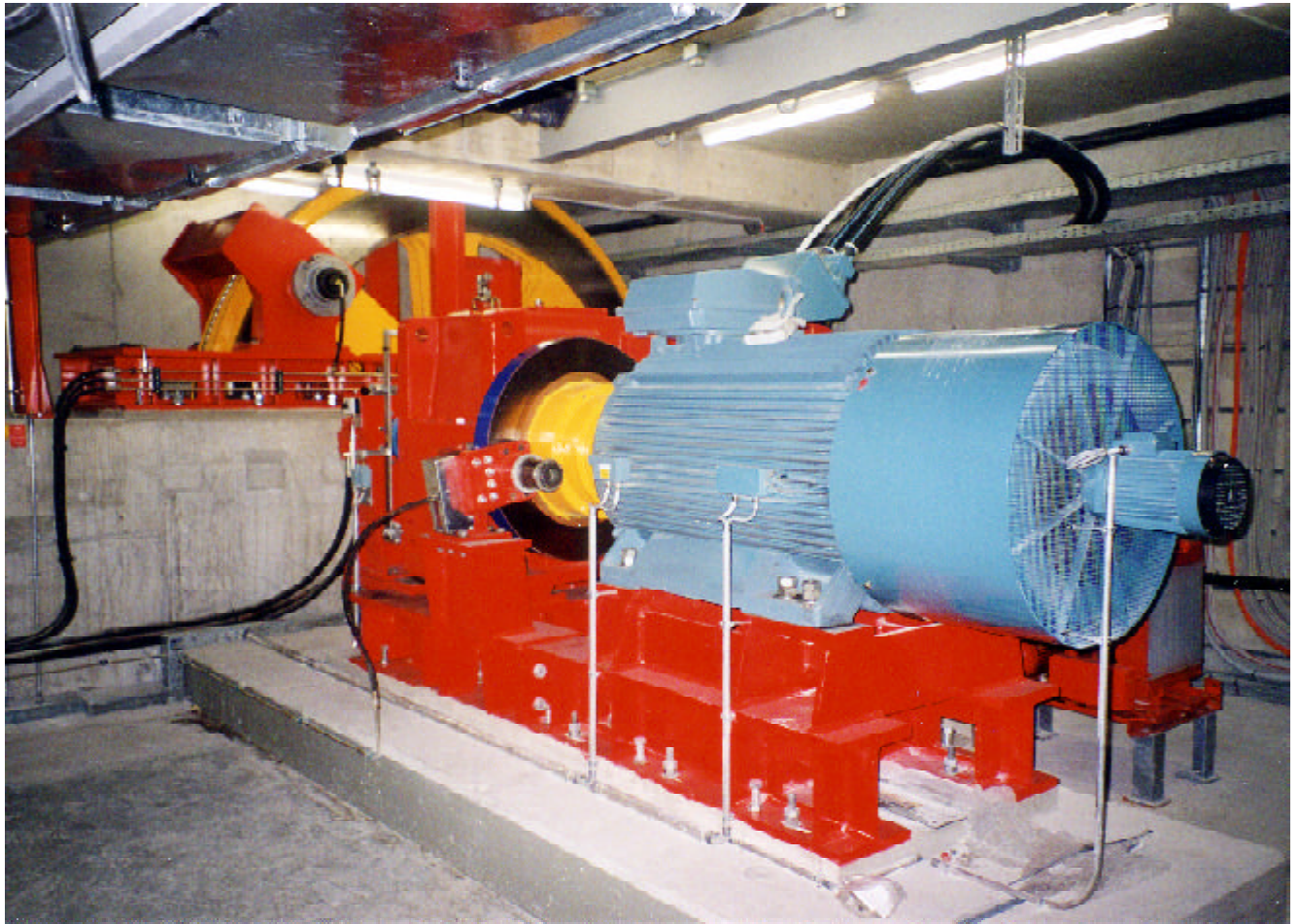


Hohe Netzqualität dank neuartiger Antriebstechnik



Die Entwicklung auf dem Gebiet der geregelten AC-Antriebe hat auch die Netzeinspeisung optimiert, um den mit Nachdruck geforderten hohen Netzqualitäten Rechnung zu tragen. Damit steigen Wirtschaftlichkeit und Verfügbarkeit eines Antriebssystems erheblich.

