada à *simplicidade construtiva, confiabilidade, facilidade de manutenção e continuidade operacional.*

A utilização de ventiladores distribuídos, associada à arquitetura modular dos amplificadores e à tecnologia Hot Swap, proporciona condições favoráveis à manutenção e à disponibilidade do sistema.

Comparativamente às soluções de refrigeração líquida, destacam-se a eliminação de circuitos hidráulicos, a ausência de riscos de vazamento de fluido refrigerante e a redução da complexidade dos serviços de instalação e manutenção.

A solução Teletronix foi concebida para atender às exigências térmicas dos transmissores DTV+ MIMO, mantendo uma arquitetura modular, robusta e adequada à operação contínua em estações profissionais de radiodifusão.

SISTEMA DE MODULAÇÃO, SINCRONISMO, MODULADOR ATSC TV 3.0 - MIMO



Modulador TELETRONIX TE8001E – Tecnologia ENENSYS Vortex III – DTV+ / ATSC 3.0

1. DESCRIÇÃO GERAL

O sistema de modulação TELETRONIX TE8001E, desenvolvido com tecnologia **ENENSYS Vortex III**, foi concebido para aplicações profissionais de transmissão digital DTV+ / TV 3.0, utilizando o padrão ATSC 3.0 e suportando arquiteturas de transmissão MIMO (Multiple Input, Multiple Output), redes SFN (Single Frequency Network) e sistemas de elevada disponibilidade operacional.

A solução integra recursos avançados de modulação digital, sincronização temporal, processamento adaptativo de sinais, gerenciamento remoto e possibilidade de redundância, proporcionando elevada confiabilidade, estabilidade e desempenho espectral.

O sistema foi projetado para operação com duas cadeias independentes de radiofrequência, correspondentes às polarizações vertical e horizontal, mantendo sincronismo entre os sinais transmitidos.

2. PADRÕES DE TRANSMISSÃO E COMPATIBILIDADE

O modulador suporta os seguintes padrões, tecnologias e recursos:

- Padrão de transmissão: DTV+ / ATSC 3.0.
-Formato de entrada BTS: STLTP (Studio-to-Transmitter Link Transport Protocol) sobre IP.
- Normas aplicáveis: ATSC A/322, A/324 e A/330.
- Protocolos de rede: IGMPv2 e IGMPv3.
- Múltiplos PLPs: suporte à transmissão de múltiplos Physical Layer Pipes.
- Bootstrap e L1: suporte às estruturas de sinalização e sincronização da camada física.
- MIMO: suporte à transmissão por múltiplas entradas e saídas.

SISTEMA DE MODULAÇÃO, SINCRONISMO, MODULADOR ATSC TV 3.0 - MIMO

O Vortex III suporta a recepção de fluxos STLTP em conformidade com a norma ATSC A/324, permitindo sua integração com sistemas de distribuição de conteúdo e infraestrutura de transporte IP.

3. INTERFACES DE COMUNICAÇÃO E ENTRADAS IP

O modulador dispõe de quatro interfaces RJ-45 Gigabit Ethernet (1 Gbps), distribuídas da seguinte forma:

Interface	Aplicação
CTRL 1	Gerenciamento, configuração e supervisão
CTRL 2	Gerenciamento e acesso alternativo
DATA 1	Recepção principal do fluxo STLTP
DATA 2	Recepção redundante do fluxo STLTP

3.1. Modos de operação das entradas IP

O sistema permite configurar os seguintes modos de recepção:

- ***Single:*** utilização de uma única entrada de dados.
- ***Dual:*** operação com duas entradas de dados, conforme a configuração estabelecida.
- ***Auto:*** comutação automática entre entradas em caso de perda do sinal principal.
- ***Seamless:*** comutação transparente entre fluxos IP idênticos recebidos pelas interfaces DATA 1 e DATA 2, sem perda de pacotes ou interrupção perceptível, desde que atendidas as condições de sincronização e redundância dos fluxos.

Essa arquitetura proporciona maior disponibilidade do sinal de entrada e reduz os riscos de interrupção decorrentes de falhas nos enlaces de distribuição.

4. ARQUITETURA MIMO E REDUNDÂNCIA 1+1

O sistema TELETRONIX é concebido para operação com duas cadeias de transmissão MIMO , correspondentes às polarizações vertical e horizontal.

Cada polarização dispõe de sua própria cadeia de excitação, amplificação e filtragem de RF, com sincronização temporal e de frequência entre os respectivos moduladores.

Na configuração com duplo excitador (OPCIONAL), o sistema permite a geração de duas saídas MIMO simultâneas e sincronizadas.

4.1. Configuração de redundância - (OPCIONAL)

A arquitetura prevista contempla redundância 1+1, com unidades principais e reservas para assegurar a continuidade operacional.

Na configuração de redundância completa das duas polarizações, são previstos:

- Dois moduladores/excitadores principais, um para cada polarização.
- Dois moduladores/excitadores redundantes, um para cada polarização.
- Referências comuns de sincronismo de 10 MHz e 1 PPS.
- Configurações e parâmetros operacionais espelhados.
- Recursos de detecção de falhas e transferência entre unidades principais e reservas.

A comutação entre unidades preserva a coerência temporal e a configuração dos sinais MIMO, conforme a arquitetura de chaveamento adotada.

5. SISTEMA DE SINCRONISMO E REFERÊNCIAS TEMPORAIS

O TE8001E concebido com o Vortex III incorpora recursos de sincronização de elevada precisão, fundamentais para operação em redes SFN e sistemas MIMO.

