

# Operação e manutenção de geradores a diesel



Os motores a diesel compõem a grande maioria dos motores principais para geradores de energia de emergência devido à sua confiabilidade, durabilidade e desempenho sob carga.

## Introdução

Geradores movidos a diesel são indispensáveis para sistemas de energia de reserva em locais críticos: hospitais, aeroportos, prédios governamentais, instalações de telecomunicações e usinas nucleares. Em aplicações de energia de emergência, geradores a diesel podem iniciar e assumir carga total em menos de 10 segundos e, normalmente, podem operar por 30.000 horas ou mais entre revisões maiores.

## Análise

Um gerador a diesel é a combinação de um motor diesel com um gerador elétrico (frequentemente um alternador) para gerar energia elétrica. Um motor diesel de ignição por compressão geralmente é projetado para funcionar com óleo combustível, mas alguns tipos são adaptados para outros combustíveis líquidos ou gás natural.

Conjuntos geradores a diesel são usados em locais sem conexão à rede elétrica ou como fonte de energia de emergência caso a rede falhe, além de aplicações mais complexas como gerenciamento de picos de demanda, suporte à rede e exportação de energia para a rede elétrica.

O dimensionamento dos geradores a diesel é fundamental para evitar sobrecarga ou falta de energia e é complicado pelo uso de equipamentos eletrônicos modernos. Em faixas de potência em torno de 50 MW ou mais, uma turbina a gás de ciclo aberto é mais eficiente em carga total do que um conjunto de motores a diesel e muito mais compacta, com custos de capital comparáveis; porém, para operação parcial regular, mesmo nesses níveis de potência, arranjos com motores a diesel às vezes são preferidos em relação às turbinas a gás devido à sua eficiência superior.

A combinação do motor a diesel, gerador e vários dispositivos auxiliares (como base, carenagem, atenuação de ruído, sistemas de controle, disjuntores, aquecedores de água do bloco e sistema de partida) é chamada de “conjunto gerador” ou “generator set” ou “genset”, em inglês.

## Operação e manutenção de geradores a diesel

Os tamanhos dos conjuntos variam de 8 a 30 kW (também 8 a 30 kVA monofásico) para residências, pequenas lojas e escritórios, com geradores industriais maiores de 8 kW (11 kVA) até 2.000 kW (2.500 kVA trifásico) usados para grandes complexos de escritórios e fábricas.

Um conjunto de 2.000 kW pode ser instalado em um contêiner ISO de 40 pés (12 m) com tanque de combustível, controles, equipamentos de distribuição de energia e todo o equipamento necessário para operar como uma estação de energia independente ou como reserva para a rede elétrica. Essas unidades, chamadas de módulos de potência, são conjuntos geradores em grandes reboques de três eixos, pesando 85.000 libras (38.555 kg) ou mais. Uma combinação desses módulos é usada para pequenas estações de energia e pode variar de um a 20 unidades por seção de energia, e essas seções podem ser combinadas para envolver centenas de módulos. Nessas potências maiores, o módulo de potência (motor e gerador) é levado ao local em reboques separados e conectados entre si por cabos grandes e um cabo de controle para formar uma usina sincronizada completa. Existem diversas opções para necessidades específicas, incluindo painéis de controle para partida automática e paralelismo com a rede, carenagens acústicas para aplicações fixas ou móveis, equipamentos de ventilação, sistemas de abastecimento de combustível, sistemas de exaustão, etc. Geradores a diesel, às vezes com apenas 200 kW (250 kVA), são amplamente usados não só para energia de emergência, mas também para alimentar redes de distribuição, seja durante períodos de pico ou quando há escassez de grandes geradores de energia.

## Falha dos geradores de emergência em iniciar quando necessário

### Falha da bateria

A causa mais frequente de chamados de serviço para falha de gerador está relacionada à falha da bateria. Oitenta por cento de todas as falhas de bateria estão ligadas ao acúmulo de sulfatação — o acúmulo de sulfatos de chumbo nas placas das baterias de chumbo-ácido. Esse acúmulo ocorre quando as moléculas de enxofre no eletrólito (ácido da bateria) se descarregam tão profundamente que começam a revestir as placas de chumbo da bateria. Quando uma área suficiente das placas está sulfatada, a bateria não conseguirá fornecer corrente suficiente e normalmente precisará ser substituída. A falha da bateria é geralmente resultado de baixos níveis de eletrólito — placas expostas ao ar irão sulfatar imediatamente.

### Baixos níveis de líquido de arrefecimento

A causa mais óbvia para um nível baixo de líquido de arrefecimento é um vazamento externo ou interno. Deve-se prestar muita atenção a qualquer poça visível de líquido de arrefecimento durante as inspeções semanais da unidade. A cor do líquido de arrefecimento varia conforme o fabricante e pode se parecer com diesel tingido de vermelho. Inspeccione o óleo para quaisquer sinais de alteração de cor ou textura leitosa e as mangueiras para “crostas” — sinal de vazamento do líquido e aditivos secando na conexão. Embora muitos geradores tenham alarmes de baixo nível de líquido de arrefecimento, poucos possuem um indicador dedicado para esse alarme. Comumente, esse alarme é associado ao circuito de desligamento por alta temperatura do líquido de arrefecimento.

