ENGINEERING TOMORROW

Broschüre | Oberschwingungsreduzierung

Oberschwingungen in HLK-Anwendungen – Überraschend einfache Möglichkeiten zur Kostensenkung

Reduzierung der Leistungsaufnahme bei der Oberschwingungsreduzierung für HLK um

37 %

drives.danfoss.de | VLT®

Behalten Sie mögliche Alternativen im Blick

Für die Oberschwingungsreduzierung gibt es keine Lösung auf dem Markt, die alles kann:

- liefert die beste Performance
- geringste Kosten bei höchster Systemeffizienz
- erfüllt sämtliche Normen
- auf alle Frequenzumrichtergrößen anwendbar
- einsetzbar für Neuinstallationen und Umrüstungen

Die wirtschaftlichste und technisch hochwertigste Lösung für eine bestimmte Anlage basiert immer auf den Anforderungen der Anwendung, dem Schweregrad der Oberschwingungen, den Kosten und den mit verschiedenen Technologien verbundenen Vorteilen.

Können wir also überhaupt von einer kostengünstigen Oberschwingungsreduzierung sprechen? Absolut, und zwar aus den folgenden Gründen:

Oberschwingungen erhöhen das Risiko, beeinträchtigen die Produktqualität und treiben die Betriebskosten in die Höhe. Die Reduzierung von Oberschwingungen sorgt für indirekte Energieeinsparungen durch geringere Verluste in Transformatoren, Kabeln und Geräten. Diese indirekten Einsparungen sind der Grund, warum Systeme mit Oberschwingungsreduzierungslösungen unabhängig von der verwendeten Technologie eine bessere Gesamtsystemeffizienz aufweisen.

Der Einsatz von Active-Front-End-Frequenzumrichtern (AFE-Frequenzumrichtern) zur Oberschwingungsreduzierung hat sich rasch durchgesetzt. Wenn allerdings die Rückspeisefähigkeit des AFE-Frequenzumrichters nicht erforderlich ist, stehen kostengünstigere Lösungen mit geringeren Verlusten zur Verfügung, die zu deutlich niedrigeren Betriebskosten führen. Daher muss man bei der Auswahl überlegt vorgehen.

Lesen Sie weiter, um zu erfahren, wie stark Sie mit einer aktiven Filterlösung zur Oberschwingungsreduzierung Ihre Stromkosten im Vergleich zu herkömmlichen Lösungen senken können.

Was sind Oberschwingungen?

Eine Wechselstromversorgung ist im Idealfall eine reine Sinuswelle mit einer Grundfrequenz von 50 oder 60 Hz. Alle elektrischen Betriebsmittel sind für eine optimale Leistung bei dieser Versorgung ausgelegt.

Oberschwingungen sind Spannungen und Ströme, deren Frequenzanteile ganzzahlige Vielfache der Grundschwingungsfrequenz sind. Sie verzerren somit die reine sinusförmige Kurvenform.

Leistungselektronik, wie sie in Gleichrichtersystemen, Frequenzumrichtern, USV, Lichtdimmerschaltern, Fernsehgeräten und zahlreichen anderen Geräten eingesetzt wird, nimmt einen nicht sinusförmigen Strom auf.

Durch Wechselwirkungen dieses nicht sinusförmigen Stroms mit der Netzversorgung entstehen in Abhängigkeit von der Stärke oder Schwäche der Netzversorgung (Netzimpedanz) höhere oder geringere Spannungsverzerrungen.

Je mehr elektrische Geräte mit integrierter Leistungselektronik vor Ort installiert sind, desto höher ist in der Regel der Grad der Oberschwingungsverzerrung.

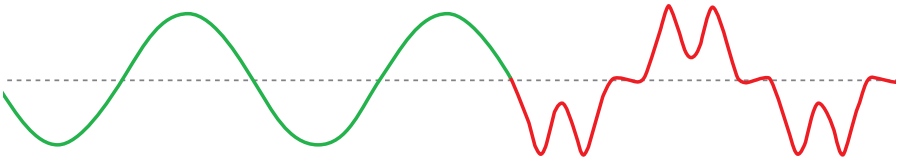
Warum stellen Oberschwingungen ein Problem dar?

Eine zu starke Oberschwingungsverzerrung der Netzversorgung bedeutet, dass die Quelle nicht nur 50- oder 60-Hz-Frequenzen, sondern auch Anteile höherer Frequenzen enthält.

Diese Anteile fallen für die Nutzung durch elektrische Geräte aus, haben jedoch schwerwiegende nachteilige Auswirkungen, z. B. folgende:

- Einschränkung der Versorgungs- und Netzleistung
- Höhere Verluste
- Stärkere Erwärmung von Transformatoren, Motoren und Kabeln
- Verkürzte Gerätelebensdauer
- Kostspielige unbeabsichtigte Produktionsausfälle
- Ausfälle der Steuerung
- Pulsierendes und reduziertes Motordrehmoment
- Hörbare Geräusche

Einfach ausgedrückt: Oberschwingungen verringern die Zuverlässigkeit, beeinträchtigen die Produktqualität und treiben die Betriebskosten in die Höhe.



Darstellung einer reinen sinusförmigen Kurvenform, die gestört wird

Nicht alle Frequenzumrichter sind gleich
– zur Reduzierung von Oberschwingungen gerüstet

Führt jeder Frequenzumrichter zu Problemen mit Oberschwingungen? Ganz und gar nicht.
Alle VLT®-Frequenzumrichter von Danfoss verfügen über eingebaute DC-Drosseln*, um die Interferenzen durch Oberschwingungen zu reduzieren. In den meisten Fällen reicht dies aus, um Spannungsverzerrungen zu vermeiden.

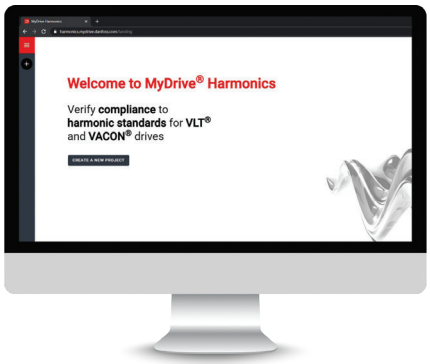
In einigen Fällen kann eine zusätzliche Oberschwingungsunterdrückung aufgrund von Netzbedingungen oder bei der Installation mehrerer Frequenzumrichter erforderlich sein.

