

Aleksander Buliński

Jacek Walicki

Władysław Żak

ZASTOSOWANIE ZESTAWU DO REJESTRACJI DANYCH  
POMIAROWYCH OPARTEGO O SYSTEM C A M A C,  
W BADANIACH WYŁADOWAŃ NIEZUPEŁNYCH W IZOLACJI  
ELEKTRYCZNEJ

Streszczenie

Przedstawiono propozycję zestawu do rejestracji danych pomiarowych, zbudowanego w oparciu o bloki funkcyjne systemu CAMAC. Zastosowanie go do współpracy z układem do pomiaru wyładowań niezupełnych umożliwia, albo wyprowadzenie danych na nośniku maszynowym, a więc w dogodnej formie do dalszych przeliczeń na m.c. albo bezpośrednio sprzężenie układu pomiarowego z m.c. w celu sterowania eksperymentem. W prostych przypadkach, sterowanie przebiegiem eksperymentu może być realizowane przy pomocy wewnętrznego procesora układu, bez udziału maszyny cyfrowej.

---

Mgr inż. Aleksander Buliński

Mgr Władysław Żak

Instytut Podstaw Elektrotechniki

i Elektrotechnologii

Mgr inż. Jacek Walicki

Instytut Automatyki Systemów

Energetycznych

Politechnika Wrocławska

Istnieje pełna dowolność zestawiania bloków funkcjonalnych dla potrzeb konkretnych stanowisk badawczych, o bardzo nawet skomplikowanych cyklach rejestracji danych

### 1. Wprowadzenie

Elektrotechnika nie dysponuje, jak dotąd materiałami izolacyjnymi odpornymi na działanie wyładowań niezupełnych. Niebezpieczeństwo wystąpienia wyładowań rośnie w miarę konstruowania urządzeń elektrycznych na coraz to wyższe napięcia znamionowe, dlatego pomiarom wyładowań niezupełnych i badaniom ich wpływu na układy izolacyjne poświęca się wiele uwagi.

Trwają poszukiwania w kierunku precyzyjniejszych technik pomiarowych, dokładniejszego opisu zjawisk wyzwania energii w procesie wyładowań i skutków ich oddziaływania na materiały izolacyjne.

Wiele prac, łącznie z opracowaniami normalizacyjnymi, poświęconych jest technice pomiarów, sposobom eliminowania różnego typu zakłóceń, metodom skalowania zestawów pomiarowych itp [1...5] .

Z punktu widzenia możliwości pomiarowych, poszczególne źródła wyładowań w izolacji /głównie wtrąciny gazowe, praktycznie niemożliwe do wyeliminowania w procesie produkcji/ są niedostępne. Badany układ izolacyjny "widziany" jest przez aparaturę pomiarową jako całość. Rozkład wtrącin gazowych w izolacji nie jest znany. Nieznane są również ich wymiary, a różnice w nich powodują, że w funkcji napięcia, wyładowania pojawiają się w coraz to innych miejscach. Wyładowania mogą z czasem ulec wygaszeniu i pojawić się ponownie. "Aktywność" poszczególnych źródeł wyładowań jest więc nieoznaczoną funkcją czasu. Ponadto, chwilowe wzrosty napięcia np. od przepięć łączeniowych mogą wyzwolić wyładowania w miejscach, w których nie doszłoby do tego w warunkach normalnej pracy [6] . Jeżeli dodać jeszcze, że wyładowania z reguły przejawiają tendencję

do lokalizowania się, przez co nie zajmują całej objętości nawet małych wtrącin [7], będzie to częściowym tylko obrazem złożoności ich charakteru i kłopotów z jakimi spotyka się przy próbach ich identyfikacji.

Wprowadzona przed kilkunastoma laty, metoda zdejmowania rozkładów amplitudowych i czasowych impulsów wyładowań niezupełnych w swoim założeniu trafiła w samą istotę tego zjawiska - w jego stochastyczny charakter, możliwy do opisanie jedynie metodami statystyki matematycznej.

