



Dynamische Kompensation induktiver und kapazitiver Blindleistung bei Eisenbahn- und U-Bahn-Unternehmen

Autor: Evgenii Khamadiev

Die Europäische Kommission hat 2016 ambitionierte Ziele im Bahnverkehr vorgegeben: Bis 2050 sollen eine Verdopplung der Kapazität und eine Halbierung der Betriebskosten erreicht werden. Dabei muss die Wettbewerbsfähigkeit des europäischen Eisenbahnsektors gefördert werden.

Unser gemeinsames Projekt mit Siemens Mobility, Bulgarien wird dazu beitragen, die Betriebskosten zu senken. FRAKO Kondensatoren- und Anlagenbau GmbH wurde beauftragt, eine dynamische Blindleistungskompensationsanlage für die Optimierung der Netzqualität und Vermeidung von Kosten für die Blindleistung zu konzipieren und konfektionieren.

Ausgangslage:

Die kapazitive und induktive Blindleistung der Elektrolokomotiven wird ebenfalls über die Oberleitung übertragen. Diese Energie belastet das Leitungsnetz, was zu höheren Kosten durch diese Blindleistung geführt hat. Freileitungen weisen eine relativ hohe Induktivität auf, da die Leiter voneinander getrennt und nicht von einem dielektrischen Material umgeben sind. Dadurch wirkt das Kabel als Induktor, der elektrische Energie in einem Magnetfeld speichern kann. Andererseits haben elektrische U-Bahn-Unternehmen gleiche Herausforderungen mit Erdkabeln, da diese mit einem dielektrischen Material umgeben sind und auch eine relativ hohe Kapazität aufweisen. Dadurch wirkt das Kabel als Kondensator, der elektrische Energie in einem elektrischen Feld speichern kann. Wenn sich der Strom durch das Kabel ändert, ändert sich auch das elektrische Feld, wodurch sich die Spannung im Kabel ändert. Diese Phasenverschiebung wird Blindleistung genannt. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sowohl Erd- als auch Freileitungen Blindleistung aufnehmen.

Der Bedarf an der Blindleistungskompensation durch vorbeifahrende Lokomotiven wurde von Siemens Mobility ermittelt. Der Leistungsbedarf beträgt 1500 kvar sowohl für die kapazitive als auch für die induktive Blindleistungskompensation. Der Bedarf verändert sich sehr schnell in

2-Quadranten, wenn der Zug auf die Haltestelle zufährt. Deshalb kommt eine dynamische gemischte Kompensationsanlage zum Einsatz. Siehe Abbildung 1.