5.1. Referência externa de 10 MHz

- Conector: BNC fêmea.
- Impedância: 50 Ω.
- Nível de entrada: -15 dBm a +15 dBm.
- Finalidade: referência de frequência para sincronização dos circuitos internos.

5.2. Referência temporal de 1 PPS

-Conector: BNC fêmea.

-Configuração: entrada ou saída.

- Finalidade: sincronização temporal precisa dos sinais transmitidos.

5.3. Receptor GNSS integrado

SISTEMA DE MODULAÇÃO, SINCRONISMO, MODULADOR ATSC TV 3.0 - MIMO

O equipamento possui receptor GNSS interno compatível com:
- GPS.
- GLONASS.
- Antena GNSS ativa conectada por interface SMA.
- Alimentação de antena de 3,3 VDC ou 5 VDC.

5.4. Recursos avançados para redes SFN

O sistema dispõe dos seguintes mecanismos:

TimeStamps absolutos e relativos: permitem o controle temporal dos sinais para operação sincronizada em redes SFN.

LORS – Loss of Reference Signal: mecanismo de proteção contra perda das referências de sincronismo, com tempo de bloqueio (mute) programável de 0 a 1.440 minutos.

PPS Auto Resync: função de resincronização automática destinada a acelerar o restabelecimento da estabilidade temporal após eventos de perda ou recuperação das referências.

Esses recursos contribuem para manter a precisão de frequência, fase e tempo necessária à operação coordenada das cadeias de transmissão.

6. SISTEMA DE PRÉ - CORREÇÃO DIGITAL ADAPTATIVA

O modulador incorpora tecnologias de pré-correção digital destinadas à compensação das distorções introduzidas pelos amplificadores de potência e pelos elementos de filtragem.

6.1. Pré-correção linear adaptativa

A pré-correção linear atua na compensação das distorções de amplitude e atraso de grupo produzidas ao longo da cadeia de RF.

Características:
- Compensação de variações de amplitude de ±3 dB.
- Compensação de atraso de grupo de 0 a 500 ns.
- Operação adaptativa.
- Recurso Sharp Filter Profile para compensação de filtros de canal de elevada seletividade.

Essa funcionalidade contribui para preservar a qualidade da modulação digital, especialmente no sistema presente que utiliza filtros de máscara espectral crítica.

6.2. Pré-correção não linear adaptativa – DAP

O sistema dispõe de circuitos DAP (Digital Adaptive Pre-correction), destinados à compensação das não linearidades dos amplificadores de potência.

A pré-correção não linear opera sobre largura de banda de até 75 MHz, permitindo compensar distorções de intermodulação e efeitos não lineares associados aos estágios de amplificação.

O DAP dispõe dos seguintes modos:

-**STATIC**: operação com coeficientes de correção previamente estabelecidos.

-**SINGLE**: execução pontual do processo de adaptação.

-**SURVEY**: avaliação e acompanhamento das condições de correção.

-**CONTINUOUS**: adaptação contínua dos coeficientes de pré-correção.

O processamento adaptativo contribui para melhorar o MER e reduzir as emissões espectrais indesejadas, favorecendo o atendimento aos requisitos de qualidade do sinal transmitido.

6.3. Tecnologia GAP® – Green Adaptive Processing

O modulador suporta o algoritmo proprietário GAP® (Green Adaptive Processing) , desenvolvido pela ENENSYS **(OPCIONAL)**

Essa tecnologia busca otimizar o desempenho dos amplificadores de potência, conciliando:
- Maior eficiência energética dos estágios de RF.
- Melhor qualidade de modulação.
- Redução das emissões fora da banda.
- Otimização do compromisso entre linearidade e consumo energético.

O recurso é especialmente relevante no transmissor em tela, no qual pequenas melhorias de eficiência podem representar reduções significativas de consumo elétrico e dissipação térmica.

SISTEMA DE MODULAÇÃO, SINCRONISMO, MODULADOR ATSC TV 3.0 - MIMO

7. INTERFACES DE REALIMENTAÇÃO DE RF

O painel traseiro do modulador dispõe de duas entradas independentes de amostragem de radiofrequência, com conectores SMA.

Interface	Função
FBA_IN	Recepção de amostra de RF após o amplificador de potência, utilizada na pré-correção não linear
FBF_IN	Recepção de amostra de RF após o filtro de máscara, utilizada na pré-correção linear

Na arquitetura MIMO TELETRONIX, cada polarização possui um excitador dedicado, permitindo que os algoritmos DAP e GAP operem de maneira independente em suas respectivas cadeias de RF.

Dessa forma, as correções são ajustadas às características individuais dos amplificadores e filtros de cada polarização, preservando o sincronismo entre as cadeias por meio das referências comuns de frequência e tempo.

8. GERENCIAMENTO, SUPERVISÃO E TELEMETRIA

O TE8001E com modulador Vortex III dispõe de recursos completos de gerenciamento local e remoto, permitindo supervisão contínua dos parâmetros operacionais.

8.1. Gerenciamento SNMP

O equipamento suporta:

- SNMP v1.
- SNMP v2c.
- SNMP v3.
- MIB proprietária dedicada.

Esses recursos permitem sua integração com plataformas de supervisão, automação e telemetria de estações transmissoras.

8.2. Interface Web HTML5

O modulador possui interface Web embarcada, desenvolvida em HTML5 responsivo, acessível por navegador através das portas CTRL 1 e CTRL 2.

A interface permite configurar, monitorar e administrar os recursos do equipamento remotamente.