Es ist vor allem eine nahezu verlustfreie Netzzückspeisung, die Peripheriegeräte entlastet (z.B. Transformatoren), Netzbetreibervorschriften auf jeden Fall erfüllt und die Betriebskosten der Seilbahnantriebe deutlich senkt. Mit Hilfe intelligenter IGBT-Modulations- und Filtertechnik, welche annähernd Sinusformen erzeugt, fallen praktisch vernachlässigbare Oberschwingungen an. Dies erleichtert den Einbau in Netze der Seilbahninstallationen wesentlich. Die von ABB entwickelte, netzrückwirkungsarme Umrichtertechnik wird „ISU“ (IGBT Supply Unit) genannt; sie bewährt sich bereits bei namhaften Standseil-, Pendel- und Umlaufbahnen.

Der Frequenzumrichter sorgt für einen absolut ruckfreien Lauf über den ganzen Drehzahlbereich und die Anlage ist äusserst kompakt und Raum sparend aufgebaut.

Geringste Netzzrückwirkungen dank leistungsfähiger Netzwechselrichter

Die hauptsächliche Funktion der ISU ist die Regelung des Leistungsübergangs zwischen dem Netz und dem Zwischenkreis. Sie basiert auf der Hystereseregulierung des virtuellen Drehmomentes zwischen der „Netz-EMK“ und der „Wechselrichter-EMK“. Diese Hystereseregulierung ermöglicht eine sehr schnelle Sprungantwort auf Lastsprünge, indem innerhalb von Millisekunden der Sollwert der Zwischenkreisspannung geregelt wird. Die Blindleistungsaufnahme ist auf einen beliebigen Wert frei wählbar.

Für die gewünschte Amplitude und Richtung der Wirkleistung sowie für den Blindleistungsfluss, muss man den Wechselrichterspannungsvektor in Betrag und Phase regeln. Die Zwischenkreisspannung wird so geregelt, dass der energetische Zustand zwischen dem Netz und dem Antrieb immer im Gleichgewicht steht und die DC-Spannung konstant bleibt. Die Ausgangsspannung des Wechselrichters wird so geregelt, dass sie die gewünschte Spannungshöhe produziert, welche zur Erzeugung eines $\cos\varphi = 1$ notwendig ist.

Bei konstanter Netzfrequenz ist die Leistung direkt proportional zum Drehmoment. Weil dabei die Zwischenkreisspannung ebenfalls konstant bleibt, ergibt sich ein wesentlicher Unterschied und Vorteil zum konventionellen pulsweitenmodulierten Verfahren: die Drehmomentregelung läuft in derselben Zeitebene von 25 μs ab wie die Schaltung der Halbleiter. Es gibt keinen separaten spannungs- und frequenzgesteuerten PW-Modulator. Alle Schaltstellungswahlmöglichkeiten basieren auf dem elektromagnetischen Zustand der ISU. Dieses Verfahren kann aber nur durch äusserst schnelle Mikroprozessortechnik mit DSP realisiert werden, wie sie z.B. in der ACS600-Familie der ABB-Frequenzumrichter zum Einsatz kommen. Nicht zuletzt ergibt die moderne Wechselrichtertechnik einen spürbar geringeren Installationsaufwand, Bild 2.

Bild 3 zeigt die Konfiguration des netzseitigen Wechselrichters. Eine Netzdrossel genügt für eine ausreichende Filterwirkung. Im Gegensatz zu einem komplexen Filter, welches die Gefahren von Resonanzen nie ganz ausschliesst, ist diese Variante kostengünstiger, platzsparender und somit effizienter. Die praktischen Ergebnisse zeigen die ausgezeichneten Filtereffekte beim Einsatz solcher Induktivitäten; sie erfüllen in allen Netzen die gewünschten Vorgaben. Dies bestätigen alle Elektrizitätswerke, bei welchen diese Systeme zum Einsatz kamen. Zur Überraschung aller sind die Netzzrückwirkungen bei durchschnittlichen Kurzschlussleistungen auf der Niederspannungsseite minimal und auf der Mittelspannungsseite mit seinen weiteren Verbrauchern praktisch nicht messbar.