Zu diesem Zweck hält Danfoss eine breite Palette an individuellen Lösungen zur Reduzierung von Oberschwingungen bereit, z. B. 12-pulsige Frequenzumrichter und Standard-Frequenzumrichter mit integrierten oder externen, aktiven oder passiven Oberschwingungsfiltern, einschließlich AFE.

Darüber hinaus bietet Danfoss auch aktive Lösungen für die zentrale Oberschwingungsunterdrückung, bei denen mehrere Lasten gleichzeitig kompensiert werden können.

Mit dem kostenlosen digitalen Tool MyDrive® Harmonics können Sie den Störungsgrad Ihres Netzes ganz einfach ermitteln.

MyDrive® Harmonics ist ein professionelles Simulationstool, mit dem Sie prüfen können ob Oberschwingungen bei der Installation von Frequenzumrichtern zu Komplikationen führen. Es schätzt die vergleichbaren Vorteile der Einführung verschiedener Oberschwingungsreduzierungslösungen aus dem Produktportfolio von Danfoss ab und berechnet dann die Oberschwingungsverzerrung, um die Einhaltung der verschiedenen einschlägigen Normen durch das System sicherzustellen. Es ist das ideale Design-Tool sowohl für Neu- als auch Umbauprojekte.



*Entdecken Sie **MyDrive® Suite,** von dort können Sie auf **MyDrive® Harmonics** zugreifen*

** Ausgenommen VLT® Micro Drive FC 51 mit einer Nennleistung von 7,5 kW oder weniger, wenn eine externe Reduzierungslösung verfügbar ist.*

Danfoss bietet Planungsunterstützung, um die für jedes Projekt am besten geeignete Lösung zur Oberschwingungsreduzierung zu empfehlen. Sofern dies zweckdienlich ist, umfasst die Danfoss-Unterstützung eine Überprüfung der Oberschwingungsbelastung vor Ort.

Auswahl der besten Lösung zur Oberschwingungsreduzierung

Es gibt verschiedene Möglichkeiten zur Reduzierung der Oberschwingungsbelastung, die jeweils ihre Vor- und Nachteile haben.

Keine einzige Lösung passt perfekt zu allen Anwendungen und Netzbedingungen.

Um eine optimale Reduzierungslösung zu erzielen, müssen mehrere Parameter berücksichtigt werden.

Die Schlüsselparameter lassen sich in folgende Bereiche unterteilen:

- Netzbedingungen einschließlich anderer Lasten
- Anwendung
- Einhaltung von Normen
- Kosten
- Energieeffizienz

Danfoss führt auf Anfrage eine umfassende Oberschwingungsanalyse durch und empfiehlt die für Ihre Anlage am besten geeignete und wirtschaftlichste Lösung.

Bei der Analyse werden die installierten Lasten, die gesetzlichen Vorschriften und Regelwerke sowie die Vielfalt Ihrer Betriebsabläufe und Anwendungen berücksichtigt.

Die entscheidenden Gesichtspunkte
– ein ganzheitlicher Ansatz optimiert Ihre Betriebsabläufe

Eine störungsfreie Lüftung arbeitet auch bei dieser Anlage mit langen Kabeln im Micheville-Tunnel in Luxemburg hocheffizient

Die konforme, effiziente Kühlung gewährleistet Zuverlässigkeit und optimale PUE in den Rechenzentren von Equinix in den Niederlanden

Wie beeinflussen die Netzbedingungen die Oberschwingungsbelastung?

Der wichtigste Faktor bei der Ermittlung der Oberschwingungsbelastung eines Versorgungsnetzes ist die Systemimpedanz.

Die Systemimpedanz hängt in erster Linie von der Größe des Transformators im Verhältnis zur Gesamtleistungsaufnahme der installierten Lasten ab. Je größer der Transformator im Verhältnis zur nicht sinusförmigen Leistungsaufnahme ist, desto geringer ist die Störung.

Das Energieversorgungsnetz ist ein Verbundsystem aus Stromversorgungen und Stromverbrauchern, die über Transformatoren miteinander verbunden sind. Alle Lasten, die einen nicht sinusförmigen Strom aufnehmen, tragen zur Oberschwingungsbelastung des Stromnetzes bei – nicht nur an der Niederspannungsversorgung, sondern auch bei höheren Spannungsniveaus.

Bei der Messung an einem Anschlusspunkt ist daher immer ein gewisser Störungsgrad vorhanden. Dies wird als Oberschwingungsvorverzerrung bezeichnet.
Da nicht alle Verbraucher dreiphasigen Strom aufnehmen, ist die Belastung jeder Phase unterschiedlich. Dies führt zu unterschiedlichen Spannungswerten an jeder Phase, was wiederum Phasenasymmetrie verursacht.

Verschiedene Lösungen zur Oberschwingungsreduzierung weisen unterschiedliche Störfestigkeiten gegen Vorverzerrung und Asymmetrie auf. Dies muss daher bei der Auswahl der am besten geeigneten Lösung zur Oberschwingungsreduzierung beurteilt werden.

Sicherer und störungsfreier Komfort für Personal und Patienten am University Medical Centre in Slowenien

Als eines der effizientesten Hotels der Welt profitiert das Crowne Plaza Copenhagen Towers von HLK-Anlagen mit optimierter Oberschwingungsreduzierung

Welche anwendungsspezifischen Aspekte sind zu berücksichtigen?

Die Oberschwingungsverzerrung nimmt mit der von der nicht-linearen Last aufgenommenen Leistung zu. Daher müssen sowohl die Anzahl der verbauten Frequenzumrichter als auch deren individuelle Leistungsgrößen und Lastprofile berücksichtigt werden.

Die Verzerrung eines Frequenzumrichters wird durch die Gesamt-Oberschwingungsverzerrung des Stroms (THDi) bestimmt, die das Verhältnis zwischen der Summe der Oberschwingungsanteile und der Grundfrequenz ist.

Die Auslastung des Frequenzumrichters ist wichtig, weil die THDi bei Teillast zunimmt. So erhöht eine Überdimensionierung von Frequenzumrichtern die Oberschwingungsbelastung des Netzes.