8.3. Controle de acesso por perfis

O sistema dispõe de três níveis de autenticação:

Perfil	Permissões
User	Visualização dos parâmetros e estados operacionais
Maintenance	Visualização e ajustes operacionais básicos
Administrator	Acesso completo às configurações do equipamento

8.4. Registro de eventos e alarmes

A interface possui área dedicada STATUS / Logs, com recursos para:

- Histórico de eventos operacionais.
- Registro de alertas e alarmes.
- Identificação de falhas.
- Exportação de registros.
- Limpeza dos históricos armazenados.

Essas funcionalidades facilitam o diagnóstico de ocorrências e o acompanhamento da confiabilidade operacional do sistema.

9. MONITORAMENTO DE FALHAS E SISTEMAS DE PROTEÇÃO

O modulador realiza monitoramento contínuo das condições operacionais, permitindo identificar situações que possam comprometer a estabilidade do sinal.

Entre os parâmetros supervisionados estão:

- Falhas na camada IP e no fluxo STLTP.
- Perda de sincronismo e referências temporais (LORS/PLL).
- Temperatura interna superior a 71 °C.
- Desvios de potência direta e refletida, por meio das amostragens FWP/RFP.
- Condições de alarme dos circuitos internos.

A identificação dessas ocorrências permite acionar mecanismos de proteção e sinalização destinados à preservação do equipamento e à continuidade da transmissão.

10. COMUTAÇÃO AUTOMÁTICA E CONTINUIDADE OPERACIONAL

O sistema dispõe de recursos para integração com arquiteturas de redundância e transferência automática entre unidades.

10.1. Interfaces de comando e sinalização

A comutação pode ser integrada aos seguintes recursos:

- Relés de contato seco.
- Duas interfaces GPIO com conectores Sub-D9.
- Comandos remotos via SNMP.
- Interface Web.
- Comunicação serial RS232/RS485.
- Sistema DualDrive Management.

10.2. Proteção da transmissão durante falhas

Seamless IP Switching: permite transferência transparente entre entradas IP redundantes, preservando a continuidade do fluxo de transporte.

RF Maintain: recurso destinado à manutenção da saída RF em determinadas condições de erro na entrada, conforme a configuração de proteção estabelecida.

Progressive Un-mute: restabelecimento progressivo da saída RF, com transição de aproximadamente 2 segundos, reduzindo a ocorrência de variações abruptas de potência durante a recuperação do sinal.

Esses mecanismos contribuem para minimizar interrupções e transientes durante situações de falha e recuperação operacional.

11. GERENCIAMENTO DE CONFIGURAÇÕES E REDUNDÂNCIA

O Vortex III permite o armazenamento, a exportação e a importação de configurações completas por meio de sua interface gráfica.

O sistema suporta:

- Salvamento de perfis operacionais (Profiles).
- Exportação e importação de parâmetros.
- Transferência de coeficientes de pré-correção.
- Arquivos nos formatos .csv, .plp e .pnp, conforme a aplicação.
- Replicação de configurações entre unidades principais e redundantes.

Esses recursos permitem manter unidades de reserva previamente configuradas, reduzindo o tempo necessário à recuperação do sistema em caso de falha.

A utilização de configurações espelhadas também contribui para preservar a uniformidade operacional entre os equipamentos de cada cadeia MIMO.

12. ATUALIZAÇÃO DE FIRMWARE E SOFTWARE

O modulador permite atualização de firmware e software diretamente pela interface Web embarcada.

As atualizações são realizadas por meio do menu SYSTEM / About, utilizando arquivos de atualização no formato .tfw.

Esse procedimento possibilita a incorporação de correções, melhorias operacionais e novas funcionalidades compatíveis com a plataforma, sem necessidade de substituição de hardware, desde que suportadas pela versão e configuração do equipamento.

13. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A solução de modulação TELETRONIX TE8001E, baseada na tecnologia ENENSYS Vortex III, reúne recursos avançados para operação em sistemas profissionais de transmissão DTV+ / TV 3.0 com tecnologia MIMO.

A arquitetura contempla sincronização precisa por GNSS, 10 MHz e 1 PPS, recepção redundante de fluxos STLTP sobre IP, pré-correção digital adaptativa linear e não linear, otimização energética GAP® **(OPCIONAL)**, gerenciamento remoto e mecanismos de proteção e redundância.

A utilização de excitadores dedicados para as polarizações vertical e horizontal permite o processamento individualizado de cada cadeia de radiofrequência, mantendo a coordenação temporal necessária ao funcionamento do sistema MIMO.

O conjunto foi concebido para proporcionar elevada qualidade espectral, eficiência energética, estabilidade de sincronismo, disponibilidade operacional e confiabilidade, atendendo às exigências técnicas de sistemas de transmissão digital de alta potência destinados à TV 3.0.

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Tecnologia Power APT TEL – Teletronix

Conceito

A eficiência energética constitui um dos principais parâmetros de desenvolvimento da atual geração de transmissores Teletronix. Com esse objetivo, a empresa desenvolveu a tecnologia proprietária **Power APT TEL**, aplicada aos transmissores de FM e TV Digital Isdbtb e TV 3.0 para otimização dinâmica do ponto de operação dos estágios de potência.

A tecnologia Power APT TEL realiza a coordenação de parâmetros fundamentais para o desempenho dos módulos amplificadores:

- potência de excitação aplicada aos módulos;
- corrente circulante na junção Dreno/Source dos transistores;
- tensão de dreno dos dispositivos de potência;
- pré-correção implementada no sistema de modulação.