Mimo, że metoda ta nie spełniła pokładanych w niej nadziei, znalezienie ścisłej korelacji między parametrami rozkładów wielkości opisujących wyładowania niezupełne a "czasami życia" izolacji, ma ona ciągle i chyba słusznie, wielu zwolenników.

Statystyczny opis empirycznych rozkładów ładunków lub energii wyładowań niezupełnych i dalej wyznaczenie zmian w postaci tych rozkładów pod wpływem działania pola elektrycznego, dostarcza największej liczby informacji o wyładowaniach. Wiadomo, jakim celem taki materiał może służyć - celom identyfikacji źródeł wyładowań, diagnostyki, ocenie formy wyładowań itp [8 ....10].

Układy pomiarowe do takich badań winna cechować wysoka czułość i dobra rozdzielczość - w tym zakresie technika cyfrowa rokuje możliwości dalszego postępu. Pomiarowe "zdjęcie" jednego, pełnego widma impulsów powinno trwać jak najkrócej - najlepiej 1/50 s. Jeżeli weźmie się pod uwagę, że badania odporności izolacji na wyładowania niezupełne powinny być realizowane na kilku próbkach jednocześnie, oraz że oprócz rozkładów widmowych należy notować szereg innych wielkości / napięcie próbiercze, czas, maksymalny ładunek pozorny wyładowań itp/ to widać jak ważną rolę odgrywa szybkość wyprowadzania danych z układu pomiarowego. Na to w jakiej formie powinny być one rejestrowane, rzutuje jeszcze jeden element - łatwość ich opracowania.

Technika pomiaru wyładowań niezapełnych opiera się na rejestrowaniu krótkich, słabych /rzędu mikrowoltów/ impulsów napięciowych. Wyznaczenie ładunków wyzwanych przez pojedyncze wyładowania, energii wyładowań, funkcji gęstości rozkładów energii czy ładunków wyładowań, wymaga długotrwałych, znużonych obliczeń, do których najkorzystniej jest użyć maszyny cyfrowej. Dlatego układ pomiarowy powinien umożliwiać wyprowadzenie danych na nośniku maszynowym.

Oprócz samego procesu wyprowadzania danych, ważnym zagadnieniem jest możliwość automatycznego sterowania przebiegiem eksperymentu, w oparciu o wstępnie przetworzone dane pomiarowe.

Tym zagadnieniem poświęcony jest niniejszy artykuł, w którym zostanie omówiony zestaw do rejestracji danych pomiarowych na bazie bloków wykonanych w systemie CAMAC. Projekt takiego zestawu jako kontynuacja prac wcześniejszych [12] powstał przy współpracy Instytutu Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii Politechniki Wrocławskiej z Zakładem Informatyki Politechniki Wrocławskiej oraz Instytutem Automatyki Systemów Energetycznych we Wrocławiu.

System CAMAC /COMPUTER APPLICATION FOR MEASUREMENT AND CONTROL/ [13] opracowany przez Komitet ESONE /EUROPEAN STANDARDS OF NUCLEAR ELECTRONICS/ w 1969 roku, jest jedynym w Europie, w pełni rozwiązany system obróbki danych, z możliwością wyeliminowania w prostych przypadkach maszyny matematycznej. Z punktu widzenia wymienności mechanicznej i funkcjonalnej, system CAMAC jest systemem opracowanym do końca.

Z krajów EWPG bloki do tego systemu produkują Polska, Czechosłowacja i Węgry. Główną cechą funkcjonalną CAMAC-u jest przystosowanie do współpracy z maszyną cyfrową /"on line"/ zaś cechą konstrukcyjną, wykonanie układów w technice obwodów scalonych /tzn. układy małej i średniej skali scalenia/.