Darüber hinaus müssen umgebungstechnische und physikalische Beschränkungen berücksichtigt werden, da die verschiedenen Lösungen Eigenschaften besitzen, die für bestimmte Einsatzbedingungen unterschiedlich gut geeignet sind.

So sind beispielsweise Wandfläche, Kühlluft (verunreinigt/kontaminiert), Vibrationen, Umgebungstemperatur, Höhenlage, Luftfeuchtigkeit usw. zu berücksichtigen.

Ist die Einhaltung der Normen weltweit einheitlich?

Um eine bestimmte Netzqualität sicherzustellen, verlangen die meisten Energieversorger von ihren Verbrauchern, die gültigen Normen und Vorgaben einzuhalten.

In verschiedenen Ländern und Industriebereichen gelten verschiedene Normen. Allen ist jedoch ein grundlegendes Ziel gemeinsam: Die Begrenzung der Netzspannungsverzerrung.

Normen sind abhängig von den Netzbedingungen. Daher ist es nicht möglich, die Erfüllung von Normen und Vorschriften zu garantieren, ohne die speziellen Netzspezifikationen zu kennen.

Die jeweiligen Normen legen keine bestimmte Lösung zur Oberschwingungsreduzierung zwingend fest. Daher ist es wichtig, Normen, Vorschriften und Empfehlungen zu kennen, um unnötige Kosten für Reduzierungsmaßnahmen zu vermeiden.

Welche Kostenauswirkungen hat die Anwendung einer Oberschwingungsreduzierung?

Schließlich sind die Anschaffungs- und Betriebskosten auszuwerten, um sicherzustellen, dass die wirtschaftlich rentabelste Lösung gefunden wird.

Die Anschaffungskosten der unterschiedlichen Lösungen zur Reduzierung von Oberschwingungen im Vergleich zum Frequenzumrichter ändern sich in Abhängigkeit vom Leistungsbereich. Die Lösung, die für einen Leistungsbereich am wirtschaftlichsten ist, ist nicht unbedingt über den gesamten Leistungsbereich kostenoptimiert.

Die Betriebskosten setzen sich zusammen aus dem Wirkungsgrad der Lösungen über das gesamte Lastprofil und den Wartungskosten über ihre Lebensdauer.

Aktive Lösungen bieten den Vorteil, dass sie den Wirkleistungsfaktor über den gesamten Leistungsbereich nahe Eins halten, wodurch sich eine bessere Energienutzung bei Teillast ergibt.

Zudem sollten auch zukünftige Entwicklungspläne für das Werk oder die Anlage mit in die Planung einbezogen werden. Denn obwohl eine Lösung optimal für ein statisches System ist, kann sich eine andere als flexibler erweisen, wenn das System erweitert werden muss.

Kostengünstige Oberschwingungsreduzierung – dazu gibt es mehrere Möglichkeiten

Bei der Planung eines Systems steht der Schutz der Ressourcen und der Umwelt ebenso im Vordergrund wie die Leistung und technische Sicherheit eines Produkts.

Wichtigste Auswahlkriterien: Energieverbrauch und Betriebskosten

Aus sowohl ökologischer als auch wirtschaftlicher Sicht müssen wir Energie so effizient wie möglich einsetzen. Den Energieverbrauch an die tatsächlichen Bedürfnisse der Anlage anzupassen ist daher naheliegend und logisch. Dafür gibt es mehrere Möglichkeiten.

Lüfter und Pumpen werden oft rund um die Uhr betrieben, sodass ein optimaler Energieverbrauch und geringe Betriebskosten (OPEX) die entscheidenden Kriterien bei der Planung einer Anlage sind.

Wussten Sie, dass ineffiziente Methoden zur Oberschwingungsreduzierung und die blinde Einhaltung überstrenger Vorgaben unnötige Kosten verursachen können? Danfoss empfiehlt, mit Augenmaß und anhand von praktischen Gesichtspunkten wirtschaftliche und zugleich nachhaltige Entscheidungen zu treffen.

Active Front-End oder nicht?

Die sogenannte Active-Front-End-Technik (AFE) hat sich rasch als gefragte Methode zur Oberschwingungsreduzierung etabliert. Die Verwendung eines AFE-basierten Produkts kann eine gute Lösung sein, sollte jedoch wohlüberlegt erfolgen.

Für ein besseres Verständnis betrachten Sie die drei Wege zu einer wirtschaftlichen Oberschwingungsreduzierung und sehen Sie sich das Beispiel auf Seite 11 an, das die Kostenauswirkungen verschiedener Alternativen zur Oberschwingungsreduzierung unter die Lupe nimmt. Eine dieser Alternativen ist eine AFE-Lösung. Die andere Lösung basiert auf aktiven Filtern.

Drei Wege zu einer kosteneffizienten Oberschwingungsreduzierung

1. Verwenden Sie Oberschwingungsreduzierungsmaßnahmen nur bei Bedarf

Eine Übererfüllung der Normvorgaben ist nicht erforderlich. Ihr Ziel sollte es sein, Oberschwingungen nur auf die erforderliche Norm und entsprechend den Anforderungen der Anlage zu regeln. Wie zum Beispiel bei Motorkabeln: Würden Sie die Verkabelung überdimensionieren, weil Sie in ferner Zukunft vielleicht einen größeren Motor benötigen könnten? Wohl kaum.

Es gibt keine perfekte Lösung für alle Anforderungen. Berücksichtigen Sie verschiedene Aspekte der Systemleistung, um eine optimale Lösung zu finden. Danfoss kann Sie bei der Auswahl der optimalen Lösung zur Oberschwingungsreduzierung für Ihr System unterstützen.

Faustregel: Liegt die Last des Frequenzumrichters unter 40 % der Gesamtbelastung des Transformators, sind keine Maßnahmen zur Oberschwingungsreduzierung erforderlich. Vorsicht bei Generatorversorgung (Backup-Versorgung)

2. Auslegung auf die Einhaltung der Vorschriften

Die Vorschriften legen die THDv-Anforderungen fest, geben jedoch keine THDi-Anforderungen an.

Aus diesem Grund ist die Auslegung auf 5 % THDv zu beziehen, um die Vorschriften zu erfüllen. Es gibt keine Vorschriften, die THDi ≤ 5 % oder gar THDi ≤ 8 % an den Hauptversorgungsquellen vorsehen. Die Vorgabe solcher THDi-Werte für eine Auslegung verursacht unnötige Kosten.

