

Diss. ETH Nr. 6389

**Untersuchung von ausgangsseitig
einphasigen Steuerumrichtern sowie
Verfahren zur Reduktion der eingangsseitigen
Wirk- und Blindleistungs-Pulsationen**

ABHANDLUNG

zur Erlangung
des Titels eines Doktors der technischen Wissenschaften
der

**EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN
HOCHSCHULE ZÜRICH**

vorgelegt von

Rolf Gutzwiller

Dipl. El. Ing. ETH
geboren am 29. April 1950
von Therwil (Kt. Baselland)

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. R. Zwicky, Referent
Prof. Dr. M. Mansour, Korreferent

ZUSAMMENFASSUNG

Diese Arbeit befasst sich mit der Analyse der Netzurückwirkungen von Steuerumrichtern und mit der Synthese von verschiedenen Schaltungsvarianten, welche diese Rückwirkungen reduzieren, wozu die Unterteilung des Umrichters in mehrere Teilumrichter sowie verschiedene Kombinationen mit zusätzlichen Reaktanzen in Frage kommen.

Im ersten Teil werden eingehend Steuerumrichter behandelt, welche auf der Seite der tieferen Frequenz einphasig aufgebaut sind. Dabei wird das Verhalten auf der Eingangsseite analysiert, das heisst vor allem der dem speisenden Dreiphasennetz entzogene Strom. Besonderes Gewicht wird auf den zeitlichen Verlauf von Wirk- und Blindleistung gelegt sowie auf die Subharmonischen und tiefen Harmonischen im Netzstrom. Nebst dem natürlich kommutierten, netzgeführten, kreisstromfrei betriebenen Steuerumrichter werden auch eine zwangskommutierte Variante sowie ein Steuerumrichter mit forciertem Kreisstrom in die Untersuchung einbezogen. Die interessierenden Grössen werden analytisch berechnet; zur Verifizierung und Erweiterung der Resultate wird die Methode der digitalen Simulation auf einem Grossrechner benützt. Daneben werden Messungen an einem Labormodell im Leistungsbereich von einigen Kilowatt herangezogen.

Im zweiten Teil erfolgt eine Synthese von Schaltungen mit mehreren Umrichtern zur Verminderung der netzseitigen Wirk- und Blindleistungspulsationen. Dabei kommen einerseits Varianten in Frage, bei welchen nur ein Umrichter an der Wirkleistungsübertragung beteiligt ist und die andern als Kompensatoren auf eine reaktive Last arbeiten. Andererseits gibt es auch die Möglichkeit, mehrere Umrichter an der Wirkleistungsübertragung zu beteiligen, wobei in diesem Fall ein Netzwerk notwendig wird, welches die Umrichter sinnvoll mit der einphasigen Last verbindet. Berechnungen, digitale Simulation und Messungen am Labormodell zeigen, dass in beiden Fällen erhebliche Pulsationsreduktionen möglich sind.

Eine Uebersicht über die wichtigsten Varianten ergibt, dass bereits bei Unterteilung in zwei bis drei Umrichter eine starke Verbesserung im Netzverhalten möglich ist. Bei günstigen Varianten wird dabei die Umrichterleistung nicht oder nur geringfügig erhöht, und der Aufwand an zusätzlichen Reaktanzen, gemessen in deren Blindleistung, ist gleich oder wenig grösser als die übertragene Wirkleistung.

SUMMARY

This paper analyses the feedback effect on the power supply of cycloconverters as well as the synthesis of various connection possibilities by which such feedback effects can be reduced. In order to achieve this the converter is subdivided into various sub-converters and various combinations with different reactances are tried.

In its first part, this paper deals extensively with cycloconverters which are arranged in single phase on the lower frequency side, analysing their behaviour on the input side, especially the current drawn from the three-phase input supply. Especial attention is paid to the time behaviour of active power and reactive power as well as to the subharmonics and low harmonics of the mains current. Apart from the naturally commutated, phase-controlled, circuit current-free operated cycloconverters, variations with forced commutated and forced circuit current cycloconverters are included. The applicable values are calculated analytically using the digital simulation method on a computer. The results are compared with model measurements in the application range of a few kilowatts.

The second part of this paper examines circuits with various cycloconverters, which should reduce the active power and reactive power pulsations on the supply side. This includes the possibility where only one cycloconverter participates in the active power transmission and the others work as compensators on a true reactance load; on the other hand, there is the alternative to have various cycloconverters participating in the true power transmission whereby, it becomes necessary to have a network which is capable of connecting the cycloconverters with the single-phase load. Calculations, digital simulation and measurements on the laboratory model show that both alternatives bring about considerable pulsation reduction.

Evaluation of the most important alternatives shows that as soon as division into two to three cycloconverters takes place, the mains current improves considerably. With suitable solutions, the cycloconverter's power does not have to be increased at all or only slightly, and the additional power in the reactances, as measured in their reactive power is equal or slightly higher than the transmitted active power.