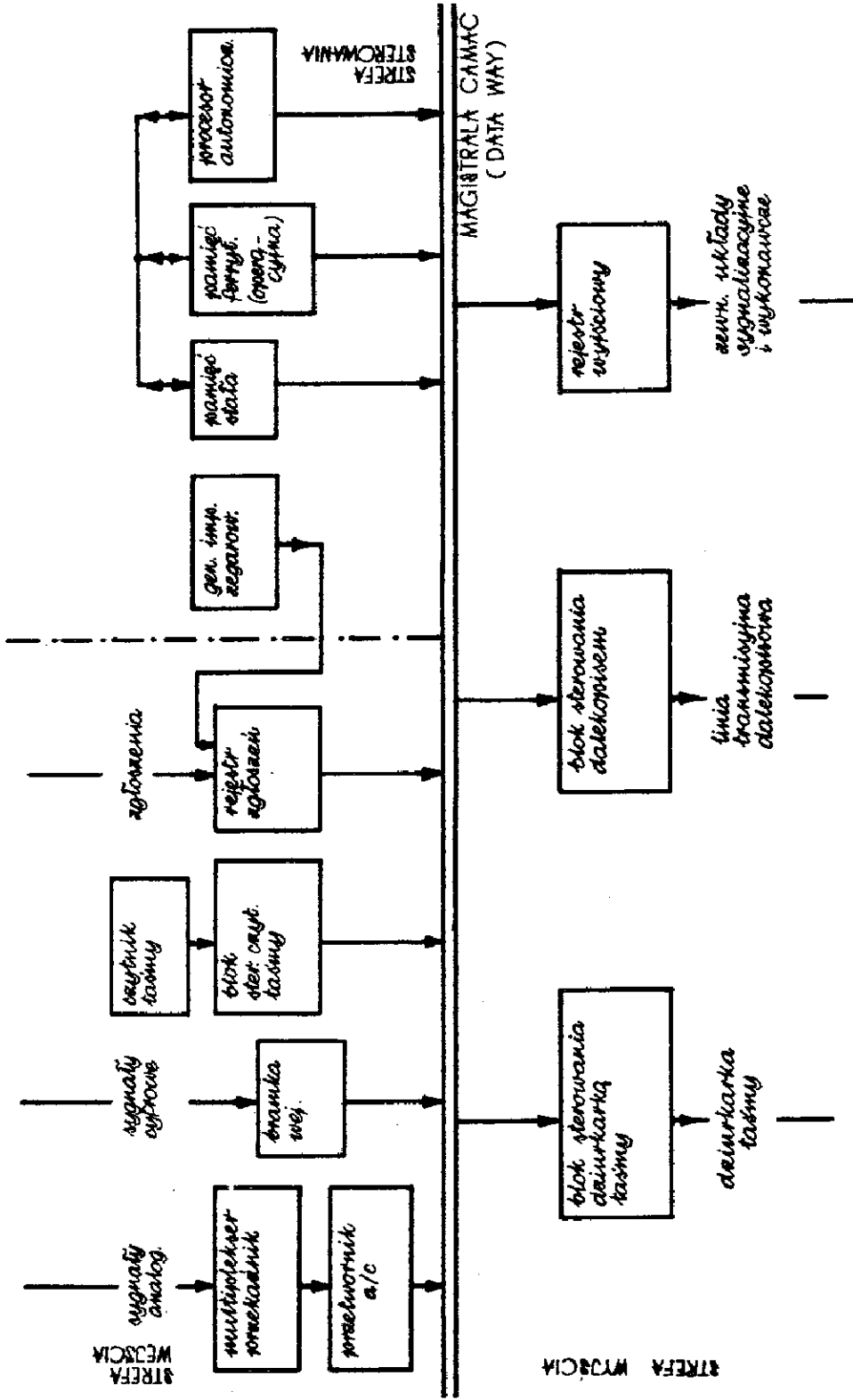
Ważne jest to, że system CAMAC może współpracować z m.c. dowolnego typu oraz, że istnieje możliwość zastosowania w nim bloków funkcjonalnych amerykańskiego systemu NIM /NUCLEAR INSTRUMENT MODULES /najbardziej rozpowszechnionego w chwili obecnej na świecie.