Führen Sie einfache Analysen durch. Berechnungen, die weniger als 10 Minuten dauern, können Ihnen viel Geld sparen. Bewerten Sie das System als Ganzes, um die optimale Lösung zu finden.

Das geht ganz einfach mit unserer kostenlosen Version von MyDrive® Harmonics.

*Entdecken Sie **MyDrive® Harmonics***

3. Auswahl von Oberschwingungsreduzierungsmaßnahmen anhand der OPEX-Berechnung

In einer Anlage trägt der Energieverbrauch von Frequenzumrichtern wesentlich zu den Betriebskosten bei. Aus diesem Grund ist die Ermittlung des Wirkungsgrads, einschließlich der Berechnung der Energieverluste, ein wichtiger Schritt bei der Auswahl von Maßnahmen zur Oberschwingungsreduzierung.

Die Wirkungsgrade 6-pulsiger Frequenzumrichter verschiedener Marken unterscheiden sich in der Regel nur geringfügig. Doch bei den Geräten verschiedener Anbieter zur Oberschwingungsreduzierung sind Wirkungsgradunterschiede von mehr als dem Doppelten nicht ungewöhnlich. Es ist wichtig, die Berechnungen durchzuführen, bevor Sie Ihre Wahl treffen.

Klimaanlagen im Krankenhaus
– Oberschwingungsreduzierung in der Praxis

Klima- und Lüftungsanlagen sind in Krankenhäusern von entscheidender Bedeutung. Die optimale Temperatur und Raumluftqualität (IAQ) sind wichtige Faktoren bei der Behandlung von Patienten.

Während der Behandlung verbringen die Patienten insbesondere bei schwereren Erkrankungen die meiste Zeit im Krankenzimmer und können nicht an die frische Luft gehen. In Räumen mit angemessener Temperaturregelung erfolgt die Genesung jedoch rascher und effizienter als in überhitzten und unbelüfteten Räumen.

Neben einer optimalen Temperatur und Raumluftqualität (IAQ) ist die Einhaltung der Norm IEC/EN 61000-2-4, Klasse 1, erforderlich. Erfahren Sie auf Seite 11, wie Sie durch die Auswahl der optimalen Lösung zur Oberschwingungsreduzierung ganze 250.000 Euro einsparen können.

Das folgende Beispiel zeigt deutlich, dass eine Lösung mit aktivem Filter um 37 % niedrigere Betriebskosten und eine höhere Effizienz als eine Lösung auf AFE-Basis erzielt. Die Einsparungen in diesem Beispiel belaufen sich über 10 Jahre auf 250.000 Euro.

Ziehen Sie die Alternative eines aktiven Filters in Betracht

Oberschwingungen im Stromnetz verursachen Systemstörungen, die vorhandene Geräte zusätzlich belasten und Leistungsschwankungen bewirken. Herkömmliche AFE-Lösungen zur Oberschwingungsreduzierung arbeiten mit Filtern an jedem einzelnen Frequenzumrichter im System.

Die geltenden Normen und Vorschriften geben jedoch keine derartigen Anforderungen zur Oberschwingungsreduzierung für einzelne Frequenzumrichter mit variabler Drehzahl vor. Um Investitionsaufwand, Energiekosten und Platz einzusparen, empfehlen wir nur die Installation von Filtern, die zum Beispiel zur Erfüllung der Norm IEEE 519 notwendig sind.

Unsere Advanced Active Filter ermöglichen ein Setup mit einer zentralen Filterlösung, das sämtlichen gesetzlichen Vorgaben gerecht wird.

Im Gegensatz zur herkömmlichen Oberschwingungsreduzierung auf Basis der Active Front End-Technologie erkennt der Advanced Active Filter Oberschwingungsverzerrungen im System und injiziert einen Gegenstrom, um die Netzrückwirkungen zu neutralisieren.

Auch die Energieeffizienz ist ein wichtiger Aspekt bei der Auswahl Ihrer Lösung zur Oberschwingungsreduzierung. Durch die Auswahl einer hocheffizienten Lösung zur Oberschwingungsreduzierung können Sie oft 2 % Ihres Energiebedarfs einsparen und Ihre Amortisationsdauer um 1 Jahr reduzieren. Gemeinsam können wir viel zur Umsetzung unserer Klimaziele erreichen.

Weitere Informationen finden Sie **hier**

Danfoss Advanced Active Filter AAF 007

Danfoss hat den Advanced Active Filter AAF 007 entwickelt, um die Oberschwingungsbelastung durch zentral oder dezentral installierte Danfoss-Frequenzumrichter zu verringern. Die SiC-Switches der neuesten Generation bieten mit 60 % geringerer Verlustleistung im Vergleich zu ähnlichen Filtern einen unübertroffen hohen Wirkungsgrad und eine wirkungsvolle Abschwächung von Oberschwingungen höherer Ordnung. Der Filter ist mit allen Frequenzumrichtern des Danfoss-Produktportfolios kompatibel. Er kommt vorkonfiguriert sowie werkseitig abgestimmt und ist mit den zugehörigen Stromwandlern sofort einsatzbereit.

Weitere Informationen zum Danfoss Advanced Active Filter AAF 007

Beispiel

Die Lüftungsregelung des Krankenhauses besteht aus insgesamt 88 Frequenzumrichtern mit einer Leistung von ca. 2100 kW, unterteilt in zwei identische Teilsysteme, von denen jedes an einen eigenen Transformator angeschlossen ist. Für den Backup-Betrieb gibt es einen Generator, wie in der Übersicht in Abbildung 1 dargestellt.

