

## Der Arnó-Umformer (Phasenspalter)

### Die Wirkungsweise

Wofür brauchte man einen Arnó-Umformer? Die bekannteste Anwendung des Arnó-Umformers lag beim Bau von Elektrolokomotiven. Diese wurden vorwiegend mit Einphasenwechselstrom betrieben. Auf diesen Elektrolokomotiven wurden aber neben den zum Antrieb erforderlichen Fahrmotoren auch Hilfsantriebe benötigt, wie z.B. für Kompressoren, Lüfter, Ölpumpen und dergleichen. Dafür sollte möglichst der preiswerte Drehstrommotor mit Kurzschlussläufer eingesetzt werden.

Es ergab sich aber sofort die Frage, wie man diese Dreiphasenmotoren auf einer mit Einphasenstrom gespeisten Lokomotive betreiben kann.

Seit etwa 100 Jahren ist in der Literatur die Möglichkeit bekannt, Drehstrommotoren am Einphasennetz mit Hilfe einer Phasenspaltermaschine zu betreiben. Die Phasenspaltermaschine wird dabei einphasig angetrieben und hat die Aufgabe für die Hilfsmotoren die zum Drehstromnetz fehlende dritte Phase zu liefern.

### Der Aufbau

Er ist in seinem Aufbau einem Drehstrommotor sehr ähnlich, d.h. wenn man die Unsymmetrien des entstehenden Dreiphasennetzes außer acht lässt, kann man einen normalen Drehstrommotor mit einem stromverdrängungsfreien Kurzschlussläufer als Phasenspalter betreiben. Dieser Drehstrommotor wird einphasig angeschlossen und der Anlauf kann durch Anwurf oder wie bei einem normalen Einphasenmotor mit einem Kondensator durchgeführt werden (Bild 1). Man stellt u.a. fest, dass dann an der nicht angeschlossenen Phase gegen den Sternpunkt eine Spannung gemessen werden kann, die transformatorisch in ihr induziert wird. Mit dieser in der dritten Phase induzierten Spannung ist ein unsymmetrisches Dreiphasennetz entstanden. Mit diesem Netz werden die Hilfsmotoren betrieben. (Bild 2) zeigt die dazu notwendige Schaltung, in diesem Falle nur mit zwei Hilfsmotoren.

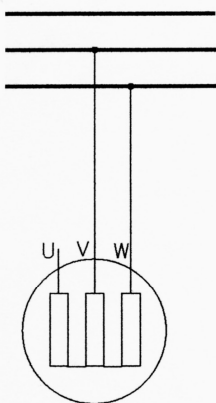


Bild 1

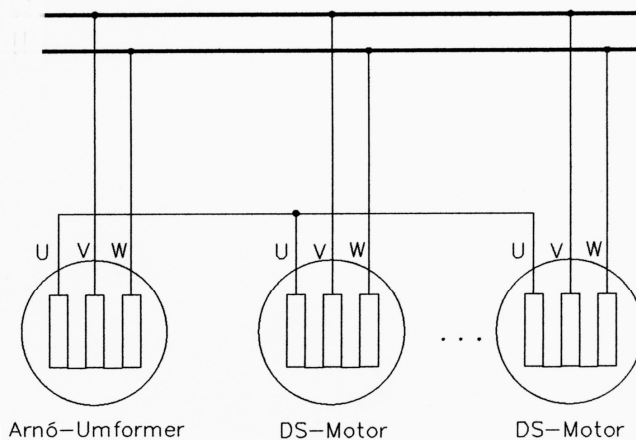


Bild 2

Der Absolutwert der induzierten Spannung in der einen Phase ist kleiner als die Absolutwerte der Spannungen in den anderen beiden Phasen. Bei einer Phasenspaltermaschine wird deshalb versucht, diese Spannungsdifferenz mit einer erhöhten Windungszahl in der dritten Phase weitgehend abzugleichen. Aus diesem Grund ist es erforderlich eine gesonderte Phasenspaltermaschine zu entwickeln, um damit die Hilfsmotoren mit voller Leistung betreiben zu können.

### Der Einsatz

Unter der Bezeichnung Phasenverschiebungs-Transformator (die auch in der Patentschrift verwendet wird) wurde der Arnó-Umformer 1915 auf der Norfolk und Western Railway (USA) eingesetzt.

Für die Lokomotiven der so genannten Rübelandbahn, im Harz von Blankenburg nach Königshütte, lieferte das Wissenschaftlich-technische Büro für Elektromaschinen (später Elektrodyn Berlin) etwa ab 1959 die ersten Phasenspalter (Bild 3). Diese Lokomotiven werden heute noch mit unveränderter Technik betrieben.

Von der Höllentalbahn (Schwarzwald) ist die Elektrolokomotive E 244 31 in der Ausführung mit Phasenspaltermaschinen erhalten geblieben und steht als Leihgabe in Mannheim, nachdem sie bereits im Deutschen Museum in München ausgestellt war.