A combinação coordenada dessas variáveis permite determinar o ponto de operação adequado dos dispositivos semicondutores para a potência de RF requerida, buscando simultaneamente eficiência energética, desempenho espectral e redução da temperatura de operação das junções.

O software de controle do transmissor determina continuamente os valores apropriados desses parâmetros em função da potência configurada de operação.

Dessa maneira, o sistema busca produzir a potência de RF necessária com menor demanda de energia elétrica, ao mesmo tempo em que preserva os parâmetros de qualidade do sinal digital.

Além da redução dos custos operacionais, a otimização energética contribui para redução da dissipação térmica e do consumo de recursos associados à climatização e refrigeração, constituindo parte da estratégia da Teletronix para desenvolvimento de transmissores de elevada eficiência e menor impacto ambiental.

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

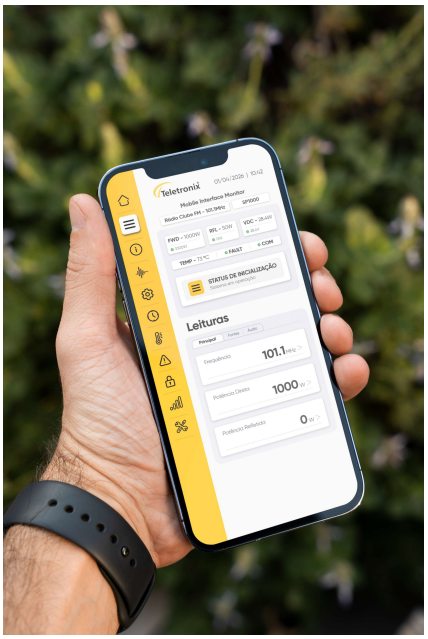
Parâmetro	Transmissor - Teletronix
PRF1 após filtro (kW)	≥ 5,0
PRF2 após filtro (kW)	≥ 5,0
RF total (kW)	≥ 10,0
Potência elétrica total (kW)	28,563KWatts – MER - ATSC.
Eficiência global (%)	≥35%.
Condições de operação	Regime permanente, duas cadeias MIMO simultâneas, potência nominal.
Metodologia/pontos de medição	RF após filtros; potência elétrica na entrada do sistema completo.

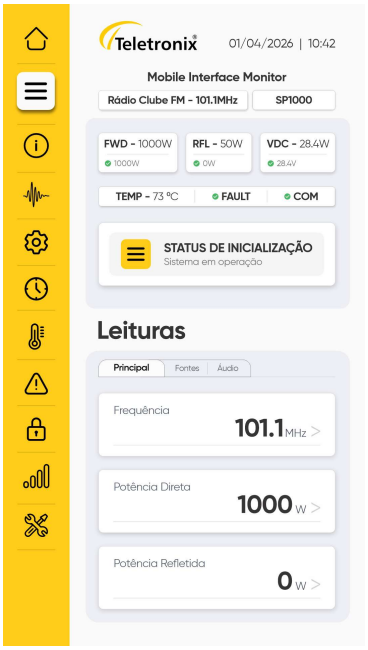
MONITORAMENTO POR CELULAR

Transmissores Teletronix: Agora na palma da sua mão!

Todos os transmissores de FM e TV Digital da Teletronix **podem ser monitorados diretamente pelo celular,** acompanhando você onde estiver. Por meio do acesso remoto, é possível visualizar em tempo real todos os parâmetros do equipamento, como potência de operação, tensões, correntes, temperaturas, alarmes e demais informações essenciais ao desempenho do sistema.
As configurações podem ser realizadas de forma simples, seguindo as orientações do manual do equipamento, com procedimentos passo a passo afim de que você possa configurar o sistema.
Com essa tecnologia, você mantém total controle sobre a sua emissora, tendo sempre informações atualizadas sobre o funcionamento do transmissor e assegurando maior confiabilidade e qualidade no alcance de sua Rádio ou TV.

Mobile Interface





O Sistema suporta SNMP e Web Server o Celular é serviço gratuíto da teletronix

SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DO TRANSMISSOR TELETRONIX TE8900AR-BII - DIMENSIONAMENTO - CARACTERÍSTICAS

Refrigeração Forçada a Ar – Sistema de Transmissão VHF MIMO – TV 3.0

1. DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA

O transmissor TELETRONIX TE8900AR-BII, desenvolvido para aplicações de TV 3.0 com tecnologia MIMO (Multiple Input, Multiple Output), utiliza um sistema de **refrigeração forçada a ar**, com circuitos de ventilação independentes para cada uma das duas cadeias de transmissão, correspondentes às polarizações vertical e horizontal.

A arquitetura foi concebida para proporcionar elevada eficiência na remoção do calor gerado pelos módulos amplificadores de potência, estabilidade térmica, confiabilidade operacional e facilidade de manutenção.

Cada cadeia de transmissão está instalada em um rack independente, equipado com seis gavetas de potência, ventiladores axiais dedicados e um sistema superior de extração do ar aquecido.

A solução dispensa a utilização de sistemas de refrigeração líquida, bombas hidráulicas, reservatórios, tubulações e unidades externas de circulação de fluido refrigerante.

2. ARQUITETURA DE REFRIGERAÇÃO

Cada transmissor, correspondente a uma polarização MIMO, possui a seguinte configuração:

- 06 gavetas de potência de RF, instaladas em rack próprio.
- 05 ventiladores axiais por gaveta, modelo ADDA AS08048HB389B00.
- 30 ventiladores dedicados às gavetas de potência por transmissor.
- 01 ventilador axial superior de extração, modelo EBM-Papst S4E400-AP02-39, instalado no teto do rack.
- 31 ventiladores por transmissor, considerando ventilação das gavetas e extração superior.