Neben der Einhaltung der Normen hat der Investor folgende Anforderungen:

- Zuverlässige Leistung mit hoher Redundanz
- Keine Störbeeinflussung von Hauptanlagen, Service und technischem Support im Krankenhaus
- Senkung des Energieverbrauchs

Zur Erfüllung dieser Anforderungen sehen wir uns die Effizienz und die Kostenauswirkungen zweier möglicher Umrichterlösungen an:

- Szenario A: Standard VLT® HVAC Drive FC 102 von Danfoss mit Advanced Active Filter
- Szenario B: Herkömmlicher AFE Low Harmonic Drive

Die für die einzelnen Szenarien erforderlichen Geräte sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Für die Oberschwingungsreduzierung der Lüftungsanlage des Krankenhauses erforderliche Geräte, Szenarien A und B

Für beide Szenarien installierte Geräte									**Gesamt**	
Motorwellenleistung [kW]	4	5.5	11	18,5	45	75	110	400		
Anz. der Lüfter (variables Drehmoment)	6	2	10	2						
Anz. der Pumpen (variables Drehmoment)	4	4	2	6	4	4	2			
Anz. der Kühler (konstantes Drehmoment)								4		
Gesamtanz. von Frequenzumrichtern	10	6	12	8	4	4	2	4	50	
Szenario A: Standard VLT® HVAC FC 102 von Danfoss mit Advanced Active Filter									**Gesamt**	**Filterverluste**
Verluste pro Frequenzumrichter [W] [1]	124	187	392	465	835	1384	2559	8084		10.790 € unter Annahme eines AAF 007 für 715 A
Stromkosten für Verluste pro Frequenzumrichter über 10 Betriebsjahre [2]	8.680 €	7.860 €	32.970 €	26.070 €	23.410 €	38.800 €	35.870 €	226.600 €	400.260 €	18.900 € unter Annahme eines 715 A-Filters
Summe Frequenzumrichter und Filter									419.160 €	
Szenario B: Äquivalente Frequenzumrichter auf AFE-Basis									**Gesamt**	
Verluste pro Frequenzumrichter [W] [1]	226	329	579	751	3808	2963	3990	11065		
Stromkosten für Verluste pro Frequenzumrichter über 10 Betriebsjahre [2]	15.840 €	13.830 €	48.690 €	42.100 €	106.750 €	83.060 €	55.920 €	310.170 €	676.360 €	
Gesamt für alle Frequenzumrichter									676.370 €	
Differenz der Kosten für Verluste über 10 Jahre									257.201 €	

1] *Verluste im Motor bleiben unberücksichtigt. Geschätzte Verlustleistung wie in den Handbüchern des Frequenzumrichters angegeben*

2] *(0,1 Euro pro kWh x 24 Stunden x 365 Tage x 10 Jahre) pro Gerät, die Auslastung beträgt 80 %*

Abbildung 1. Überblick über die Lüftungsregelung des Krankenhauses, Normalbetrieb

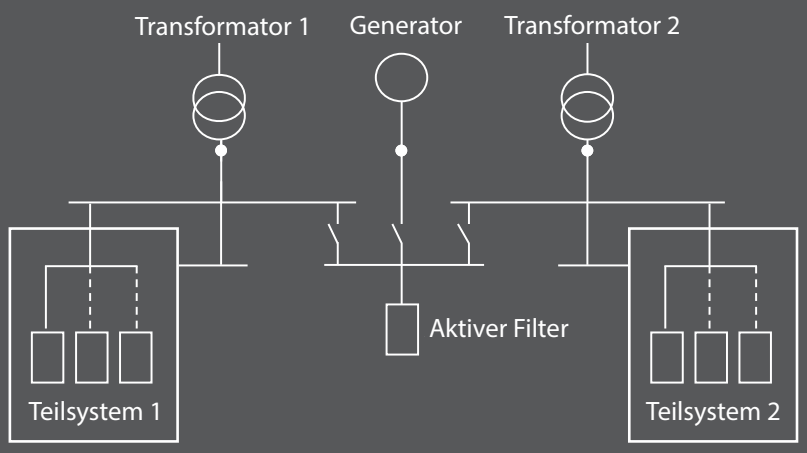


Abbildung 2. Überblick über die Lüftungsregelung des Krankenhauses, Backup-Betriebsart 1

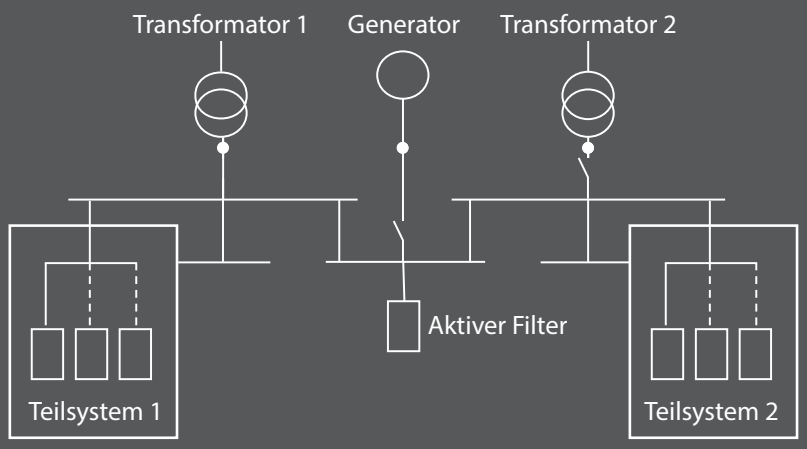
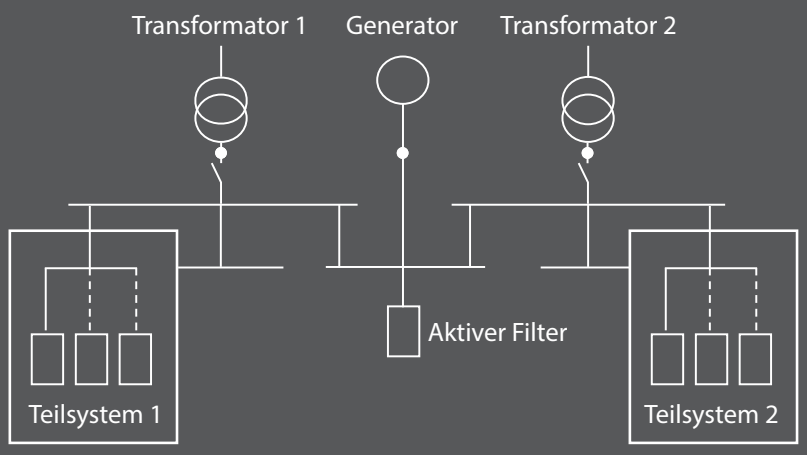


Abbildung 3. Überblick über die Lüftungsregelung des Krankenhauses, Backup-Betriebsart 2



Klimaanlagen im Krankenhaus
– Oberschwingungsreduzierung in der Praxis

Analyse

Szenario A: Aktive Filterlösung von Danfoss

Wir betrachten drei Betriebsarten:

- Normalbetrieb: Zwei Trafos mit 2.500 kVA, von denen jeder sein eigenes Teilsystem speist
- Backup-Betriebsart 1: Ein 2.500-kVA-Transformator zur Speisung beider Teilsysteme
- Backup-Betriebsart 2: Ein Notstromgenerator zur Speisung beider Teilsysteme

Eine kurze Berechnung mit MyDrive® Harmonics zeigt, dass zur Einhaltung der Norm IEC IEC/EN 61000-2-4 Klasse 1 in allen drei Betriebsarten eine Oberschwingungsreduzierung für die ***Backup-Betriebsart 1*** erforderlich ist. Die Simulationsergebnisse finden Sie in Tabelle 2.