## 2. Opis zestawu CAMAC do rejestracji danych pomiarowych

Schemat blokowy zestawu pokazano na rys.1. Przedstawia on ogólną koncepcję rejestracji danych z układu pomiarowego o określonej liczbie wyjść analogowych i cyfrowych. W konkretnym przypadku, może to być, jak wspomniano, układ do pomiaru wyładowań niesupełnych. Rola MULTIPLEKSERA z PRZETWORNIKIEM A/C dla sygnałów analogowych, oraz BRAMEK WEJŚCIOWYCH dla sygnałów cyfrowych jest jasna - wprowadzenie sygnałów z układu pomiarowego na MAGISTRALE /DATA WAY/ zestawu.

Każde stanowisko o konkretnym schemacie czasowym działania, wymaga nadania pewnej kolejności rejestrowaniu danych. Jedne wielkości są notowane częściej, zbieranie informacji o innych trwa dłużej, więc notowanie ich jest rzadsze. Kolejność ta musi być ściśle utrzymana i odtwarzalna przy opracowaniu danych na maszynie cyfrowej.

Rolę sterowania procesem zbierania danych i ich rejestracją spełnia PROCESOR AUTONOMICZNY. Jest to "mózg" całego zestawu. PROCESOR wykonuje rozkazy pobierane z modułów pamięci /stałej lub ferrytowej/, w których umieszcza się określone, stosownie do wymagań konkretnego stanowiska, programy działania. Te fragmenty programów, do których powinien być natychmiastowy dostęp, umieszcza się w PAMIĘCI STAŁEJ, poprzez wykonanie odpowiednich, "zeszytych" na stałe połączeń elektronicznych. Jej pojemność wynosi 32 słowa 18 bitowe. Pozostałe części wczytywane są z taśmy papierowej do bloku PAMIĘCI FERRYTOWEJ o pojemności 1024 słów 24 bitowych /czytnik taśmy → blok sterowania czytnikiem taśmy → magistrala CAMAC → pamięć ferrytowa/.

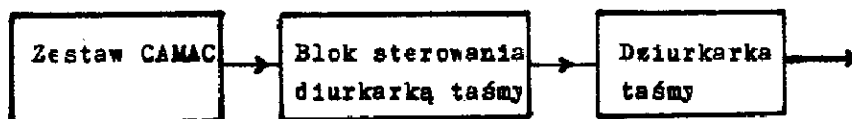


Rys. 1 Schemat blokowy układu do rejestracji danych pomiarowych na nośniku maszynowym sbudowanego w bloków funkcjonalnych systemu CAMAC

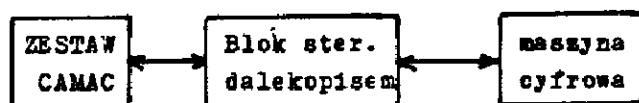
Zawartość PAMIĘCI FERRYTOWEJ może ulec wymianie poprzez wprowadzenie do niej innego programu. Można w niej przechowywać również dane pomiarowe.

Istnieje kilka możliwości wyprowadzenia danych z zestawu:

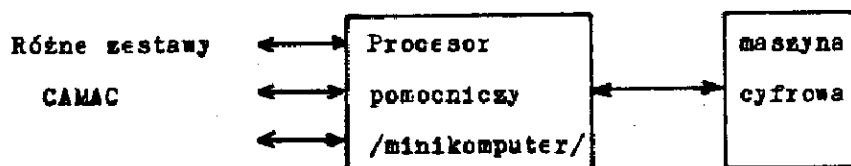
1/ na dziurkarkę taśmy wg schematu:



2/ bezpośrednio na maszynę cyfrową:



3/ na maszynę cyfrową, poprzez procesor pomocniczy /Minikomputer/



Przypadek pierwszy dotyczy przetwarzania danych typu "off line", tzn. że dane, zarejestrowane na nośniku maszynowym mogą być opracowane przez maszynę cyfrową w dowolnym czasie. Przypadki 2/ i 3/ dotyczą pracy m.c. w tzw. czasie rzeczywistym /real time/.