### Alarmes de baixa temperatura do líquido de arrefecimento

Alarmes de baixa temperatura do líquido de arrefecimento são principalmente resultado de aquecedores de bloco defeituosos. Considerando que eles funcionam 24 horas por dia, sete dias por semana, irão falhar periodicamente. Um aquecedor de bloco normalmente não impede o funcionamento do motor. O gerador deve ser deixado funcionando por alguns minutos sem carga após a partida para que a temperatura aumente.

### Vazamentos de óleo, combustível ou líquido de arrefecimento

Na maioria das vezes, vazamentos de óleo não são realmente vazamentos, mas resultado do chamado “wet stacking” (ou “baba do motor”), causado por tempo excessivo de funcionamento sem carga. Geradores a diesel são projetados para operar com carga — mais eficientemente entre 70% e 80% da potência nominal. Quando operam muito abaixo desse nível, o motor pode começar a sobrecarregar de combustível ou apresentar “wet stacking” e danificar o motor.

### Ar no sistema de combustível

Esse é um problema comum em geradores mais novos que não são operados regularmente. As tolerâncias mais estreitas nos sistemas de combustível, para atender aos requisitos de emissão atuais, tornam esses sistemas mais suscetíveis ao ar afetando a partida. Isso não é tão comum em geradores mais antigos — muitos dos quais podem ter vazamento em uma linha ou válvulas de retenção que não mantêm corretamente o combustível no motor.

### Falta de combustível

Medidores mecânicos de nível de combustível nem sempre são precisos. Ao contrário de um veículo em movimento, que utiliza uma maior porcentagem da capacidade do tanque, o tanque do gerador não se move, fazendo com que o combustível fique estagnado. Medidores mecânicos também podem travar em uma posição até que a vibração os libere.

### Alarme de alto nível de combustível

Alarmes de alto nível de combustível são exigidos por regulamentações governamentais para evitar o transbordamento do tanque. O alarme deve ser ativado quando o tanque atingir entre 90% e 95% da capacidade. Isso permite que a pessoa que está abastecendo saiba quando deve parar de encher.

## Desarme de disjuntor

Se um disjuntor desarmar após o interruptor de transferência automática (ATS), o gerador não irá iniciar. O status do ATS deve ser verificado durante uma queda de energia. O ATS deve ter luzes ou um display mostrando a posição do interruptor e a disponibilidade da fonte. Se encontrar um disjuntor desarmado, certifique-se de identificar a causa antes de religá-lo.

## Modos de falha durante a operação

Os motores a diesel podem sofrer danos devido à má aplicação ou uso inadequado – principalmente vitrificação interna (ocasionalmente chamada de vitrificação do cilindro ou polimento) e acúmulo de carbono. Idealmente, os motores a diesel devem operar com pelo menos 60% a 75% de sua carga máxima nominal. Períodos curtos de funcionamento em baixa carga são permitidos, desde que o conjunto seja levado à carga total, ou próxima disso, regularmente.

A vitrificação interna e o acúmulo de carbono ocorrem devido a longos períodos de funcionamento em baixas rotações ou com baixa carga. Essas condições podem ocorrer quando um motor é deixado em marcha lenta como unidade geradora de “stand-by”, pronta para operar quando necessário (uso inadequado); se o motor que alimenta o conjunto for superdimensionado (má aplicação) para a carga a ele aplicada, fazendo com que a unidade a diesel opere subcarregada; ou, como é muito comum, quando os conjuntos são ligados e operados sem carga como teste (uso inadequado).

Operar um motor em baixa carga provoca baixas pressões nos cilindros e, conseqüentemente, má vedação dos anéis de pistão, pois essa vedação depende da pressão dos gases para pressionar os anéis contra o filme de óleo nos cilindros, formando o selo. Baixa pressão no cilindro causa má combustão e, como resultado, baixas pressões e temperaturas de combustão.

Essa má combustão leva à formação de fuligem e resíduos de combustível não queimado que entopem e colam os anéis de pistão, causando uma queda ainda maior na eficiência da vedação e agravando a baixa pressão inicial. A vitrificação ocorre quando gases quentes de combustão passam pelos anéis de pistão, agora mal vedados, fazendo com que o óleo lubrificante nas paredes do cilindro “queime instantaneamente”, criando uma camada vitrificada que suaviza o cilindro e remove o efeito do padrão intrincado das marcas de brunimento feitas na superfície do cilindro, que existem para reter o óleo e devolvê-lo ao cárter pelo anel raspador.

O carbono duro também se forma devido à má combustão e é altamente abrasivo, arranhando as marcas de brunimento dos cilindros, levando ao polimento do cilindro, o que resulta em aumento do consumo de óleo (fumaça azulada) e ainda mais perda de pressão, já que o filme de óleo retido nas marcas de brunimento é fundamental para manter o selo do pistão e a pressão.