Tabelle 2: Konformität von Danfoss-Lösungen mit und ohne Oberschwingungsreduzierung in Form eines aktiven Filters

VLT® HVAC Drive FC 102	THDv			IEC/EN 61000-2-4, Klasse 1, Konformität mit THDv < 5 %
	Normalbetrieb	Backup-Betriebsart 1	Backup-Betriebsart 2	
	Einzeltrafo mit 2500 kVA, Speisung eines Teilsystems	Einzeltrafo mit 2500 kVA, Speisung beider Teilsysteme	Kein Transformator, Backup-Generator mit 4600 kVA	
THDv für 6-pulsige Standard-Frequenzumrichter	4,42 %	7,05 %	3,77 %	Backup-Betriebsart 1 ist nicht konform
THDv für 6-pulsige Standard-Frequenzumrichter und aktiven 715-A-Filter	4,42 %*	4,96 %	2,87 %	Konform in allen Betriebsarten

** Filter installiert, aber nicht in Betrieb*

Welche Lösungen sollten zur Oberschwingungsreduzierung in Betracht gezogen werden?

Da das System in der Regel im Normalbetrieb läuft und in diesem Fall Standardfrequenzumrichter die IEC-Norm einhalten, ist eine Oberschwingungsreduzierung nur erforderlich, wenn sich das System in Backup-Betriebsart 1 oder 2 befindet.

Berechnungen im Tool MyDrive® Harmonics zeigen, dass ein Filter mit 715 A erforderlich ist, um die geforderte Oberschwingungsreduzierung THDv von 5 % am Verknüpfungspunkt zu erfüllen.

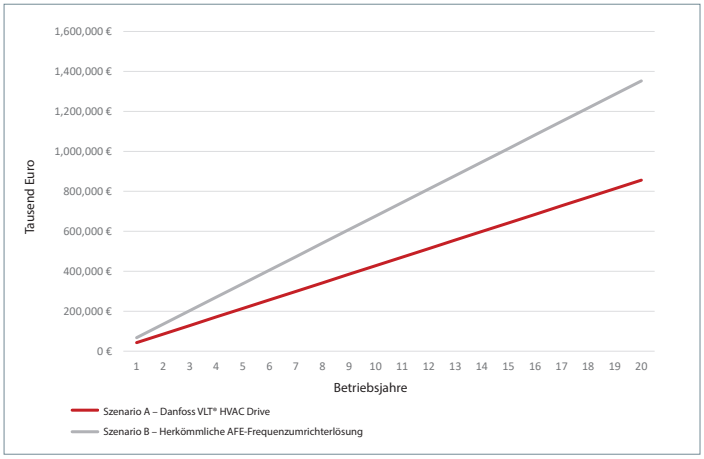
Bei allen Berechnungen gehen wir davon aus, dass der Filter 20 % der Zeit läuft.

Szenario B – AFE-Frequenzumrichterlösung

Die Frequenzumrichter auf AFE-Basis erfüllen bereits die geforderte Oberschwingungsreduzierung einer THDv von unter 5 %.

Aus Abbildung 4 geht deutlich hervor, dass die Danfoss-Lösung mit modernen aktiven Filtern (A) bei Verwendung des AAF 007 *(oben angegebene Zahlen)* 38 % weniger Energie verbraucht als die zweitbeste Lösung – die herkömmliche AFE-Frequenzumrichterlösung (B).

Abbildung 4. Gesamtkosten der Stromverluste im Zeitverlauf



Weitere Einsparungen aufgrund des hervorragenden Wärmemanagements

Die Verluste von Frequenzumrichtern werden in Form von Wärme abgeführt. Dabei werden zur Abführung der Wärme für jedes kW Verlust 0,4 kW Energie, benötigt. Die Verluste führen also nicht nur zu erhöhten Energiekosten, sondern auch zu höheren Kosten für die Klimatisierung. Mit Frequenzumrichtern von Danfoss sind weitere Einsparungen möglich, da rückseitige Kühlluftkanäle dafür sorgen, dass 90 % der durch Verluste erzeugten Wärme außerhalb des Kontrollraums bleiben. Außerdem wird wegen des geringeren Klimatisierungsbedarfs weniger Platz für den Kontrollraum benötigt – ein zusätzlicher Vorteil.

Anhand des obigen Beispiels und unter Berücksichtigung von Tabelle 1 erkennen wir, dass für Szenario A Gesamtverluste in Höhe von 67 kW und für Szenario B von 96,5 kW entstehen. Wenden wir nun einen Nutzungsgrad von 0,8 darauf an, der die tatsächliche Nutzung des Systems im Verhältnis zum Volllastbetrieb über ein gesamtes Jahr widerspiegelt.

Beim Szenario A können die Frequenzumrichter bei Gesamtverlusten von 37 kW die Kühlung mit rückseitigem Kühlkanal ausnutzen, weil wir für diese Lösung nur Frequenzumrichter mit mehr als 90 kW berücksichtigen. Das bedeutet, dass von diesen Frequenzumrichtern nur 3,7 kW Verlustleistung innerhalb des Kontrollraums abgegeben werden. Wenn man noch die Filterverluste und die Verluste der Frequenzumrichter ohne rückseitigen Kühlkanal hinzunimmt, müssen beim Szenario A im Kontrollraum 44,5 kW gekühlt werden, während im Szenario B Kühlung für 96,5 kW Verlustleistung erforderlich ist.