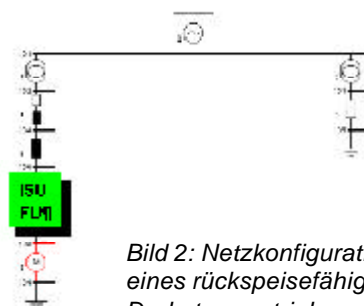


Bild 2: Netzkonfiguration eines rückspeisefähigen Drehstromantriebes mit Netzwechselrichter.

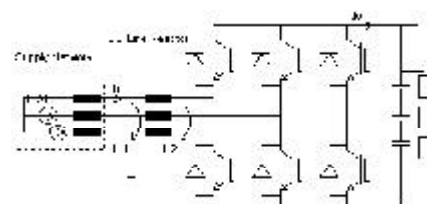


Bild 3: Netzkonfiguration für ISU-Wechselrichter

Vergleich DC- und IGBT-Technik (ISU)

Auch in der Funktion der Rückspeisefähigkeit hat die moderne Wechselrichter-technik Vorteile gegenüber der Gleichstromtechnik erzielt, so dass auch hier der Einsatz von Drehstromtechnik bei Seilbahnantrieben wirtschaftlich gestaltet werden kann. Die Hauptvorteile der ISU-Technik sind:

- ◆ Geringste Stromoberwellen
- ◆ $\cos\phi = 1$, Trafodimensionierung wird wirtschaftlicher
- ◆ Immun gegen Netzschwankungen
- ◆ Hohe Anregelzeiten in der Dynamik
- ◆ Einfache Erhöhung der Zwischenkreisspannung, hohe Motorleistungsausnutzung bei geringeren Netzspannungen
- ◆ Geringer Rippel im Zwischenkreis, verlängert Lebensdauer der Kondensatoren
- ◆ Einfachste Inbetriebnahme (Selbstadaption und Synchronisation des Netzes)
- ◆ Ersatzteilphilosophie (Netzseitiger- und motorentseitiger WR sind gleiche Leistungsteile)
- ◆ Automatische Anpassung durch "On-Line Modulation" bei späteren Netzänderungen

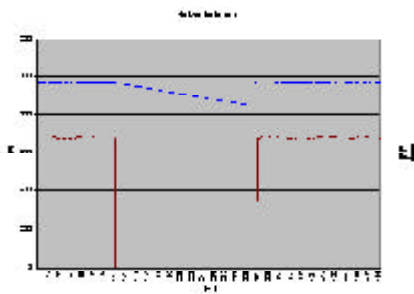


Bild 4: Netzspannung (unten) und Zwischenkreisspannung (oben) bei einem kurzzeitigen Netzausfall

Netzausfall im Generatorbetrieb

Einen grossen Vorteil und ein Hauptargument bietet die ISU bei Netzschwankungen bzw. totalem Netzausfall. Der netzseitige Wechselrichter trennt durch aktives Abschalten den Antrieb sofort vom Netz. Folglich kann auch bei generatorischem Betrieb kein „Wechselrichterkippen“ stattfinden, wie man dies von der Thyristortechnik mit Sicherungs- oder sogar Halbleiterausfall her kennt. Auch kurzzeitige Netzunterbrechungen im Millisekundenbereich werden toleriert. Bild 4 zeigt wie die Zwischenkreisspannung erhalten wird, während die Netzspannung ausgefallen ist und der Antrieb trotzdem weiter läuft.