### Warum heißt er Arnó-Umformer?

Das Patent Nr. 96970 beinhaltet ein „Verfahren zur Speisung von Mehrphasen-Stromverbrauchern aus einem Einphasen-Wechselstromnetz durch einen Drehfeldmotor“. Es wurde am 14. April 1895 vom Kaiserlichen (Deutschen) Patentamt erteilt und von Galileo Ferraris und Riccardo Arnó in Turin beantragt. Damit steht fest, dass die Bezeichnung Arnó-Umformer“ vom Mitinhaber des Patents Riccardo Arnó hergeleitet wurde.

### Die Idee zum Patent

Wahrscheinlich führte folgender Anlass zur Patentidee: Die Entwicklung der Drehstromtechnik war in den Grundzügen etwa um 1890 abgeschlossen. Synchrongenerator und Transformator waren bekannt. Auch Dobrowolsky hatte in Kenntnis der Arbeiten von Ferraris im Jahre 1889 den ersten funktionsfähigen Drehstrommotor mit Kurzschlussläufer vorgestellt und patentiert.

In dieser Zeit wurde mit den Komponenten der Drehstromtechnik eifrig experimentiert und das Betriebsverhalten des Drehstrom-Kurzschlussläufer-Motors untersucht. Dabei wurde von Ferraris und Arnó geprüft, welche Eigenschaften eine vom Netz getrennte, freie Motorklemme U bei laufender Maschine besitzt. Die Messungen mussten ergeben, dass bei der freien Klemme U und den beiden Klemmen V und W ein unsymmetrisches Drehstromnetz vorliegt. Diese Entdeckung wurde schließlich als Patent angemeldet und gesichert.



Riccardo Arnó

### Wer war Riccardo Arnó?

Riccardo Arnó wurde am 31. Dezember 1866 in Turin geboren. Er erwarb in Valentino den Ingenieurtitel. Ein Jahr später wurde ihm das höhere Diplom der Elektrotechnik beim Reale Musei Industriale Italiano erteilt.

Unmittelbar darauf wurde Arnó zum Assistenten von Galileo Ferraris ernannt, der ihm den Auftrag gab, einen Lehrkurs über elektrische Messungen zu halten. Gemeinsam mit dem großen Physiker Ferraris arbeitete Arnó bis zu dessen Tod im Jahr 1897. Dann wurde Arnó 1898 zum ordentlichen Professor der Elektrotechnik im Institut Carlo Erba am Polytechnikum in Mailand gewählt. Eine Stelle, die er bis zu seinem Lebensende innehatte.

Arnó übte eine bedeutende wissenschaftliche und praktische Tätigkeit auf vielen Gebieten der Elektrotechnik aus. U.a. stellte er Forschungen über das Anlassen einphasiger Synchronmotoren an. Er entwickelte ein System für die Tarifgestaltung der elektrischen Energie, dessen Anwendung den Gebrauch spezieller Zähler erfordert. Er war

beteiligt an der Erfindung eines Systems elektrischer Zugförderung mit unterirdischer Stromzuführung. Auch beschäftigte er sich mit thermischen Elektrizitätsanwendungen und mit Forschungen auf dem Gebiet der Radiotelegraphie. Mit Ferraris erfand er den oben beschriebenen Phasenverschiebungs-Transformator. Er veröffentlichte wertvolle Mitteilungen und vertrat mit Eifer die elektrotechnische Wissenschaft seines Vaterlandes. In der Pariser Ausstellung erhielt er für seine elektrischen Anwendungen hohe Ehrenbezeichnungen. Arnó war ein unruhiger und gebildeter Geist und besaß allgemeine Sympathien. Seine Schüler schätzten die Genialität seiner, jeder akademischen Kälte fremden, von warmer Begeisterung für die Wissenschaft getragenen Lehre.

Er verstarb im April 1928 in Mailand.

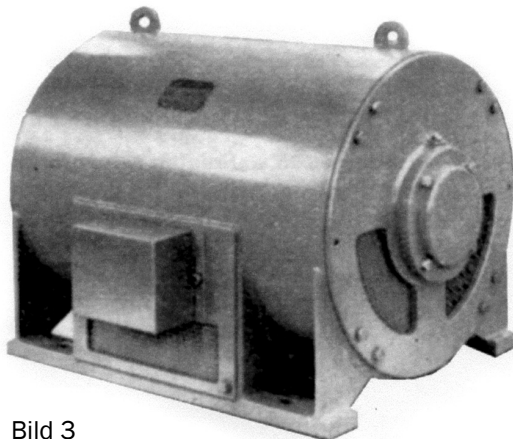


Bild 3

### Quellen:

Nachgespürt und niedergeschrieben von Dipl.-Ing. Wolfgang Bürger, Berlin, 2004

Die Phasenspaltermaschine, Ing. H. Baudisch, Elektro-Praktiker 9/1964

Zusammengestellt von Hans-Joachim Walter

Der Redaktion der etz ist für das Bild von R. Arnó zu danken.