O combustível não queimado então vaza pelos anéis de pistão e contamina o óleo lubrificante. A má combustão faz com que os injetores fiquem entupidos com fuligem, causando ainda mais deterioração na combustão e fumaça preta.

O problema é agravado ainda mais pela formação de ácidos no óleo do motor, causados pela água condensada e subprodutos da combustão que normalmente evaporariam em temperaturas mais altas. Esse acúmulo ácido no óleo lubrificante causa um desgaste lento, mas potencialmente grave, das superfícies dos mancais.

Esse ciclo de degradação faz com que o motor rapidamente sofra danos irreversíveis, podendo não funcionar mais e não ser capaz de atingir a potência total quando necessário.

O funcionamento subcarregado inevitavelmente causa não apenas fumaça branca de combustível não queimado, mas, com o tempo, será acompanhado por fumaça azul de óleo lubrificante queimado vazando pelos anéis de pistão danificados e fumaça preta causada por injetores danificados. Essa poluição é inaceitável para as autoridades e vizinhos.

Uma vez que ocorre a vitrificação ou o acúmulo de carbono, só é possível corrigir desmontando o motor e retificando os cilindros, refazendo as marcas de brunimento e desmontando, limpando e removendo o acúmulo de carbono nas câmaras de combustão, bicos injetores e válvulas. Se detectado nos estágios iniciais, operar o motor em carga máxima para aumentar as pressões e temperaturas internas permite que os anéis de pistão removam a vitrificação dos cilindros e que o acúmulo de

carbono seja queimado. No entanto, se a vitrificação progrediu a ponto de os anéis de pistão terem travado em seus canais, isso não terá efeito.

A situação pode ser prevenida selecionando cuidadosamente o conjunto gerador de acordo com as diretrizes impressas dos fabricantes.

## Orientação

### Cronograma de manutenção preventiva

De modo geral, é recomendável estabelecer e seguir um cronograma de manutenção e serviço baseado na aplicação específica de energia e na severidade do ambiente. Por exemplo, se o grupo gerador for utilizado com frequência ou submetido a condições extremas de operação, os intervalos recomendados de manutenção devem ser reduzidos de acordo.

Alguns dos fatores que podem afetar o cronograma de manutenção incluem:

- Utilização do grupo gerador a diesel em regime contínuo
- Temperaturas ambiente extremas
- Exposição ao clima
- Exposição à água salgada
- Exposição a poeira, areia ou outros contaminantes presentes no ar

A seguir estão recomendadas algumas atividades de manutenção preventiva a serem consideradas:

#### Diariamente:

- Realizar inspeção geral
- Verificar o aquecedor do líquido de arrefecimento
- Verificar o nível do líquido de arrefecimento
- Verificar o nível de combustível
- Verificar as tubulações de ar de admissão

#### Semanalmente:

- Verificar/limpar o filtro de ar
- Verificar o carregador da bateria
- Drenar o filtro de combustível
- Drenar a água do tanque de combustível

#### Mensalmente:

- Verificar a concentração do líquido de arrefecimento
- Verificar a tensão da correia de transmissão
- Drenar o condensado do escapamento
- Verificar o carregador da bateria

#### A cada 6 meses:

- Trocar o óleo e o filtro
- Trocar o filtro do líquido de arrefecimento
- Limpar o respiro do cárter
- Verificar as mangueiras do radiador

- Trocar os filtros de combustível
- Verificar cabos e conexões da bateria
- Verificar o nível do eletrólito da bateria e a densidade específica
- Inspeccionar tubulações e conexões de admissão de ar
- Inspeccionar o sistema elétrico DC, painel de controle e acessórios
- Inspeccionar a fiação e acessórios AC

### Anualmente:

- Limpar os sistemas de arrefecimento
- Trocar as velas de ignição
- Trocar o filtro de ar
- Realizar teste de carga em banco

### Inspeção geral

Quando o grupo gerador estiver em funcionamento, os operadores devem estar atentos a problemas mecânicos que possam criar condições inseguras ou perigosas. A seguir, estão listadas algumas áreas que devem ser inspecionadas frequentemente para manter uma operação segura e confiável.

- **Sistema de escapamento:** Com o grupo gerador em funcionamento, inspecione todo o sistema de escapamento, incluindo o coletor de escape, o silenciador e o tubo de escapamento. Verifique se há vazamentos em todas as conexões, soldas, juntas e uniões — e certifique-se de que os tubos de escapamento não estejam aquecendo excessivamente as áreas ao redor. Repare imediatamente qualquer vazamento. Verifique se há excesso de fumaça ao ligar: isso pode indicar possíveis problemas de desempenho e qualidade do ar que exigem atenção imediata.
- **Sistema de combustível:** Com o grupo gerador em funcionamento, inspecione as linhas de fornecimento e retorno de combustível, filtros e conexões quanto a rachaduras ou abrasões. Certifique-se de que as linhas não estejam em atrito com qualquer superfície que possa causar uma falha futura. Repare qualquer vazamento ou altere o roteamento das linhas para eliminar o desgaste imediatamente.
- **Sistema elétrico DC:** Verifique os terminais das baterias de partida para garantir que as conexões estejam limpas e firmes. Conexões soltas ou corroídas criam resistência, o que pode dificultar a partida.
- **Motor:** Monitore frequentemente os níveis de fluidos, pressão do óleo e temperaturas do líquido de arrefecimento. A maioria dos problemas do motor apresenta sinais de alerta precoce. Observe e ouça mudanças no desempenho, no som ou na aparência do motor que possam indicar a necessidade de manutenção ou reparo. Fique atento a falhas de ignição, vibrações, excesso de fumaça no escapamento, queda de potência ou aumento do consumo de óleo ou combustível.
- **Sistema de controle:** Inspeccione o sistema de controle regularmente e certifique-se de que ele esteja registrando dados corretamente durante o funcionamento do motor. Certifique-se de retornar o sistema de controle ao modo automático de espera normal após a realização de testes e manutenções.