Para o sistema MIMO completo, composto pelas duas polarizações, a configuração total é:

Componente	Por polarização	Sistema MIMO
Racks de transmissão	1	02
Gavetas de potência	6	12
Ventiladores ADDA	30	60
Ventiladores EBM-Papst	1	2
Total de ventiladores	31	62

O sistema utiliza circulação forçada de ar através dos dissipadores dos módulos amplificadores, promovendo a transferência do calor dos componentes eletrônicos para o fluxo de ventilação.

O ar aquecido é direcionado à região superior do rack, onde o ventilador de extração auxilia sua remoção.

3. CAPACIDADE TÉRMICA E DIMENSIONAMENTO

O sistema de refrigeração foi dimensionado considerando o consumo elétrico dos conjuntos de transmissão, a potência de RF disponibilizada e as perdas associadas aos componentes de radiofrequência, incluindo os filtros de máscara.

A carga térmica nominal instalada é de aproximadamente 8,36 kW por cadeia de transmissão, correspondente a uma polarização.

Para o sistema MIMO completo, a carga térmica total é de aproximadamente 16,71 kW.

3.1. Capacidade de extração de calor

O ventilador superior EBM-Papst S4E400-AP02-39 apresenta vazão nominal máxima de 4.790 m³/h, na frequência de 60 Hz, em condição de ar livre.

Considerando essa vazão nominal e uma elevação de temperatura do ar (ΔT) de 10 °C, a capacidade de transporte térmico é de aproximadamente 15,4 kW por rack.

Essa capacidade é superior à carga térmica nominal de 8,36 kW por cadeia.

4. CARGA TÉRMICA TOTAL E RESIDUAL

Como o transmissor utiliza refrigeração forçada diretamente a ar, sem sistema externo de rejeição de calor, a energia térmica dissipada pelos equipamentos é transferida ao ambiente de instalação.

Os valores são:

Parâmetro	Por polarização	Sistema MIMO
Carga térmica nominal	8,36 kW	16,71 kW
Carga térmica transferida ao ambiente, sem exaustão externa	8,36 kW	16,71 kW
Equivalente térmico aproximado	28.525 BTU/h	57.016 BTU/h

SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DO TRANSMISSOR TELETRONIX TE8900AR-BII - DIMENSIONAMENTO - CARACTERÍSTICAS

A carga térmica residual no ambiente interno do abrigo poderá atingir aproximadamente 16,71 kW, caso todo o calor removido dos transmissores permaneça no recinto.
Portanto, o sistema de climatização ou ventilação do ambiente *deverá ser dimensionado para remover essa carga térmica,* considerando também as demais fontes de calor existentes no local.
Caso o ar aquecido seja conduzido diretamente para o exterior, a carga térmica efetivamente transferida ao ambiente interno poderá ser reduzida, conforme a eficiência do sistema de exaustão, *ESTA SOLUÇÃO DE EXAUSTÃO NÃO É RECOMENDADA*.

5. VENTILADORES DAS GAVETAS DE POTÊNCIA

Cada gaveta de potência possui cinco ventiladores axiais ADDA AS08048HB389B00, responsáveis por promover o fluxo de ar através dos dissipadores dos módulos amplificadores.

5.1. Características construtivas

- Fabricante: ADDA.
- Modelo: AS08048HB389B00.
- Tipo: ventilador axial.
- Dimensões nominais: 80 × 80 × 38 mm.
- Quantidade por gaveta: 5 unidades.
- Quantidade por transmissor: 30 unidades.
- Quantidade total no sistema MIMO: 60 unidades.

5.2. Vazão de ar

A soma das vazões nominais máximas dos ventiladores das seis gavetas corresponde a aproximadamente 5.963 m³/h (3.513 CFM) por transmissor.
Esse valor representa a soma das capacidades nominais dos ventiladores, não correspondendo necessariamente à vazão efetiva através dos dissipadores.

6. VENTILADOR SUPERIOR DE EXTRAÇÃO

Cada rack possui um ventilador axial EBM-Papst S4E400-AP02-39, instalado em sua parte superior, destinado à remoção do ar aquecido acumulado no interior do conjunto.

6.1. Características técnicas

Característica	Especificação
Fabricante	EBM-Papst|
Modelo	S4E400-AP02-39
Tipo	Ventilador axial
Diâmetro nominal	400 mm
Vazão nominal máxima a 60 Hz	4.790 m³/h
Vazão equivalente	2.820 CFM
Pressão máxima informada	75 Pa
Consumo nominal	240 W
Temperatura ambiente máxima	40 °C
Peso aproximado	6,1 kg

6.2. Curva de vazão em função da pressão

O desempenho do ventilador varia conforme a resistência aerodinâmica do circuito de exaustão.
Os para operação a 60 Hz são:

Pressão estática	Vazão aproximada
0 Pa – ar livre	4.790 m³/h
25 Pa	4.470 m³/h|
50 Pa	4.115 m³/h
75 Pa	3.670 m³/h

Esses dados evidenciam a redução da vazão à medida que aumenta a resistência ao escoamento do ar.

SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DO TRANSMISSOR TELETRONIX TE8900AR-BII - DIMENSIONAMENTO - CARACTERÍSTICAS

7. TEMPERATURAS DE OPERAÇÃO

O sistema de refrigeração foi projetado considerando as condições ambientais admissíveis para operação dos equipamentos.