Podłączenie kilku zestawów CAMAC do współpracy z minikomputerem /przypadek 3/ rozszerza możliwości gromadzenia danych oraz pozwala na częściowe ich opracowanie. Dzięki temu, wyniki wykonanych na bieżąco obliczeń mogą stanowić podstawę do zadawania PROCESOROWI zestawu, określonych rozkazów, wykonywanych poza jego normalnym programem działania. Wiąże się to z szeroką grupą zagadnień, dotyczących sterowania eksperymentem.

Proste funkcje sterowania doświadczeniem mogą być wykonywane

również przez sam zestaw CAMAC, bez pomocy procesora pomocniczego. Dotyczy to również możliwości kierowania z kasy CAMAC działaniem zewnętrznych układów sygnalizacyjnych i urządzeń wykonawczych. Zostanie to wyjaśnione na kilku przykładach.

Załóżmy, że w czasie pomiarów, może dojść w układzie probierczym wysokiego napięcia, w badanych próbkach lub w samej aparaturze pomiarowej do sytuacji, na które chcielibyśmy w określony sposób zareagować. Żądamy, aby te z góry przewidziane, jako szczególnie istotne dla pomiarów lub awaryjne momenty, były sygnalizowane przez układ. W tym celu, różne jego punkty łączą się z REJESTREM ZGŁOSZEŃ zestawu. Funkcje jakie powinien wykonać PROCESOR na pojawienie się sygnału - zgłoszenia z określonego adresu, zadaje się w programie jego działania. Jeden rejestr zgłoszeń posiada 16 wejść, zatem 16 wybranych elementów układu pomiarowego, ma możliwość zaszyfrowania przejścia w taki stan pracy, który wymaga interwencji układu sterowania.

Jeżeli wymagane jest wówczas zadziałanie zewnętrznych urządzeń wykonawczych lub sygnalizacyjnych /przełączników, lampek itp/ procesor układu, kieruje nimi poprzez REJESTR WYJŚCIOWY, z którego wysyłane są odpowiednie sygnały sterujące.

Niżej podano kilka przykładów możliwych funkcji sterowania wykonanych przez zestaw CAMAC na zadane rodzaje sygnałów - zgłoszeń /wg schematu : ZGŁOSZENIE → 1.

2. Odpowiedź w układzie pomiarowym

3.

.

.

.



przebiecie próbki → 1. przerwanie rejestracji danych dla przebitej próbki,  
2. obniżenie napięcia na próbkach pozostałych  
3. zapis czasu życia przebitej próbki z zegara zewnętrznego,

sygnał z zegara zewn.  
/informujący np. o  
upływie określonego  
czasu próby/ →

1. wyłączenie napięcia
2. wzrost napięcia do zadanej wartości
3. płynny wzrost napięcia aż do przebiecia próbek
4. zmniejszenie częstotliwości pomiarów

koniec jednego cyklu  
pomiarowego dla 1-tej  
próbki →

start rejestracji danych dla próbki 1 +1,

przekroczenie zakresu  
dynamiki przyrządu →

zmiana wzmożeń lub zakresów,

przepełnienie przeliczników przy zadanym czasie zliczania →

skrócenie czasu zliczania,

przekroczenie przez mierzoną wielkość zadanej wartości →

1. zwiększenie częstotliwości pomiarów
2. wyłączenie napięcia

zanik wyładowań niezupełnych  
w danej próbce

przerwanie rejestracji  
danych dla danej próbki,  
zanotowanie czasu do  
zaniku wyładowań,

nagły wzrost intensywno-  
ści wyładowań niez.