### Serviço de lubrificação

Verifique o nível de óleo do motor quando o mesmo estiver desligado, no intervalo especificado pelo fabricante. Para leituras precisas na vareta do motor, desligue o motor e aguarde aproximadamente 10 minutos para permitir que o óleo das partes superiores do motor retorne ao cárter. Siga as recomendações do fabricante do motor quanto à classificação API e à viscosidade do óleo. Mantenha o nível de óleo o mais próximo possível da marca “cheio” na vareta, adicionando o mesmo tipo e marca de óleo. Troque o óleo e o filtro nos intervalos recomendados pelo fabricante. Consulte o fabricante do motor sobre os procedimentos de drenagem do óleo e substituição do filtro. O óleo e os filtros usados devem ser descartados adequadamente para evitar danos ambientais ou responsabilidades legais.



## Serviço do sistema de arrefecimento

Verifique o nível do líquido de arrefecimento durante os períodos de desligamento, no intervalo especificado pelo fabricante. Remova a tampa do radiador após permitir que o motor esfrie e, se necessário, adicione líquido de arrefecimento até que o nível esteja cerca de 2 cm abaixo da superfície inferior de vedação da tampa do radiador. Motores diesel de serviço pesado requerem uma mistura equilibrada de água, anticongelante e aditivos específicos para o líquido de arrefecimento. Utilize a solução recomendada pelo fabricante do motor.

Inspecione a parte externa do radiador para obstruções e remova toda a sujeira ou material estranho com uma escova ou pano macio. Tome cuidado para não danificar as aletas. Se disponível, utilize ar comprimido de baixa pressão ou um jato de água no sentido contrário ao fluxo normal de ar para limpar o radiador. Verifique o funcionamento do aquecedor do líquido de arrefecimento certificando-se de que o líquido quente esteja saindo pela mangueira de saída.

## Serviço do sistema de combustível

O diesel está sujeito à contaminação e deterioração ao longo do tempo, e um dos motivos para o funcionamento regular do grupo gerador é utilizar o combustível armazenado antes que ele se degrade. Além de outros serviços recomendados pelo fabricante do motor para o sistema de combustível, os filtros de combustível devem ser drenados no intervalo indicado pelo fabricante.

O vapor de água se acumula e condensa no tanque de combustível — e também deve ser periodicamente drenado do tanque junto com qualquer sedimento presente. O crescimento de bactérias no combustível diesel pode ser um problema em climas quentes. Consulte o fabricante ou o revendedor do grupo gerador para recomendações sobre o tratamento do combustível armazenado com biocida.

Testes regulares e polimento do combustível podem ser necessários se o combustível não for utilizado e reabastecido dentro de três a seis meses.

As tubulações e mangueiras do resfriador do ar de admissão devem ser inspecionadas regularmente quanto a vazamentos, furos, rachaduras ou conexões soltas. Aperte as braçadeiras das mangueiras conforme necessário. Além disso, inspecione o resfriador de ar de admissão quanto a sujeira e detritos que possam estar bloqueando as aletas. Verifique se há rachaduras, furos ou outros danos.

Os componentes de admissão de ar do motor devem ser verificados nos intervalos recomendados pelo fabricante. A frequência de limpeza ou substituição dos elementos filtrantes do filtro de ar é determinada principalmente pelas condições sob as quais o grupo gerador opera. Normalmente, os filtros de ar possuem elemento filtrante de papel, que pode ser limpo e reutilizado se não estiver danificado.

## Considerações: Partida, teste, limpeza e verificação das baterias

- **Baterias de partida:** Baterias de partida fracas ou descarregadas são uma causa comum de falhas em sistemas de energia de emergência. Mesmo quando mantidas totalmente carregadas e em boas condições, baterias de partida de chumbo-ácido estão sujeitas à deterioração ao longo do tempo e devem ser substituídas aproximadamente a cada 24 a 36 meses — ou quando não mantêm mais a carga adequada. Baterias de partida NiCad exigem menos manutenção do que as de chumbo-ácido e são frequentemente usadas em aplicações críticas. No entanto, também estão sujeitas à deterioração e precisam ser testadas regularmente sob carga.