7.1. Temperatura máxima do ventilador

O fabricante EBM-Papst especifica temperatura ambiente máxima de 40 °C para o ventilador superior de extração.

7.2. Temperatura máxima do transmissor

A temperatura ambiente máxima admissível para operação do transmissor TELETRONIX TE8900AR-BII em sua potência nominal é de 30 °C - RECOMENDADA 20 ºC.

Esse limite deverá ser considerado no dimensionamento do sistema de climatização e ventilação do ambiente de instalação.

A temperatura do ar de entrada dos transmissores deverá permanecer dentro dos limites estabelecidos acima para assegurar o funcionamento dos módulos amplificadores e demais componentes eletrônicos.

8. CONSUMO ELÉTRICO DO SISTEMA DE VENTILAÇÃO

O consumo elétrico do sistema de refrigeração é composto pelos ventiladores das gavetas e pelos ventiladores superiores de extração.

8.1. Consumo por transmissor

Componente	Quantidade	Consumo total
Ventiladores ADDA das gavetas	30	820,8 W
Ventilador superior EBM-Papst	1	240,0 W
Total por transmissor	31	1.060,8 W

8.2. Consumo do sistema MIMO completo

Componente	Quantidade	Consumo total
Ventiladores ADDA	60	1.641,6 W
Ventiladores EBM-Papst	2	480,0 W
Total do sistema MIMO	62	2.121,6

Assim, o consumo elétrico nominal do sistema completo de ventilação é de aproximadamente 2,12 kW, considerando as duas polarizações.

9. COMPORTAMENTO EM CONDIÇÕES DE FALHA

A arquitetura de ventilação foi desenvolvida de forma distribuída, utilizando ventiladores independentes nas gavetas de potência. Cada gaveta dispõe de cinco ventiladores, permitindo que uma eventual falha individual fique inicialmente localizada no respectivo conjunto.

O sistema de supervisão identifica condições anormais de ventilação e temperatura, permitindo a atuação dos mecanismos de proteção associados.

Entre os recursos de proteção estão:

- Monitoramento das condições térmicas das gavetas.
- Identificação de falhas de ventilação, conforme os sensores disponíveis.
- Sinalização de alarmes operacionais.
- Atuação dos mecanismos de proteção térmica.
- Redução de potência ou desligamento preventivo, quando aplicável à configuração de proteção.

A utilização de ventilação distribuída reduz a dependência de um único ventilador nas gavetas de potência.

10. FLUIDO DE REFRIGERAÇÃO

O sistema utiliza exclusivamente *'ar' atmosférico como fluido* de transferência térmica.

A refrigeração é realizada por circulação forçada através dos dissipadores, sem emprego de fluidos refrigerantes líquidos.

Consequentemente, a solução dispensa:

- Bombas de circulação.
- Reservatórios de fluido refrigerante.
- Tubulações hidráulicas.
- Radiadores externos para circulação de líquido.
- Trocadores de calor líquido/ar.

- Procedimentos de reposição ou substituição periódica de fluido refrigerante.

A ausência desses componentes simplifica a arquitetura mecânica e reduz a quantidade de elementos sujeitos a vazamentos, corrosão, obstruções e falhas hidráulicas.

11. MANUTENÇÃO PREVENTIVA E CORRETIVA

O sistema de refrigeração forçada a ar apresenta características favoráveis à manutenção, em razão de sua arquitetura modular e da ausência de circuitos hidráulicos.

As principais atividades de manutenção compreendem:

- Inspeção periódica das entradas e saídas de ar.
- Remoção de poeira e resíduos das grades e filtros de ventilação.
- Verificação das condições operacionais dos ventiladores.
- Inspeção de ruídos, vibrações e desgaste mecânico.
- Verificação das condições térmicas das gavetas.
- Substituição preventiva ou corretiva dos ventiladores, quando necessária.

A modularidade das gavetas Hot Swap facilita o acesso aos componentes e permite intervenções localizadas, reduzindo a complexidade das atividades de manutenção.

12. VANTAGENS DA REFRIGERAÇÃO FORÇADA A AR

A solução adotada pela TELETRONIX apresenta importantes vantagens para aplicações profissionais de radiodifusão de elevada potência.

Simplicidade construtiva: elimina a necessidade de circuitos hidráulicos, bombas, reservatórios e sistemas de circulação de líquido refrigerante.

Maior facilidade de manutenção: permite inspeção e substituição dos ventiladores e limpeza dos dissipadores por meio de procedimentos convencionais.

Redução dos riscos de vazamento: elimina a possibilidade de vazamentos de fluido refrigerante líquido sobre os circuitos eletrônicos.

Arquitetura modular: cada gaveta possui ventilação dedicada, permitindo supervisão e intervenções localizadas.

Menor complexidade operacional: dispensa procedimentos de controle de qualidade, reposição e substituição de fluidos refrigerantes líquidos.

Maior facilidade de integração: simplifica a instalação do transmissor, exigindo essencialmente condições adequadas de admissão, circulação e extração do ar.

Confiabilidade operacional: a distribuição dos ventiladores e os mecanismos de supervisão térmica contribuem para a proteção dos módulos amplificadores e a disponibilidade do sistema.