Oberschwingungen vergessen

Bild 5 zeigt das Oberschwingungsspektrum (Niederspannung) einer ISU unter Vollast während einer Talfahrt. Etwa 290 kW werden während der Fahrt ins Netz zurückgeführt. So kann eine 250-kW-Nachbarbahn mit einem Ward-Leonard-Antrieb praktisch „umsonst“ bergwärts fahren. Der speisende Bahntrafo hat eine etwas grössere Nennleistung als die Umrichterscheinleistung. Bei einer höheren Trafoleistung und grösseren Netzkurzschlussleistungen (starrs Netz) sind die Oberschwingungs-Spannungen entsprechend geringer. Diese minimalen Oberschwingungen werden mit einfachstem Filteraufwand erreicht. Zum Vergleich sind die jeweiligen Spektren einer sechs- bzw. zwölfpulsigen Stromrichterschaltung eingefügt. Es wurde festgestellt, dass alle Komponenten amplitudenmässig derart gering sind, dass sie keine Resonanzen oder Störungen mit den Rundsteuerfrequenzen auf dem Versorgungsnetz bilden können.

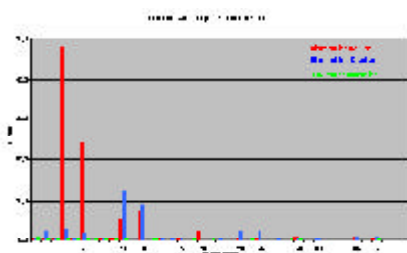


Bild 5: Oberschwingungsspektrum (Strom) eines ISU unter Vollast, im Vergleich zum Stromrichter.

Zusammenfassung

Der neue netzseitige Wechselrichter mit IGBT „ISU“ ist die moderne Antwort auf alle Antriebssysteme, welche die Netzqualität verbessern und den Anwendern geringere Betriebskosten ergeben. Die theoretischen Grundlagen dieser neuen Technik werden jetzt von ABB mit Hilfe neuester Halbleiter und Mikroprozessortechnik in die industrielle Praxis umgesetzt. Egal wie das Netz sich verhält, die ISU versorgt den Antrieb immer mit einer exakt geregelten Zwischenkreisspannung und schützt zudem den Antrieb durch aktive und passive Sicherheiten. Dieses Regelprinzip für netzseitige Wechselrichter hat sich äusserst erfolgreich eingeführt.

Der finanzielle Aufwand (Gestehungspreis) für einen AC-Antrieb ist etwas höher als für einen vergleichbaren DC-Antrieb mit Netzfilter. Die Vorteile betreffend Netzqualität und dem Verhalten bei Netzausfall, sind allerdings beträchtlich. Auch die Wartungskosten für den Hauptmotor reduzieren sich wesentlich.

Résumé

Peu importe la façon dont se comporte le réseau. L'ISU alimente toujours l'entraînement avec une tension de circuit intermédiaire régulée avec exactitude et protège d'autre part l'entraînement par une sécurité active et passive. Ce principe de régulation pour onduleur côté réseau a été introduit avec un grand succès.

Die Niederspannung wird einem selbstgeführten Gleichrichter in vollgesteuerter Brückenschaltung mit IGBT-Halbleiterelementen zugeführt. Über den DC-Bus wird der ebenfalls vollgesteuerte Wechselrichter versorgt, so dass der robuste AC-Motor in einem dynamischen „echten“ 4-Quadrantenbetrieb gefahren werden kann. Ein AC-Antrieb hat auch den grossen Vorteil, dass er durch den Wechselrichter praktisch als ohmscher Verbraucher am Netz hängt ($\cos \varphi = 1$, es braucht keine Kompensationsanlage). Die Netzurückwirkungen (Oberwellen) sind äusserst gering, das heisst, dass auch der Aufwand für die Netzfilter sehr bescheiden ist.

C'est pourquoi le nouvel onduleur côté réseau est, avec l'IGBT "ISU", la réponse moderne sur tous les systèmes d'entraînement qui améliorent la qualité du réseau et assurent à l'utilisateur de moindres coûts d'exploitation. Les bases théoriques de cette nouvelle technique sont maintenant transposées dans la pratique industrielle par ABB en faisant appel aux derniers semi-conducteurs et microprocesseurs.

