



Doctoral Thesis

## Ueber die Anwendung von Rechteckferritkernen in Impuls-Phasen-Modulationsanlagen

**Author(s):**

Känel, Reginald Alfred

**Publication Date:**

1958

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000096538> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Prom. Nr. 2779

# Über die Anwendung von Rechteckferritkernen in Impuls-Phasen-Modulationsanlagen

Von der  
Eidgenössischen Technischen  
Hochschule in Zürich

zur Erlangung  
der Würde eines Doktors der Technischen Wissenschaften  
genehmigte

## PROMOTIONSARBEIT

vorgelegt von

REGINALD ALFRED KÄNEL

dipl. El.-Ing. E. T. H.

von Wangenried (Kt. Bern)

Referent: Herr Prof. H. Weber

Korreferent: Herr Prof. E. Baumann

Juris-Verlag Zürich

1958

## EINLEITUNG

Mit der Erkenntnis von Shannon, wonach ein frequenzbandbeschränktes Signal einen beschränkten Freiheitsgrad hat und somit durch diskrete Abtastwerte unverzerrt übertragen werden kann, tritt in der Fernmeldetechnik die neue Aera der Uebertragung durch diskret modulierte Impulse auf (Impulsmodulation). Diese Modulationsart erlaubt nun, verschiedene Uebertragungskanäle zeitlich zu staffeln (Zeitmultiplex), wobei nichtlineare Verzerrungen (im Gegensatz zum Frequenzmultiplex) kein Uebersprechen verursachen. Moduliert die zu übertragende Information die Impulse zeitlich, bezw. die Anzahl Impulse (Code-Modulation), so braucht der Uebertragungsträger (Trägerfrequenz im Mikrowellengebiet) nur getastet zu werden, wodurch diese zweite Modulation sehr einfach wird.

Die zeitliche Impulsmodulation (insbesondere Impuls-Phasen-Modulation:PPM) ist gegenüber der Codemodulation schaltungstechnisch einfacher und enthält gleichzeitig die gegenüber amplitudenmodulierten Signalen geräuschvermindernde Eigenschaft der Zeitmodulation.

Heute existieren hauptsächlich zwei Modulatorsysteme zur Erzeugung der PPM: So wird einerseits mit dem sog. Sägezahn-(Kantenwert-)-Modulator, andererseits mit dem Stufenwertmodulator gearbeitet (siehe S. 28). Das Bestreben, den schaltungstechnischen Aufwand möglichst gering zu halten, sowie die Zuverlässigkeit der Schaltung auf ein Maximum, die diesbezügliche Wartung auf ein Minimum zu bringen, führte zur Untersuchung von Rechteckferritkernen in Bezug auf die Anwendung in PPM-Anlagen.

Trotzdem schon viel über die PPM geschrieben worden ist, mussten zuerst einmal die theoretischen Ueberlegungen und Betrachtungen in einem ersten Teil, soweit sie beim Entwurf einer PPM-Anlage, bei Vernachlässigung des Mikrowellenteiles, unbedingt notwendig sind, möglichst morphologisch zusammengestellt werden. Die Gesichtspunkte, wie sie dabei angewendet wurden, sind meist neu, und im vorzüglichen Buche von E. Hölzer und H. Holzward<sup>5) \*)</sup>, welches erst nach dem Entstehen des ersten Teiles der Arbeit erschienen ist, nicht enthalten.

Es wurde bewusst den rein elektrischen Begriffen ausgewichen, wodurch die Vielfalt der schaltungstechnischen Möglichkeiten beim Bau einer PPM-Anlage hervorgehoben werden soll (z. B. Strom, od. Spannung, od. magn. Feldstärke, od. magn. Induktion etc. etc. als Referenzgrösse). Gleichzeitig sollen mehr anschauliche Ueberlegungen den Ueberblick über die herrschenden Verhältnisse erleichtern.

\*) Die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf das Literaturverzeichnis.