13. RESUMO TÉCNICO DO SISTEMA MIMO

Parâmetro	Por polarização	Sistema completo
Tecnologia de refrigeração	Ar forçado	Ar forçado
Quantidade de racks	1	2
Gavetas de potência	6	12
Ventiladores das gavetas	30	60
Ventiladores superiores	1	2
Total de ventiladores	31	62
Vazão nominal máxima do exaustor	4.790 m³/h	9.580 m³/h
Carga térmica nominal	8,36 kW	16,71 kW
Carga térmica equivalente	28.525 BTU/h	57.016 BTU/h
Consumo elétrico da ventilação	1.060,8 W	2.121,6 W
Temperatura ambiente máxima do transmissor	30 °C	30 °C
Fluido refrigerante	Ar	Ar
Sistema hidráulico	Não possui	Não possui

1. IDENTIFICAÇÃO E CONFIGURAÇÃO GERAL

PARÂMETRO	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA
Fabricante / modelo	Teletronix / TE8900AR-BII
Aplicação	TV 3.0 / DTV+; transmissão digital ATSC 3.0
Arquitetura	MIMO; duas cadeias de transmissão independentes e sincronizadas
Polarizações	Tx1 vertical; Tx2 horizontal
Potência RF após filtros	≥ 5.000 W por polarização; ≥ 10.000 W no conjunto
Faixa VHF indicada	Banda I: 174–216 MHz (canais 7–13); Banda II: 250–298 MHz
Largura do canal	6 MHz
Regime de operação	Contínuo, 24 × 7
Refrigeração	Ar forçado, independente por cadeia

2. AMPLIFICAÇÃO E ALIMENTAÇÃO DOS MÓDULOS

PARÂMETRO	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA
Tecnologia	MOSFET LDMOS Ampleon, arquitetura Doherty
Gavetas de potência	6 por polarização; 12 no conjunto
Módulos LDMOS	8 por gaveta; 48 por polarização; 96 no conjunto
Potência RF antes do filtro	~ 5.750 W por polarização
Potência RF por gaveta	~ 958–960 W
Potência RF por módulo	~ 120 W
Capacidade nominal por transistor	250 W
Eficiência DC/RF dos módulos	~ 48%
Consumo DC estimado por gaveta	~ 2.000 W nos módulos
Fontes por gaveta	2 × ELTEK 3.000 W, redundantes
Fontes no sistema	24 unidades; capacidade nominal instalada somada de 72 kW
Substituição de gavetas	Hot Swap
Distribuição e proteção	Unidade Main Power Teletronix TGD125; parada de emergência

3. COMBINADOR E FILTROS RF

PARÂMETRO	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA
Combinador	SHLINE-VHF-6-1500; Gysel / ShieldLine
Entradas / impedância	6 entradas; 50 Ω
Frequência central do combinador	274 MHz (Banda II)
Potência máxima do combinador	1.500 W por entrada; 9.000 W total
Perda de inserção do combinador	0,15 dB
Isolação entre portas / return loss	> 30 dB / > 30 dB
Construção	Strip-line multicamadas, latão maciço de 5 mm, acabamento prateado
Filtragem por polarização	2 filtros balanceados de 3.000 W, impedância constante, mais filtro passa-baixas
Potência de pico dos filtros	~7 kW
Potência dissipada dos filtros	~750 W
Return loss dos filtros	> 36,883 dB
Diretividade/acoplamento	> 27 dB

4. MODULAÇÃO, IP E SINCRONISMO

PARÂMETRO	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA
Modulador/excitador	Teletronix TE8001E, Modulador: plataforma ENENSYS Vortex III
Faixa de geração RF do excitador	54–862 MHz
Passo / precisão de frequência	1 Hz / 0,2 Hz
Entrada de transporte	STLTP sobre IP; ATSC A/324
Portas de rede	4 × RJ-45 Gigabit Ethernet: CTRL1, CTRL2, DATA1, DATA2
Modos de entrada IP	Single, Dual, Auto e Seamless
Protocolos multicast	IGMPv2 e IGMPv3
Referências de sincronismo	10 MHz externa (BNC, 50 Ω, −15 a +15 dBm); 1 PPS (BNC, entrada/saída)
GNSS	GPS e GLONASS; antena ativa SMA, 3,3/5 VDC
SFN	Timestamps absolutos/relativos; LORS mute 0–1.440 min; PPS Auto Resync
Pré-correção linear	Adaptativa; amplitude ±3 dB; atraso de grupo 0–500 ns
Pré-correção não linear	DAP adaptativa até 75 MHz; STATIC, SINGLE, SURVEY, CONTINUOUS
GAP Green Adaptive Processing	Opcional
Redundância 1+1 de excitadores	Opcional

5. GERENCIAMENTO E PROTEÇÕES

PARÂMETRO	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA
Gerenciamento	Local/remoto; Web HTML5; SNMP v1/v2c/v3 no modulador e tx
Telemetria	Potência direta/refletida, VSWR, tensões, correntes, temperaturas e alarmes
Controle de acesso	User, Maintenance e Administrator
Registros	Histórico de eventos, alarmes e exportação de logs
Comandos/interfaces	GPIO Sub-D9, contatos secos, RS232/RS485, SNMP e Web
Proteções	VSWR/refletida, sobretemperatura, ventilação, sobrecorrente, sobretensão, subtensão
Recursos de continuidade	Seamless IP Switching, RF Maintain, Progressive Un-mute ≈ 2 s
Atualização do modulador	Firmware via interface Web (.tfw)
Monitoramento móvel	Acesso remoto por cellular – nuvem teletronix – serviço gratuito