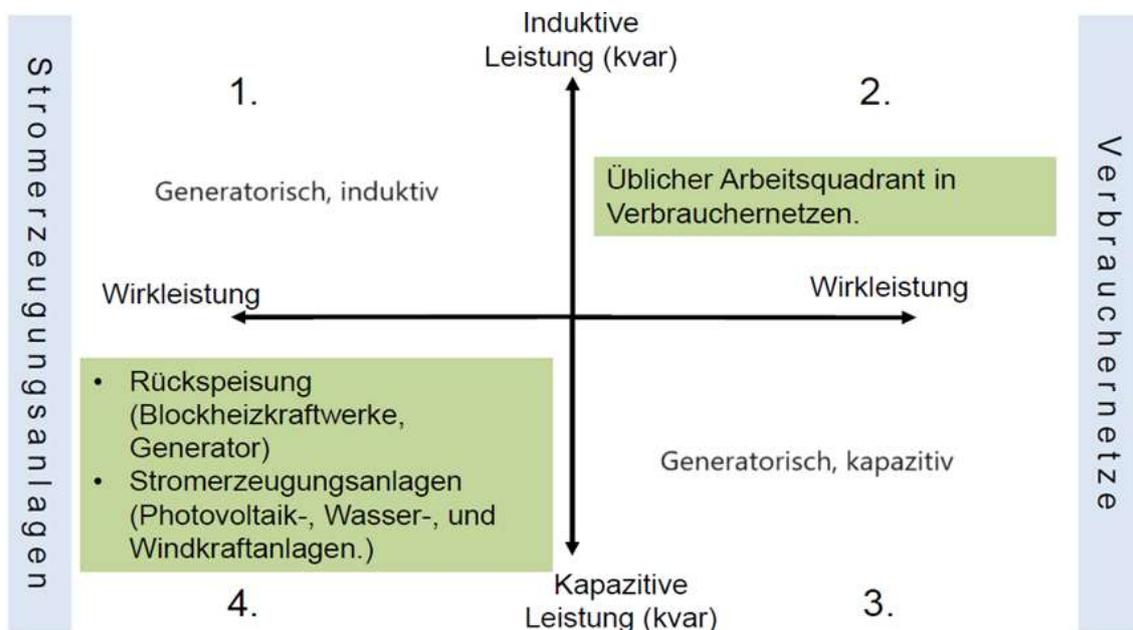


Abbildung 1. Betriebsarten von 4-Quadranten Regelsystemen

2023 beteiligte sich FRAKO an diesem wichtigen Projekt. Anschließend haben wir in enger Zusammenarbeit mit Siemens Mobility ein System konzipiert, das genau den Anforderungen des Endkunden entspricht. Das System erfüllt alle Kundenanforderungen an ein dynamisches Kompensationssystem hinsichtlich Leistung, Schnelligkeit und Haltbarkeit.

Dynamische Prozesse erfordern spezielle Komponenten

Zum Einsatz kommen einphasige FRAKO-Leistungskondensatoren, die erfolgreich eine selbstheilende Kondensatorfolie mit segmentiertem Film und Überdruck-Abreißvorrichtung kombinieren. Außerdem erfolgt die Kontaktierung im Kondensator über einen patentierten Kontaktring. Vorteil: Deutlich längere Lebensdauer und höhere Betriebssicherheit. Zusätzlich sind auch Filterkreisdrosseln installiert, die das Kompensationssystem für den Einsatz in Netzen mit Oberschwingungsbelastung resistent macht (siehe Bild 1.)



Bild 1. FRAKO Leistungs-Kondensatoren sind ‚Made in Germany‘ und besitzen ein vierfaches Sicherheitssystem für höchste Betriebssicherheit.

Für die induktive Blindleistungskompensationsanlage werden Shunt-Drosseln eingesetzt. Im Vergleich zu Filterkreisdrosseln haben diese Drosseln höheren Platzbedarf und höheres Gewicht. Bei dynamisch wechselnden Lasten ist es sinnvoll, Thyristorschalter zum schnellen Schalten von Kondensatoren zu verwenden. Ein wichtiger Vorteil von Thyristorschaltern ist, dass sie schnell und verzögerungsfrei im nächsten Nulldurchgang der Spannung schalten und vermeiden dadurch Einschaltstromspitzen.



Im Vergleich zu Kondensator-Schützen ist kein Schützwechsel erforderlich. Die Schütze sind Verschleißteile und müssen spätestens nach 80.000 Schalthandlungen gewechselt werden. Bei hoher Schalthäufigkeit kann dies schon nach 2-3 Jahren sein. Dank dieser integrierten Schaltertechnik mit Thyristorschaltern lassen sich die Module reibungslos und verschleißfrei ein- und ausschalten. (siehe Bild 2.).

Bild 2. Spezielle Thyristorschalter für 690 V

Der spezielle Blindleistungsregler arbeitet im 4 Quadranten Betrieb und kann induktive und kapazitive Stufen parallel verwenden. Der intelligente Steueralgorithmus des Reglers wechselt Stufen optimiert ab, was für eine kurze Ausregelzeiten und weniger Schaltvorgänge sorgt. Darüber hinaus sind die Schaltfrequenz gleichmäßig verteilt, was ermöglicht, längere Lebensdauer aller Komponenten zu gewährleisten.

Das System besteht aus 12 Schränken und wurde aus Kosten- und Flexibilitätsgründen mit unterschiedlich großen Stufen konzipiert. Siehe Bild 3.



Bild 3. Anlagen für induktive und kapazitive Blindleistung.

Bild 4. zeigt die gesamte induktive Anlage.



Bild 4. Anlage für die induktive Blindleistung.

Technische Eigenschaften	
Anwendung	Kompensation (kapazitiv/induktiv) inkl. Filterkreisdrosseln und Shunt-Drosseln
Nennfrequenz	50 Hz
Detuned Faktor	134 Hz / $p=14\%$
Nennspannung	690 V
Stufenleistung	4x54 + 4x108 + 4x216 kvar, kapazitiv 1x100 and 7x200 kvar, induktiv
Ausstattung	Regler zum dynamischen Schalten Lüftungssystem

Fazit:

Nach einer erfolgreichen Werksabnahme bei FRAKO in Teningen durch Siemens Mobility wurde 2023 die gesamte Anlage nach Bulgarien geliefert. Diese Investition wird die Netzstromqualität weiterhin steigern und Betriebskosten senken.

Das System wird unter Aufsicht unseres Power Quality Experten und Service Techniker vor Ort installiert und in Betrieb genommen.

Wenn Sie weitere Informationen benötigen oder ein ähnliches Projekt konzipieren, kontaktieren Sie uns bitte.

vertrieb@frako.de