Berücksichtigt man die Unterschiede bei der Leistungsaufnahme mit einem Nutzungsgrad von 0,8 und den Bedarf von 0,4 kW/kW für Kühlanwendungen, so ergeben sich unter Annahme eines Energiepreises von 10 Euro-Cent/kWh jährliche Ersparnisse von bis zu 14.500 Euro. Über einen Zeitraum von zehn Jahren würden sich bei Entscheidung für eine Danfoss-Lösung hinsichtlich des Klimatisierungsbedarfs Einsparungen in Höhe von 145.000 Euro ergeben. Diese kommen noch zu den Einsparungen von 257.000 Euro durch die zentrale Kompensationslösung im oben untersuchten Fallbeispiel hinzu.

Warum ist der Wirkungsgrad so wichtig?

Lüfter und Pumpen werden oft rund um die Uhr betrieben, sodass ein optimaler Energieverbrauch und geringe Betriebskosten (OPEX) die entscheidenden Kriterien bei der Planung einer Anlage sind.

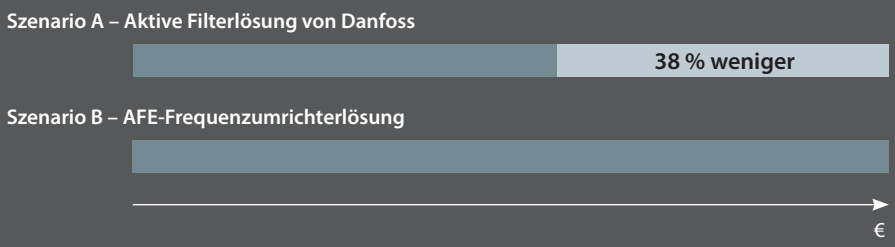
In den letzten Jahrzehnten sind die Kosten für die variable Drehzahlregelung durch Frequenzumrichter gesunken und die Strompreise sind gestiegen. Dies macht die Verwendung von Frequenzumrichtern an mehr oder weniger allen rotierenden Maschinen attraktiver.

Über die Lebensdauer des Frequenzumrichters betrachtet sind die Energiekosten der vorherrschende wirtschaftliche Faktor, insbesondere da Klimaanlagenlüfter im Krankenhaus rund um die Uhr in Betrieb sind. Bei der Auswahl einer Frequenzumrichterlösung mit Oberschwingungsreduzierung sind der Wirkungsgrad und die Kosten der Verluste daher entscheidende Parameter.

Das Beispiel zeigt, dass die Frequenzumrichterlösung mit Oberschwingungsreduzierung von Danfoss aufgrund ihrer Kombination aus Frequenzumrichter und aktivem Filter mit hohem Wirkungsgrad eine deutlich höhere Effizienz aufweist als die herkömmliche Alternative.

Wie in Tabelle 1 dargestellt, liegen die Kosten für die Verluste bei 42.806 Euro für die Danfoss-Lösung und bei 67.637 Euro für die herkömmliche Lösung. Basierend auf Tabelle 1 kommt die Danfoss-Lösung mit 37 % weniger Strom aus als die herkömmliche Lösung. Dadurch spart das Krankenhaus 37 % an Energiekosten für die Oberschwingungsreduzierung, wenn es sich für die aktive Filterlösung von Danfoss entscheidet, wie in Abbildung 3 dargestellt.

Abbildung 5. Der Energieverbrauch im Vergleich



Klimaanlagen im Krankenhaus
– Oberschwingungsreduzierung in der Praxis

Fazit

Das Beispiel zeigt deutlich, dass eine Lösung mit aktivem Filter um 38 % geringere Betriebskosten und eine höhere Effizienz als eine Lösung auf AFE-Basis erzielt. Die Einsparungen belaufen sich über 10 Jahre auf 250.000 Euro.

Weitere Vorteile des Danfoss Advanced Active Filter AAF 007

- Der aktive Filter wird parallel zum Frequenzumrichtereingang installiert. Daher funktioniert der Frequenzumrichter bei einem Filterdefekt weiterhin ordnungsgemäß und sorgt so für einen störungsfreien Betrieb der Klimaanlage im Krankenhaus. Diese Struktur sorgt für ein zuverlässiges System mit hoher Redundanz.
- Der aktive Filter spart Energie, indem er auf den „Energiesparmodus" umschaltet, wenn die Oberschwingungen gering sind. Wird diese Funktion bei der Berechnung ebenfalls berücksichtigt, so sind noch größere Stromeinsparungen als dargestellt möglich.

Weitere Informationen zum Danfoss Advanced Active Filter AAF 007

Zusätzliche Vorteile des VLT® HVAC Drive FC 102

- Ausgelegt für mindestens 10 Jahre wartungsfreien Betrieb
- Senkt Ihre Investitionskosten für die Klimatisierung dank des einzigartigen Kühlkonzepts mit rückseitigem Kühlkanal um bis zu 90 %
- Zustandsbasierte Überwachungsfunktionen auf Basis von Edge Computing sind in den Frequenzumrichter integriert

Weitere Informationen zum VLT® HVAC Drive

Haben Sie noch Fragen?
– hier finden Sie die Antworten

Sollte ich zur Oberschwingungsreduzierung immer einen aktiven Filter verwenden?

Hinsichtlich der Oberschwingungsreduzierung gibt es keine allumfassende Lösung auf dem Markt, die
- die beste Leistung liefert
- bei geringsten Kosten mit höchster Systemeffizienz arbeitet
- sämtliche Normen einhält
- auf alle Frequenzumrichtergrößen anwendbar ist
- sowohl in Neuinstallationen als auch in Nachrüstungen eingesetzt werden kann

Die wirtschaftlichste und technisch hochwertigste Lösung für eine bestimmte Anlage basiert immer auf den Anforderungen der Anwendung, dem Schweregrad der Oberschwingungen, den Kosten und den mit verschiedenen Technologien verbundenen Vorteilen. In einigen Fällen steht physischer Platz für die Installation von Filtern zur Verfügung, in anderen Fällen gibt es keinen.

Wir bieten ein umfangreiches Portfolio an Produkten zur Oberschwingungsreduzierung an, z. B. 12-pulsige Frequenzumrichter und Standard-Frequenzumrichter mit integrierten oder externen, aktiven oder passiven Oberschwingungsfiltern, einschließlich AFE. Danfoss möchte seinen Kunden unter Berücksichtigung aller Aspekte die bestmögliche Lösung anbieten.