6. REFRIGERAÇÃO E CONDIÇÕES AMBIENTAIS

PARÂMETRO	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA
Arquitetura	Ar forçado; admissão frontal e extração superior
Racks	1 por polarização; 2 no conjunto MIMO
Ventiladores das gavetas	5 ADDA AS08048HB389B00 por gaveta; 30 por rack; 60 no MIMO
Exaustores superiores	1 EBM-Papst S4E400-AP02-39 por rack; 2 no MIMO
Total de ventiladores	31 por rack; 62 no MIMO
Vazão nominal máxima do exaustor	4.790 m³/h por rack, a 60 Hz em ar livre
Consumo de ventilação	1.060,8 W por rack; 2.121,6 W no MIMO
Carga térmica	8,36 kW por polarização; 16,71 kW / 57.016 BTU/h no MIMO
Temperatura máxima do transmissor	30 °C; recomendada 20 °C
Temperatura máxima do exaustor	40 °C
Circuito hidráulico	Não possui

7. ENERGIA E INFRAESTRUTURA ELÉTRICA

PARÂMETRO	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA
Potência elétrica em regime nominal	28.563 W - MIMO
Eficiência global	≥ 35%
Potência máxima de projeto	33 kW; 34,74 kVA
Alimentação	Trifásica 380/220 VAC; 3F + N + PE
Fator de potência	>0,95
Corrente nominal por fase	≈ 43,7 A (para 28,563 kW)
Corrente máxima por fase	≈ 52,8 A (para 33 kW)
Limitação de inrush	Fontes ELTEK Flatpack2 48 V/3.000 W HE e energização sequencial prevista
Disjuntores	> 63 A geral e > 32 A por rack
Aterramento	Barramento interno por rack; PE dedicado ao barramento principal; terminal para cobre ≥ 16 mm²
Alimentador geral recomendado	Cobre 16 mm², 3F + N + PE
Alimentadores por rack recomendados	Cobre 6 mm², 3F + N + PE; disjuntor tripolar 32 A

CONSIDERAÇÕES FINAIS

TRANSMISSOR TELETRONIX TE8900AR-BII — TV 3.0 / DTV+ — MIMO 5 kW + 5 kW

O transmissor TELETRONIX TE8900AR-BII representa uma solução tecnológica desenvolvida para atender às exigências dos sistemas de transmissão de televisão digital de nova geração, incorporando arquitetura MIMO (Multiple Input, Multiple Output), elevada potência de radiofrequência, eficiência energética, modularidade e recursos avançados de supervisão e controle.

Projetado para disponibilizar 5.000 W de potência média de RF por polarização, após os respectivos filtros de máscara, o sistema é constituído por duas cadeias de transmissão independentes e sincronizadas, correspondentes às polarizações Horizontal e Vertical, totalizando 10.000 W de potência média de RF no conjunto MIMO.

Sua arquitetura de amplificação utiliza semicondutores LDMOS AMPLEON em configuração Doherty, distribuídos em gavetas modulares com tecnologia Hot Swap, associadas a fontes de alimentação redundantes. Essa concepção proporciona maior flexibilidade operacional, facilidade de manutenção, redução dos tempos de intervenção técnica e condições favoráveis à continuidade do serviço de radiodifusão.

Um dos principais diferenciais tecnológicos do TE8900AR-BII está no emprego do sistema de combinação de potência ShieldLine-Gysel, associado à filtragem de máscara crítica em configuração balanceada de impedância constante. Essa arquitetura foi concebida para proporcionar estabilidade de casamento de impedância, melhor isolamento entre os estágios amplificadores e o sistema irradiante, redução dos efeitos de reflexões indesejadas e maior proteção aos semicondutores de potência.

O sistema de modulação e excitação TELETRONIX TE8001E, baseado na plataforma ENENSYS Vortex III, incorpora recursos de transmissão ATSC 3.0, sincronização por GNSS, referências de 10 MHz e 1 PPS, operação em redes SFN, pré-correção digital adaptativa linear e não linear, gerenciamento remoto e recursos de redundância, conforme a configuração adotada.

No aspecto energético, o transmissor incorpora a tecnologia proprietária Power APT TEL, desenvolvida para otimizar dinamicamente as condições de operação dos amplificadores de RF, buscando conciliar eficiência elétrica, desempenho espectral e redução da dissipação térmica. Na condição nominal especificada, o sistema apresenta eficiência global declarada de aproximadamente 35%, considerando a potência total de RF disponibilizada após os filtros.

A refrigeração forçada exclusivamente a ar constitui outro diferencial da solução TELETRONIX. Com ventilação distribuída entre as gavetas de potência e extração superior independente em cada rack, o sistema elimina a necessidade de circuitos hidráulicos, bombas, reservatórios e fluidos refrigerantes líquidos, simplificando a infraestrutura de instalação e os procedimentos de manutenção preventiva e corretiva.

A arquitetura de supervisão integra monitoramento local e remoto, telemetria, gerenciamento por SNMP, interface Web e acesso por dispositivos móveis, permitindo o acompanhamento dos principais parâmetros operacionais, a identificação de condições anormais e a atuação dos mecanismos de proteção do equipamento.

A combinação dessas tecnologias evidencia uma concepção de engenharia orientada à confiabilidade, disponibilidade operacional, eficiência energética, facilidade de manutenção e proteção dos investimentos realizados pelas emissoras de televisão.

Com o desenvolvimento do TE8900AR-BII, a TELETRONIX reafirma seu compromisso com a inovação tecnológica nacional, colocando à disposição do mercado de radiodifusão uma plataforma de transmissão de elevada potência, concebida para acompanhar a evolução da televisão digital brasileira e os desafios tecnológicos da TV 3.0.

TELETRONIX — Tecnologia nacional, engenharia de alta potência e inovação para o futuro da televisão digital.