KFK-31

KERNFORSCHUNGSZENTRUM

KARLSRUHE

Juli 1960

KFK 31

Labor für Elektronik

Über die Bestimmung der zufälligen Koinzidenzen in Schnell-Langsam Koinzidenz-Anordnungen

T. [theo] Mayer-Kuckuck, Heidelberg und R. [olf] Nierhaus

KERNREAKTOR
Bau- und Betriebs-Gesellschaft m.b.H.
Zentralbücherei
5. DEZ. 1960

KERNREAKTOR
BAU- UND BETRIEBS-GESELLSCHAFT M.B.H.
KARLSRUHE

NUCLEAR INSTRUMENTS AND METHODS 8 (1960) 76–78; NORTH-HOLLAND PUBLISHING CO.

ÜBER DIE BESTIMMUNG DER ZUFÄLLIGEN KOINZIDENZEN IN SCHNELL-LANGSAM-KOINZIDENZ-ANORDNUNGEN

T. MAYER-KUCKUK

Max Planck Institut für Kernphysik, Heidelberg

und

R. NIERHAUS

Kernreaktor Bau- und Betriebs-G.m.b.H., Karlsruhe

Eingegangen am 28. März 1960

In some applications of fast slow coincidence circuits the random coincidence rate is not small compared with the true coincidence rate. In such cases it is usually necessery to correct for random coincidences. The random coincidence rate is considered as consisting of four parts, the first part corresponding to three randomly coincident pulses at the inputs of the slow triple coincidence circuit, the other parts corresponding to the three possibilities of true coincidences between two pulses at two inputs randomly coincident with a pulse on the third input of the slow circuit. The four parts can be determined separately either by calculation using measured coincidence resolving times,or by counting with delay lines before the inputs of the slow coincidence circuit. The determination of random coincidences only by using a delaying cable before one input of the fast coincidence circuit does not appear appropriate.

Um bei einer Zweifach-Koinzidenzstufe die Zählrate der zufälligen Koinzidenzen zu bestimmen, kann man entweder die Impulse des einen Koinzidenz-Eingangs verzögern, sodass alle systematischen Koinzidenzen ausgeschlossen sind, oder man bestimmt die Zählraten in beiden Koinzidenz-Eingängen und berechnet die Zahl der zufälligen Koinzidenzen hieraus und aus der gemessenen Koinzidenz-Auflösezeit τ. Wenn N_1 und N_2 die Zählraten an den Koinzidenz-Eingängen bezeichnen, und wenn die Zählrate der systematischen Koinzidenzen N_s genannt wird, dann ist die Zählrate der zufälligen Koinzidenzen $N_z = 2\tau\,(N_1 - N_s)\,(N_2 - N_s)$. Solange N_1 und N_2 gross gegen N_s sind, ist näherungsweise $N_z = 2\tau N_1 N_2$.

Beide Methoden lassen sich auf Schnell-Langsam-Koinzidenz-Anordnungen übertragen. Abb. 1 zeigt das Blockschaltbild einer solchen Anordnung. Die Eingänge der "langsamen" Koinzidenzstufe sind mit E_1, E_2, E_3 bezeichnet. Auf E_3 kommen die Impulse aus der "schnellen" Koinzidenzstufe. Die Zählraten an den Eingängen E_1, E_2, E_3 seien N_1, N_2, N_3. Die Zählrate der zufälligen Koinzidenzen setzt sich aus vier Anteilen zusammen:

(1) zufällige Koinzidenzen zwischen E_1, E_2 und E_3, Zählrate N_z^{123};

(2) zufällige Koinzidenzen zwischen E_1 und systematischen Koinzidenzen zwischen E_2 und E_3, Zählrate $N_z^{1(23)}$;

(3) zufällige Koinzidenzen zwischen E_2 und systematischen Koinzidenzen zwischen E_1 und E_3, Zählrate $N_z^{2(13)}$;

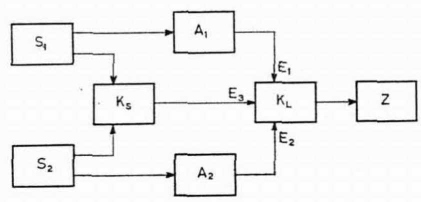

Abb. 1. Prinzipschaltbild einer Schnell-Langsam-Koinzidenz-Anordnung. S_1 und S_2 sind zwei Szintillationszähler. Rasch ansteigende Impulse daraus werden der schnellen Koinzidenzstufe K_s zugeführt. Energieproportionale Impulse gehen auf die Analysatoren A_1 und A_2. A_1 und A_2 bestehen im allgemeinen aus Linearverstärkern mit Einkanal- oder Integral-Diskriminatoren. Auf die langsame Dreifach-Koinzidenzstufe K_L kommen Impulse aus den Analysatoren und aus der schnellen Koinzidenzstufe. Z ist ein Zählgerät.