- **Teste das baterias:** Verificar apenas a tensão de saída das baterias não indica sua capacidade de fornecer energia suficiente para a partida. À medida que as baterias envelhecem, sua resistência interna ao fluxo de corrente aumenta, e a única medida precisa da tensão dos terminais deve ser feita sob carga. Em alguns geradores, esse teste diagnóstico é realizado automaticamente cada vez que o gerador é acionado. Em outros grupos geradores, use um testador manual de carga de bateria para verificar a condição de cada bateria de partida.

- **Limpeza das baterias:** Mantenha as baterias limpas passando um pano úmido sempre que houver excesso de sujeira. Se houver corrosão nos terminais, remova os cabos da bateria e lave os terminais com uma solução de bicarbonato de sódio e água (¼ lb de bicarbonato para 1 litro de água). Tenha cuidado para evitar que a solução entre nas células da bateria e enxágue as baterias com água limpa ao terminar. Após recolocar as conexões, aplique uma camada fina de vaselina nos terminais.
- **Verificação da densidade específica:** Em baterias de chumbo-ácido de células abertas, use um hidrômetro de bateria para verificar a densidade específica do eletrólito em cada célula. Uma bateria totalmente carregada terá densidade específica de 1,260. Carregue a bateria se a leitura da densidade específica estiver abaixo de 1,215.
- **Verificação do nível do eletrólito:** Em baterias de chumbo-ácido de células abertas, verifique o nível do eletrólito pelo menos a cada 200 horas de operação. Se estiver baixo, complete as células da bateria até a base do pescoço de enchimento com água destilada.

## Funcionamento regular do grupo gerador

Grupos geradores em espera contínua devem ser capazes de passar de uma partida a frio para operação total em questão de segundos. Isso pode impor um grande esforço às peças do motor. No entanto, o funcionamento regular mantém as peças do motor lubrificadas, previne a oxidação dos contatos elétricos, consome o combustível antes que ele se deteriore e, de modo geral, ajuda a garantir partidas confiáveis do motor. Acione o grupo gerador pelo menos uma vez por mês, durante no mínimo 30 minutos, com carga não inferior a um terço da potência nominal da placa. Períodos de funcionamento sem carga devem ser minimizados, pois o combustível não queimado tende a se acumular no sistema de escapamento. Sempre que possível, teste o sistema com as cargas reais do prédio para acionar os interruptores de transferência automática e verificar o desempenho em condições reais de operação. Se conectar à carga normal não for conveniente para fins de teste, o melhor desempenho e vida útil do motor serão obtidos conectando-o a um banco de cargas de pelo menos um terço da potência nominal da placa. Certifique-se de retornar o controle do gerador para o modo AUTO ao final de qualquer manutenção.

## Conclusão

Geradores a diesel desempenham muitos papéis importantes em diferentes tipos de empresas comerciais. Compreender como esse equipamento deve ser operado e mantido é fundamental para muitas empresas. Atentar-se aos pontos abordados neste artigo ajudará a ampliar a compreensão sobre os riscos envolvidos e as medidas necessárias para reduzir a severidade e o impacto de um possível evento de falha de equipamento.

**Kleber Santos**

Engenheiro Mecânico | Consultor de Risco



# Operation and Maintenance of Diesel Generators



Diesel engines make up the vast majority of prime movers for emergency power generators due to their reliability, durability, and performance under load.

## Introduction

Diesel-powered generators are indispensable for backup power systems in critical locations: hospitals, airports, government buildings, telecommunications facilities, and nuclear power plants. In emergency power applications, diesel generators can start and reach full load in less than 10 seconds, and typically can operate for 30,000 hours or more between major overhauls.

## Analysis

A diesel generator is the combination of a diesel engine with an electric generator (often an alternator) to produce electricity. A compression-ignition diesel engine is generally designed to operate on fuel oil, but some types are adapted for other liquid fuels or natural gas.

Diesel generator sets are used in places without connection to the power grid or as an emergency power source if the grid fails, as well as in more complex applications such as peak demand management, grid support, and exporting power to the grid.

Sizing diesel generators is essential to avoid overload or power shortage and is complicated by the use of modern electronic equipment. In power ranges around 50 MW or more, an open-cycle gas turbine is more efficient at full load than a set of diesel engines and much more compact, with comparable capital costs; however, for regular partial operation, even at these power levels, diesel engine arrangements are sometimes preferred over gas turbines due to their superior efficiency.

The combination of the diesel engine, generator, and various auxiliary devices (such as base, enclosure, noise attenuation, control systems, circuit breakers, block water heaters, and starting system) is called a “generator set” or “genset” in English.

## Operation and maintenance of diesel generators

Generator set sizes range from 8 to 30 kW (also 8 to 30 kVA single-phase) for residences, small shops, and offices, with larger industrial generators ranging from 8 kW (11 kVA) up to 2,000 kW (2,500 kVA three-phase) used for large office complexes and factories.