1. włączenie kamery  
sprzężonej z oscylo-  
grafem w celu zarejes-  
trowania rozkładu  
impulsów w kilku  
kolejnych okresach  
napięcia probierczego,
2. włączenie magnetofonu  
stacyjnego w celu zapi-  
sania rozkładu impulsów  
dla późniejszej, dokład-  
nej ich analizy.

Podobne przykłady można by mnożyć, w zależności od specyfiki wykonywanych pomiarów, od przebiegu obserwowanych zjawisk i stopnia w jakim pracę operatora chce się zastąpić automatycznym wykonywaniem pomiarów przez sam układ.

### 3. Wnioski końcowe

Przedstawiony zestaw do rejestracji danych oparty o bloki funkcjonalne systemu CAMAC, jest zestawem programowalnym, pozwalającym na bezpośrednie sprzężenie układu pomiarowego z maszyną cyfrową dowolnego typu a w najprostszej wersji, na rejestrowanie danych w bardzo wygodnej dla dalszych opracowań, przy pomocy maszyny cyfrowej, formie - na nośniku maszynowym.

Zastosowany w pomiarach wyładowań niezupełnych przede wszystkim zwiększyłby efektywność badań, poprzez zautomatyzowanie samych pomiarów i przypięsenie notowania danych.

Literatura

- [1] IEC Publ.270, 1968 - Partial Discharge Measurement.
- [2] PN-70/E-4060 - Wyładowania niezupełne w izolacji przy napięciu przemiennym. Metody badań.
- [3] ASTM D1868-68, VDE 0434/1.66 Teil 1, VDE 0434 Teil 2/1.66
- [4] Mason J.H. - Discharge Detection and Measurements /Electr. Review, 31, May 1968/
- [5] Kreuger F.H. - Calibration Recommended Means for Calibrating and Checking Discharge Detection Circuits /CIGRE 1970, Rep.21-01/
- [6] Kreuger F.H. - Detection and Location of Discharges Particularly in Plastic Insulated High Voltage Cables/ N.V. Nederkantsche Kabelfabrieken Delf Holland 2, nr edn 1961/,
- [7] Mason J.H. - The Deterioration and Breakdown of Dielectrics Resulting from Internal Discharges /Proc. IEE, Paper No 1053, January 1951 98, Part 1 pp.44/
- [8] Włodek R. - Analiza wyładowań niezupełnych i jej zastosowanie do ich interpretacji w technicznych układach elektroizolacyjnych /Zeszyty Naukowe AGH - Elektryfikacja i Mechanizacja Górnictwa i Hutnictwa z.61 1974/
- [9] Palion L. Włodek R. - Rozkłady impulsów i ich parametry opisowe jako metoda badania zmian różnych form wyładowań niezupełnych /Symposium nt. Wyładowania niezupełne jako czynnik destrukcji izolacji AGH - PKMB 1972/.
- [10] Florkowska B. - Badanie wyładowań częściowych w izolacji papierowo-olejowej kabli elektroenergetycznych metodą analizy impulsów. /Rozprawa doktorska, Kraków 1968/,
- [11] Matikainen K. Some Observation upon Distributions of Partial Discharge Pulses Measured with a Multi Channel Analyser /CIGRE 1968, Rep.21-06/,

- [12] Buliński A. Żak W. - Projekt stanowiska pomiarowego do badania wylądowań niezupełnych w izolacji elektrycznej przystosowanego do współpracy z maszyną cyfrową /referat zgłoszony w grudniu 1974 r na konferencję organizowaną przez Zakład Informatyki Politechniki Wrocławskiej nt. Automaty-  
zacja Prac Laboratoryjnych i Sterowania Eksperymentem /
- [13] CAMAC - A Modular Instrumentation System for Data Handling  
- Revised Description and Specification /EUR 4100-e/  
ESONE 1972.