TA 8014

(4) zufällige Koinzidenzen zwischen E_3 und systematischen Koinzidenzen zwischen E_1 und E_2, Zählrate $N_z{}^{3(12)}$.

Wenn der Koinzidenzwirkungsgrad der Schnell-Langsam-Koinzidenz-Anordnung 1 ist, dann kann es nicht vorkommen, dass eine systematische Koinzidenz zwischen E_1 und E_2 vorliegt, die nicht auch systematisch mit E_3 koinzidiert. Es verschwindet dann der vierte Anteil.

Die vier Anteile lassen sich mit Verzögerungskabeln einzeln bestimmen. Zur Bestimmung des ersten Anteils braucht man zwei Verzögerungskabel, die man vor irgend zwei der drei Eingänge der langsamen Stufe schaltet, und deren verschiedene Längen so bemessen sind, dass nicht nur systematische Dreifach-Koinzidenzen, sondern auch alle systematischen Zweifach-Koinzidenzen ausgeschlossen sind. Bei der Bestimmung des zweiten Anteils wird man nur die Impulse des Eingangs E_1 verzögern. Von der gemessenen Zählrate muss man noch die Zählrate des ersten Anteils abziehen, um die Zählrate des zweiten Anteils zu erhalten. Das liegt daran, dass beim zweiten Anteil die systematischen Koinzidenzen zwischen E_2 und E_3 Koinzidenzpartner von E_1 sind, dass aber bei der Messung alle Koinzidenzen zwischen E_2 und E_3, d.h. auch die zufälligen Koinzidenzen, als Koinzidenzpartner von E_1 auftreten. Zur Bestimmung des dritten Anteils wird man die Impulse des Eingangs E_2 verzögern, zur Bestimmung des vierten Anteils die Impulse des Eingangs E_3. Die Zählrate des ersten Anteils muss immer subtrahiert werden. In praktischen Fällen werden häufig nur der zweite oder der dritte Anteil oder der zweite und der dritte Anteil eine Rolle spielen.

Es ist nicht möglich, die Zählrate der zufälligen Koinzidenzen dadurch zu bestimmen, dass man vor den einen Eingang der schnellen Koinzidenzstufe ein Verzögerungskabel schaltet. Durch ein solches Kabel würden alle systematischen Koinzidenzen in der schnellen Koinzidenzstufe ausgeschlossen. Ein grosser Beitrag von zufälligen Koinzidenzen rührt aber von Ereignissen her, die zu einer systematischen Koinzidenz in der schnellen Stufe führen.

Die Übertragung der zweiten Methode erfordert die Messung der Zählraten von Zweifach-Koinzidenzen in der langsamen Dreifach-Koinzidenzstufe und die Bestimmung der Koinzidenzauflösezeiten für zufällige Koinzidenzen. Wenn man die Eingangsimpulse an den Eingängen E_1, E_2, E_3 in ausreichender Näherung als Rechteckimpulse der Längen t_1, t_2, t_3 betrachten kann, die im Falle einer Überlappung eine Koinzidenz ergeben, dann ist der erste Anteil der zufälligen Koinzidenzen

$$N_z{}^{123} = 3\tau^2 N_1 N_2 N_3 \quad \text{mit} \quad 3\tau^2 = t_1t_2 + t_1t_3 + t_2t_3\dagger .$$