A 2,000 kW set can be installed in a 40-foot (12 m) ISO container with fuel tank, controls, power distribution equipment, and all the necessary equipment to operate as a standalone power station or as backup for the electrical grid. These units, called power modules, are generator sets mounted on large three-axle trailers, weighing 85,000 pounds (38,555 kg) or more. A combination of these modules is used for small power stations and can range from one to 20 units per power section, and these sections can be combined to encompass hundreds of modules. At these higher power ratings, the power module (engine and generator) is transported to the site on separate trailers and connected to each other by large cables and a control cable to form a complete synchronized power plant. There are several options for specific needs, including control panels for automatic start and grid paralleling, acoustic enclosures for fixed or mobile applications, ventilation equipment, fuel supply systems, exhaust systems, etc. Diesel generators, sometimes as small as 200 kW (250 kVA), are widely used not only for emergency power, but also to supply distribution networks, whether during peak periods or when there is a shortage of large power generators.

## Failure of emergency generators to start when required

### Battery failure

The most frequent cause of generator service calls is related to battery failure. Eighty percent of all battery failures are linked to sulfation build-up—the accumulation of lead sulfate on the plates of lead-acid batteries. This build-up occurs when the sulfur molecules in the electrolyte (battery acid) are discharged so deeply that they begin to coat the battery’s lead plates.

When enough of the plates are sulfated, the battery will not be able to provide sufficient current and will usually need to be replaced. Battery failure is generally the result of low electrolyte levels—plates exposed to air will sulfate immediately.

## Low coolant levels

The most obvious cause of a low coolant level is an external or internal leak. Special attention should be paid to any visible puddle of coolant during the unit's weekly inspections. The color of the coolant varies by manufacturer and may look like red-dyed diesel. Inspect the oil for any signs of color change or milky texture and the hoses for "crusts"—signs of coolant leaking and additives drying at the connection. Although many generators have low coolant level alarms, few have a dedicated indicator for this alarm. Commonly, this alarm is associated with the high coolant temperature shutdown circuit.

## Low coolant temperature alarms

Low coolant temperature alarms are mainly the result of defective block heaters. Since they operate 24 hours a day, seven days a week, they will periodically fail. A block heater usually does not prevent the engine from running. The generator should be left running for a few minutes without load after starting so the temperature can rise.

## Oil, fuel, or coolant leaks

Most of the time, oil leaks are not actual leaks but are the result of so-called "wet stacking," caused by excessive no-load operation. Diesel generators are designed to operate under load—most efficiently between 70% and 80% of their rated power. When operating far below that level, the engine may begin to overload with fuel or present "wet stacking," which can damage the engine.

## Air in the fuel system

This is a common problem in newer generators that are not operated regularly. The tighter tolerances in fuel systems, to meet current emission requirements, make these systems more susceptible to air affecting startup. This is not as common in older generators—many of which may have a leak in a line or check valves that do not properly keep fuel in the engine.

## Lack of fuel

Mechanical fuel level gauges are not always accurate. Unlike a moving vehicle, which uses a greater percentage of tank capacity, the generator tank does not move, causing the fuel to stagnate. Mechanical gauges may also stick in one position until vibration frees them.

## High fuel level alarm

High fuel level alarms are required by government regulations to prevent tank overflow. The alarm should be activated when the tank reaches between 90% and 95% capacity. This allows the person refueling to know when to stop filling.

## Circuit Breaker Trip

If a circuit breaker trips after the automatic transfer switch (ATS), the generator will not start. The ATS status should be checked during a power outage. The ATS should have indicator lights or a display showing the switch position and source availability. If you find a tripped circuit breaker, be sure to identify the cause before resetting it.

## Failure Modes During Operation

Diesel engines can suffer damage due to misapplication or improper use—primarily internal glazing (sometimes called cylinder glazing or polishing) and carbon buildup. Ideally, diesel engines should operate at least 60% to 75% of their maximum rated load. Short periods of low-load operation are allowed, provided the set is regularly brought up to full or near-full load.

Internal glazing and carbon buildup occur due to long periods of operation at low speeds or low loads. These conditions can happen when an engine is left idling as a standby generator, ready to operate when needed (improper use); if the engine driving the set is oversized (misapplication) for the applied load, causing the diesel unit to operate underloaded; or, as is very common, when sets are started and run without load as a test (improper use).

Operating an engine at low load causes low cylinder pressures and, consequently, poor sealing of the piston rings, as this seal depends on gas pressure to press the rings against the oil film in the cylinders, forming the seal. Low cylinder pressure causes poor combustion and, as a result, low combustion pressures and temperatures.

Poor combustion leads to the formation of soot and unburned fuel residues that clog and stick the piston rings, causing an even greater drop in sealing efficiency and worsening the initial low pressure. Glazing occurs when hot combustion gases pass by the poorly sealed piston rings, causing the lubricating oil on the cylinder walls to "burn instantly," creating a glazed layer that smooths the cylinder and removes the effect of the intricate crosshatch pattern made on the cylinder surface, which exists to retain the oil and return it to the sump via the scraper ring.

Hard carbon also forms due to poor combustion and is highly abrasive, scratching the cylinder's crosshatch marks, leading to cylinder polishing, which results in increased oil consumption (bluish smoke) and even more pressure loss, since the oil film retained in the crosshatch is fundamental to maintaining piston seal and pressure.