Bitte wenden Sie sich an Ihren lokalen Vertriebsmitarbeiter, um Unterstützung bei Ihrer individuellen Oberschwingungsreduzierung zu erhalten.

Warum führt der AFE-Umrichter zu höheren Verlusten als ein standardmäßiger 6-pulsiger Umrichter?

Ein AFE-Umrichter enthält doppelt so viele Leistungselektronikkomponenten wie ein Standard-Umrichter sowie einen LCL-Filter, der in einem Standard-Umrichter nicht vorhanden ist. Die doppelte Menge an Leistungselektronik verdoppelt das Risiko eines Bauteilausfalls, bedeutet aber auch einen höheren Leistungsverlust am Frequenzumrichter, wie im Beispiel gezeigt wird.

Führt eine AFE-basierte Lösung zur Oberschwingungsreduzierung zu einer besseren Gesamtsystemeffizienz?

Wenn eine Oberschwingungsreduzierung erforderlich ist, verbessert jede Lösung, die Oberschwingungen mindert, die gesamte Systemenergieeffizienz.

Die Oberschwingungsreduzierung sorgt durch eine Verbesserung des Wirkleistungsfaktors bekanntlich für indirekte Energieeinsparungen, indem sie die Verluste in Transformatoren, Kabeln und Geräten verringert. Dies ist jedoch nicht nur bei AFE-Technologien der Fall.

Das Beispiel zeigt, wie die Verluste der einzelnen Komponenten bei der Auswahl einer Methode zur Oberschwingungsreduzierung eine wichtige Rolle spielen. Diese Verluste haben einen erheblichen Einfluss auf die Betriebskosten.

AFE sind für die Rückspeisung ausgelegt und die beste Wahl, wenn eine Rückspeisung erforderlich ist.

Was ist der Unterschied zwischen THDi, THDv und TDD?

THD ist die Abkürzung für Total Harmonic Distortion (Gesamte Oberschwingungsverzerrung). Sie ist in Spannung und Strom messbar und beschreibt, wie verzerrt das Signal im Vergleich zu seinem idealen sinusförmigen Zustand ist.

Die Stromverzerrung THDi ist die gerätespezifische Stromverzerrung und beschreibt daher nur die Wirkung des Produkts selbst, seines Speisekabels und seines Transformators.

Normen und Standards zielen darauf ab, die Spannungsverzerrung (THDv) gering zu halten. Daher sollte beim Bestreben, Oberschwingungen zu reduzieren, die THDv auf ein Minimum reduziert werden, um sicherzustellen, dass die Spannungsqualität im gesamten Versorgungsnetz der Anlage aufrechterhalten wird.

Es ist nicht zweckdienlich, die Stromverzerrung (THDi) einzelner Verbraucher zu betrachten, da sich nur die Parameter auf Systemebene auf alle Verbraucher desselben Netzes auswirken. Das Verhältnis von elektrischer Spannung zur Stromstärke wird als Impedanz (Ohmsches Gesetz) bezeichnet. Daher ist es wichtig, THDi nur in Bezug auf die Impedanz zu berücksichtigen, um die Auswirkungen der Spannungsverzerrung beurteilen zu können.

TDD (Total Demanded Distortion) ist die Gesamtverzerrung auf Systemebene. Sie beinhaltet alle Stromverbraucher für die Installation. Um die Gesamtverzerrung zu verringern, können Sie die einzelnen THDi-Werte durch einen Oberschwingungsfilter (aktiv oder passiv) senken, den Kurzschlussstrom erhöhen oder das Gleichgewicht zwischen netzbetriebenen Motoren und Frequenzumrichter-Antrieben ändern (Direkt-Motoren führen zu geringeren Verzerrungen).

Optimale Temperatur und sauberer Luftstrom **– University Medical Center, Ljubljana, Slowenien**

Ein gesundes Raumklima ist für jeden Genesungsprozess wichtig – und die Schaffung eines zuverlässigen HLK-Systems ist für jedes Krankenhaus eine echte Herausforderung.

Daher ist es nicht überraschend, dass das University Medical Centre (UMC) Ljubljana beim Ersatz von zwei Kühlkompressoren, die seit mehr als 40 Jahren in Betrieb waren, eine lange Liste von Konformitätsanforderungen hatte.

Eine hochmoderne aktive Filterlösung von Danfoss, welche die Oberschwingungsverzerrungen (THDi) auf weniger als 5 % senkt, erfüllte alle Sicherheitsanforderungen und reduzierte zusätzlich den Energiebedarf.

Kompressor-regelung erfüllt strenge Konformitäts-anforderungen
University Medical Center, Ljubljana

Fallstudie lesen

Erfahren Sie **hier** mehr über die Anwendungsbeispiele für diesen hochentwickelten aktiven Filter

Folgen Sie uns und erfahren Sie mehr über Frequenzumrichter

VLT® | VACON®

Alle Informationen, einschließlich, aber nicht beschränkt auf Informationen zur Auswahl von Produkten, ihrer Anwendung bzw. ihrem Einsatz, zur Produktgestaltung, zum Gewicht, den Abmessungen, der Kapazität oder zu allen anderen technischen Daten von Produkten in Produkthandbüchern, Katalogbeschreibungen, Werbungen usw., die schriftlich, mündlich, elektronisch, online oder via Download erteilt werden, sind als rein informativ zu betrachten, und sind nur dann und in dem Ausmaß verbindlich, als auf diese in einem Kostenvoranschlag oder in einer Auftragsbestätigung explizit Bezug genommen wird. Danfoss übernimmt keine Verantwortung für mögliche Fehler in Katalogen, Broschüren, Videos und anderen Drucksachen. Danfoss behält sich das Recht vor, ohne vorherige Bekanntmachung Änderungen an seinen Produkten vorzunehmen. Dies gilt auch für bereits in Auftrag genommene, aber nicht gelieferte Produkte, sofern solche Anpassungen ohne substanzielle Änderungen der Form, Tauglichkeit oder Funktion des Produkts möglich sind. Alle in dieser Publikation enthaltenen Warenzeichen sind Eigentum von Danfoss A/S oder Danfoss-Gruppenunternehmen. Danfoss und das Danfoss Logo sind Warenzeichen der Danfoss A/S. Alle Rechte vorbehalten.

AD439926801978de-000203

© Copyright Danfoss Drives | 2023.11