Bei der Bestimmung des zweiten Anteils kann man wieder so vorgehen, dass man die Zählrate der zufälligen Koinzidenzen zwischen E_1 und allen Koinzidenzen zwischen E_2 und E_3 ermittelt und dann den ersten Anteil subtrahiert. Um die Zählrate $N_k{}^{23}$ der Koinzidenzen zwischen E_2 und E_3 zu messen, wird der Eingang E_1 unwirksam gemacht. Die Zählrate der zufälligen Koinzidenzen zwischen E_1 und den Koinzidenzen zwischen E_2 und E_3 ist

$$N_z{}^{1(23)} + N_z{}^{123} = 2\tau_{1(23)}(N_k{}^{23} - N_s)\, N_1 .$$

N_s bezeichnet die Zählrate der systematischen langsamen Dreifach-Koinzidenzen. Gegen N_1 ist N_s vernachlässigt. Um die Koinzidenzauflösezeit $\tau_{1(23)}$ für zufällige Koinzidenzen zwischen E_1 und Koinzidenzen zwischen E_2 und E_3 zu messen, gibt man auf den Eingang E_1 Impulse aus einem Impulsgeber oder aus einem Szintillationszähler mit einem unabhängigen Präparat. Wenn dann N_g^1 die Zählrate an E_1 ist und N_g^k die Koinzidenzzählrate, dann ist

$$\tau_{1(23)} = N_g{}^k/(2N_g{}^1 N_k{}^{23}) .$$

Da im allgemeinen die Impulslängen der Eingangsimpulse bekannt sind, läuft die Messung

† Die Zählrate der zufälligen Koinzidenzen zwischen E_1 und E_2 ist $N_z{}^{12} = (t_1 + t_2)\, N_1 N_2$. Wenn z.B. $t_1 < t_2$ ist, hat die Gesamtheit der Koinzidenzimpulse der Länge $< t_1$ die relative Wahrscheinlichkeit $2t_1$, alle Impulslängen $< t_1$ sind gleich wahrscheinlich; Koinzidenzimpulse der Länge t_1 haben die relative Wahrscheinlichkeit $t_2 - t_1$. Die mittlere Länge des Koinzidenzimpulses ist daher $t_1t_2/(t_1 + t_2)$. Die Zählrate des ersten Anteils der zufälligen Koinzidenzen wird

$$N_z{}^{123} = (t_1t_2/(t_1 + t_2) + t_3)\, N_z{}^{12} N_3 = 3\tau^2 N_1 N_2 N_3 .$$

darauf hinaus, dass man den mittleren Überlappungsgrad der koinzidierenden Impulse zwischen E_2 und E_3 bestimmt. Entsprechendes gilt für den dritten Anteil: Mit einem Impulsgeber oder einem unabhängigen Präparat wird die Koinzidenzauflösezeit $\tau_{2(13)}$ für zufällige Koinzidenzen zwischen E_2 und allen Koinzidenzen zwischen E_1 und E_3 ermittelt. Zur Bestimmung der Zählrate N_k^{13} der Koinzidenzen zwischen E_1 und E_3 wird E_2 unwirksam gemacht. Es wird

$$N_z^{2(13)} = 2\tau_{2(13)} (N_k^{13} - N_s) N_2 - N_z^{123} .$$

Genauso findet man für den vierten Anteil

$$N_z^{3(12)} = 2\tau_{3(12)} (N_k^{12} - N_s) (N_3 - N_s) - N_z^{123} .$$

Die Zählrate aller zufälligen Koinzidenzen ist

$$\begin{aligned} N_z &= N_z^{123} + N_z^{1(23)} + N_z^{2(13)} + N_z^{3(12)} \\ &= 2\tau_{1(23)} (N_k^{23} - N_s) N_1 + 2\tau_{2(13)} (N_k^{13} - N_s) N_2 \\ &\quad + 2\tau_{3(12)} (N_k^{12} - N_s) (N_3 - N_s) - 6\tau^2 N_1 N_2 N_3 . \end{aligned}$$

In vielen Fällen werden N_k^{23}, N_k^{13}, N_k^{12} und N_3 soviel grösser als N_s sein, dass man auf die Subtraktion von N_s verzichten kann. In anderen Fällen kann man für N_s die Zählrate der gemessenen Dreifach-Koinzidenzen N_k einsetzen, insbesondere wenn der Anteil der zufälligen Koinzidenzen nicht sehr gross ist. Der Aufwand einer Iterationsrechnung dürfte im allgemeinen nicht gerechtfertigt sein. Meistens werden nur höchstens zwei der vier Summanden Berücksichtigung verdienen.

TA 80-17