Weil die Rauscheinflüsse im Modulator und Demodulator nicht direkt durch das beim Aufbau der PPM-Anlage angewandte Prinzip abhängen, gehen wir hier nicht weiter darauf ein. Die im Kapitel "Uebersprechen" angegebenen Gesichtspunkte erlauben aber nötigenfalls sofort, das Rauschen analog wie das Uebersprechen zu untersuchen, wobei jetzt das Störspektrum in sich unkorreliert ist.

Vorerst wird ganz generell und mehr anschaulich auf das Abtasttheorem hingewiesen (Amplitudenmodulation der Impulse), wobei die Anforderungen an die unmodulierte Impulsfolge zur unverzerrten Rückgewinnung des modulierenden Signales, bzw. zur Frequenzbandkompression, angegeben werden.

Auf Grund der in der Literatur angegebenen Schaltungen zur Erzeugung der PPM wird das Wesen der zwei Verfahren - Kantenwertverfahren, bzw. Stufenwertverfahren - herauskristallisiert, und das aus praktischen Gründen an Stelle des Stufenwertverfahrens tretende verstärkte Kantenwertverfahren erkannt.

Weil die zur Demodulation aus der PPM abgeleiteten Impulsfolgen hauptsächlich die Uebertragungsverzerrungen bedingen (Systemverzerrungen, wobei die Zeitauslenkung der PPM proportional der zu übertragenden NF gesetzt wird), nimmt der Abschnitt über die Spektralanalyse dieser Impulsfolgen eine zentrale Stellung ein. Nach einer Zusammenstellung der in der Literatur zerstreut zu findenden Berechnungsverfahren (unter gleichzeitigem Anführen der bei der Berechnung grundsätzlichen Unterschiede, wichtigen Eigenschaften und Voraussetzungen), erkennen wir aus der Untersuchung der mittleren Verzerrungen, dass die Uebertragung des Abtastzeitpunktes des nach dem Kantenwertverfahren übertragenen Wertes diese mittleren Verzerrungen nicht beeinflusst.

Sobald wir aus den mehr anschaulichen Betrachtungen das Wesen der Impulsmodulation verstehen gelernt haben, fällt die in der Literatur bei der Spektralberechnung übliche Unterscheidung zwischen Kantenwert-, bzw. Stufenwertverfahren dahin: Wir müssen die entsprechende Impulsfolge mit dem momentanen NF - Wert, bzw. mit der entsprechend Zeitverzerrten NF (wie sie hier genau abgeleitet wird) modulieren (Mehrtonmodulation). - Auch der Umweg über die Faltung der modulierten Pulsfolge mit einem Formierimpuls erweist sich für die Spektralbetrachtungen als sehr fruchtbar.

An einigen neu berechneten Impulsspektren wird gezeigt, wie mit den dargelegten Anschauungen die Spektralberechnung zu einem wirksamen, und leicht zu überblickenden Handwerk wird, und nicht bloss hohe Theorie bleibt, denn eine gute Theorie ist wohl "praktisch", aber erst eine praktische Theorie ist gut (es sei speziell die Anwendung der Berechnungsmethode für die Kantenwert-PPM auf die Berechnung der Frequenzmischung an einer nichtlinearen Induktivität (Rechteckferritkern) erwähnt).

Die Untersuchung des Uebersprechens der Impulse verschiedener Kanäle fusst auf der Anschauung von Labin<sup>8)</sup>: Ausgehend von den diskret modulierten Impulsen wird das Uebersprechen der im Zeitmultiplex gestaffelten Kanäle günstig überblickt. - Die Untersuchungen des Uebersprechens der Impulse innerhalb eines Kanales sind demgegenüber mit unserer Anschauung der quasi-zeitmodulierten Impulse leichter zugänglich. Dabei gewinnt die Betrachtungsweise von Labin im übertragenen Sinne eine andere Begründung.

Die im ersten Teil zusammengestellten Grundlagen werden im zweiten Teil bei den Untersuchungen über die Verwendung von Rechteckferritkernen in PPM-Anlagen angewendet. Gleichzeitig werden auch die im ersten Teil mehr abstrakt zusammengestellten PPM-Systeme praktisch illustriert und die wesentlichen praktischen Gesichtspunkte hervorgehoben.

**Ex parte enim cocnoscimus**  
**(1. Kor. 13, 9)**