Unburned fuel then leaks past the piston rings and contaminates the lubricating oil. Poor combustion causes the injectors to become clogged with soot, causing further deterioration in combustion and black smoke.

The problem is further aggravated by the formation of acids in the engine oil, caused by condensed water and combustion byproducts that would normally evaporate at higher temperatures. This acidic buildup in the lubricating oil causes slow, but potentially severe, bearing surface wear.

This degradation cycle causes the engine to quickly suffer irreversible damage, possibly ceasing to operate and being unable to reach full power when needed.

Underloaded operation inevitably causes not only white smoke from unburned fuel but, over time, will be accompanied by blue smoke from burnt lubricating oil leaking past damaged piston rings and black smoke caused by damaged injectors. This pollution is unacceptable to authorities and neighbors.

Once glazing or carbon buildup occurs, it can only be corrected by dismantling the engine and reboring the cylinders, reapplying the crosshatch pattern, and disassembling, cleaning, and removing the carbon buildup from the combustion chambers, injectors, and valves. If detected in the early stages, running the engine at maximum load to increase internal pressures and temperatures allows the piston rings to remove the glazing from the cylinders and burn off the carbon buildup. However, if the glazing has progressed to the point where the piston rings are stuck in their grooves, this will have no effect.

The situation can be prevented by carefully selecting the generator set according to the manufacturer's printed guidelines.

## Guidance

### Preventive maintenance schedule

In general, it is advisable to establish and follow a maintenance and service schedule based on the specific power application and the severity of the environment. For example, if the generator set is used frequently or subjected to extreme operating conditions, the recommended maintenance intervals should be reduced accordingly.

Some factors that may affect the maintenance schedule include:

- Continuous operation of the diesel generator set

- Extreme ambient temperatures
- Exposure to weather
- Exposure to saltwater
- Exposure to dust, sand, or other airborne contaminants

Below are some recommended preventive maintenance activities to be considered:

## Daily:

- Perform general inspection
- Check coolant heater
- Check coolant level
- Check fuel level
- Check intake air piping

## Weekly:

- Check/clean air filter
- Check battery charger
- Drain fuel filter
- Drain water from fuel tank

## Monthly:

- Check coolant concentration
- Check drive belt tension
- Drain exhaust condensate
- Check battery charger

## Every 6 months:

- Change the oil and filter
- Replace the coolant filter
- Clean the crankcase breather
- Check radiator hoses
- Replace fuel filters
- Check battery cables and connections
- Check the battery electrolyte level and specific gravity
- Inspect air intake piping and connections
- Inspect the DC electrical system, control panel, and accessories
- Inspect AC wiring and accessories

## Annually:

- Clean the cooling systems
- Replace spark plugs
- Replace the air filter
- Perform load bank testing

## General Inspection

When the generator set is in operation, operators must be alert to mechanical problems that could create unsafe or hazardous conditions. Below are some areas that should be frequently inspected to maintain safe and reliable operation.

- **Exhaust system:** With the generator set running, inspect the entire exhaust system, including the exhaust manifold, muffler, and exhaust pipe. Check for leaks at all connections, welds, joints, and unions—and ensure that exhaust pipes are not excessively heating the surrounding areas. Repair any leaks immediately. Check for excessive smoke at startup: this may indicate potential performance or air quality problems that require immediate attention.

- **Fuel system:** With the generator set running, inspect the supply and return fuel lines, filters, and connections for cracks or abrasions. Ensure that the lines are not rubbing against any surface that could cause future failure. Repair any leaks or reroute lines to eliminate wear immediately.
- **DC electrical system:** Check the starting battery terminals to ensure the connections are clean and tight. Loose or corroded connections create resistance, which can hinder starting.
- **Engine:** Frequently monitor fluid levels, oil pressure, and coolant temperatures. Most engine problems show early warning signs. Observe and listen for changes in performance, sound, or appearance that may indicate the need for maintenance or repair. Pay attention to misfires, vibrations, excessive exhaust smoke, loss of power, or increased oil or fuel consumption.
- **Control system:** Inspect the control system regularly and ensure it is correctly recording data during engine operation. Make sure to return the control system to the normal automatic standby mode after tests and maintenance are completed.

## Lubrication Service

Check the engine oil level when the engine is off, at the interval specified by the manufacturer. For accurate dipstick readings, turn off the engine and wait approximately 10 minutes to allow the oil from the upper parts of the engine to return to the sump. Follow the engine manufacturer's recommendations regarding API classification and oil viscosity. Keep the oil level as close as possible to the "full" mark on the dipstick, adding the same type and brand of oil. Change the oil and filter at the intervals recommended by the manufacturer. Consult the engine manufacturer for procedures on oil drainage and filter replacement. Used oil and filters should be properly disposed of to avoid environmental damage or legal liabilities.

## Cooling System Service

Check the coolant level during shutdown periods, at the interval specified by the manufacturer. Remove the radiator cap after allowing the engine to cool and, if necessary, add coolant until the level is about 2 cm below the lower sealing surface of the radiator cap. Heavy-duty diesel engines require a balanced mixture of water, antifreeze, and specific coolant additives. Use the solution recommended by the engine manufacturer.

Inspect the radiator exterior for obstructions and remove any dirt or foreign material with a brush or soft cloth. Take care not to damage the fins. If available, use low-pressure compressed air or a water jet in the opposite direction of the normal airflow to clean the radiator. Check the operation of the coolant heater, ensuring that hot coolant is coming out through the outlet hose.

## Fuel System Service

Diesel fuel is subject to contamination and deterioration over time, and one reason for regular generator set operation is to use the stored fuel before it degrades. In addition to other fuel system services recommended by the engine manufacturer, fuel filters should be drained at the interval indicated by the manufacturer.

Water vapor accumulates and condenses in the fuel tank—and should also be periodically drained from the tank along with any sediment present. Bacterial growth in diesel fuel can be a problem in hot climates. Consult the generator set manufacturer or dealer for recommendations on treating stored fuel with biocide.

Regular testing and polishing of the fuel may be necessary if the fuel is not used and replenished within three to six months.

The intake air cooler pipes and hoses should be regularly inspected for leaks, holes, cracks, or loose connections. Tighten hose clamps as needed. Also, inspect the intake air cooler for dirt and debris that may be blocking the fins. Check for cracks, holes, or other damage.

Engine intake air components should be checked at manufacturer-recommended intervals. The frequency of cleaning or replacing the air filter elements is mainly determined by the conditions under which the generator set operates. Typically, air filters have paper filter elements, which can be cleaned and reused if not damaged.



## Considerations: Starting, Testing, Cleaning, and Battery Checking

- **Starting batteries:** Weak or discharged starting batteries are a common cause of failures in emergency power systems. Even when kept fully charged and in good condition, lead-acid starting batteries are subject to deterioration over time and should be replaced approximately every 24 to 36 months—or when they no longer hold a proper charge. NiCad starting batteries require less maintenance than lead-acid batteries and are often used in critical applications. However, they are also subject to deterioration and need to be regularly tested under load.
- **Battery Testing:** Checking only the output voltage of the batteries does not indicate their capacity to provide enough power for starting. As batteries age, their internal resistance to current flow increases, and the only accurate measure of terminal voltage should be taken under load. In some generators, this diagnostic test is performed automatically each time the generator is started. In other generator sets, use a manual battery load tester to check the condition of each starting battery.
- **Battery Cleaning:** Keep batteries clean by wiping them with a damp cloth whenever there is excess dirt. If there is corrosion on the terminals, remove the battery cables and wash the terminals with a solution of baking soda and water (¼ lb baking soda to 1 liter of water). Be careful to prevent the solution from entering the battery cells and rinse the batteries with clean water when finished. After reconnecting the cables, apply a thin layer of petroleum jelly to the terminals.
- **Specific Gravity Check:** In open-cell lead-acid batteries, use a battery hydrometer to check the specific gravity of the electrolyte in each cell. A fully charged battery will have a specific gravity of 1.260. Recharge the battery if the specific gravity reading is below 1.215.
- **Electrolyte Level Check:** In open-cell lead-acid batteries, check the electrolyte level at least every 200 hours of operation. If it is low, top up the battery cells to the base of the fill neck with distilled water.

## Regular Operation of the Generator Set

Standby generator sets must be able to go from a cold start to full operation within seconds. This can put great stress on engine parts. However, regular operation keeps engine components lubricated, prevents oxidation of electrical contacts, consumes the fuel before it deteriorates, and, overall, helps ensure reliable engine starts. Start the generator set at least once a month, for at least 30 minutes, with a load not less than one-third of the nameplate rating. Periods of no-load operation should be minimized, as unburned fuel tends to accumulate in the exhaust system. Whenever possible, test the system with the building's actual loads to activate the automatic transfer switches and check performance under real operating conditions. If connecting to the normal load is not convenient for testing, the best engine performance and service life will be achieved by connecting it to a load bank of at least one-third of the nameplate rating. Be sure to return the generator control to AUTO mode at the end of any maintenance.

## Conclusion

Diesel generators play many important roles in different types of commercial enterprises. Understanding how this equipment should be operated and maintained is essential for many businesses. Paying attention to the points covered in this article will help broaden understanding of the risks involved and the necessary measures to reduce the severity and impact of a possible equipment failure event.

**Kleber Santos**  
Mechanical Engineer | Risk Consultant



Zurich Brasil Seguros

Av. Jornalista Roberto Marinho, 85 - 23º andar

Brooklin Novo – 04576-010

São Paulo, SP – Brasil

Publicação do Departamento de Risk Engineering da Zurich Brasil Seguros S.A.

Edição Digital nº 01 - Atualizada em Dezembro/2020

Para receber outros informativos ou obter maiores informações, contatar o  
Departamento de Risk Engineering da Zurich.

E-mail: [engenharia.riscos@br.zurich.com](mailto:engenharia.riscos@br.zurich.com)

