

# monitorowanie i diagnozowanie mechaniczne wyłączników próżniowych średniego napięcia

problemy i rozwiązania

prof. dr hab. inż. Zbigniew Pochanke, dr inż. Waldemar Chmielak – Politechnika Warszawska, w ramach współpracy z Elektrometal Energetyka SA

Analiza potrzeb i możliwości diagnozowania wyłączników wysokiego napięcia wskazała jako główne i aktualne zagadnienia w tej dziedzinie: diagnozowanie stanu komory gaszeniowej, ocenę stanu mechanizmu napędowego oraz diagnostykę wyzwalaczy elektromagnetycznych [1]. Doświadczenia eksploatacyjne, zbierane głównie dla urządzeń najwyższych napięć, wskazują, że najbardziej zawodnymi elementami wyłączników są napędy oraz wyzwalacze [2, 3, 4]. Przeprowadzono analizę możliwości oceny stanu technicznego wyłącznika poprzez cyfrową obróbkę sygnałów napięciowych i prądowych, możliwych do uzyskania podczas normalnej pracy wyłącznika. Wyniki takich systematycznych i długoterminowych pomiarów, zebrane dla odpowiednio dużej populacji i analizowane za pomocą metod statystycznych, umożliwiają racjonalne zarządzanie zasobami.

Do badań użyto wyłącznik próżniowy typu e<sup>2</sup>BRAVO firmy ELEKTROMETAL ENERGETYKA SA.

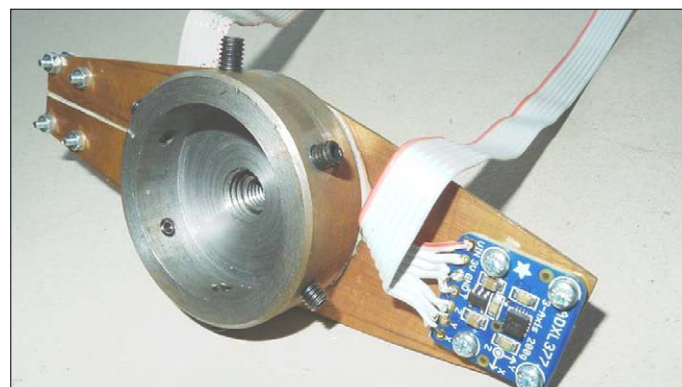


Wyłącznik próżniowy e<sup>2</sup>BRAVO produkcji Elektrometal Energetyka SA

## monitorowanie i diagnozowanie mechaniczne wyłączników

Poprzez monitorowanie i diagnozowanie mechaniczne napędów wyłącznika rozumie się zwykle weryfikację jego funkcjonalności. W aspekcie mechanicznym realizuje się to poprzez rejestrację przemieszczenia syków, sygnałów prądów w cewkach wyzwalaczy oraz stan położenia styków – zamknięte/otwarte. Poprawne działanie wyłącznika zależy od ruchu jego styków, który to ruch jest definiowany przez specyficzne parametry przebiegu czasowego przemieszczenia styków (tzw. charakterystyki ruchu). Najprostszym sposobem uzyskiwania informacji o ruchu styków wyłącznika jest wykorzystanie przetwornika drogi przymocowanego do elementów ruchomych napędu (ciągła poruszającego styk ruchomy, lub do wału napędowego). W tym celu wykorzystuje się głównie potencjometry lub enkodery, w wykonaniu liniowym lub obrotowym. Najlepsze odwzorowanie przemieszczenia uzyskuje się mocując przetwornik drogi najbliższej styku ruchomego, co nie zawsze jest możliwe. W miarę oddalania się z pomiarem od styku ruchomego, wprowadzane są zniekształcenia ruchu styków wynikające z charakteru przełożenia ruchu danego elementu mechanizmu napędowego na ruch styków. Pomiar bezpośredni na ciągle

napędowym również może nie w pełni odwzorowywać ruch styków, gdyż w ciągle może być wmontowana sprężyna dociskowa.



Rys. 1. Przetwornik przyspieszenia kątownego wału

napędowym również może nie w pełni odwzorowywać ruch styków, gdyż w ciągle może być wmontowana sprężyna dociskowa.

Pomiar przemieszczenia pozwala na wyznaczenie prędkości poprzez różniczkowanie przebiegu drogi. Wiąże się to jednak z potrzebą stosowania dużej częstotliwości próbkowania i wysokiej rozdzielczości w celu ograniczenia zakłóceń. Sugerowana kombinacja tych parametrów to: 20kS/s – 12bitów, 50kS/s – 10 bitów, 100kS/s – 8 bitów, jako dane wstępne, które należy weryfikować w każdym konkretnym przypadku. Z punktu widzenia zakresu informacji, bezpośredni pomiar prędkości jest najlepszą metodą, ponieważ przy precyzyjnych wymaganiach rejestracji, oferuje dokładne dane dotyczące przemieszczenia i kontroli nad zawartością częstotliwościową sygnału przyspieszenia (rys. 3). Niestety stosunkowo wysokie obciążenia (100–200G) utrudniają jego mocowanie lub mogą powodować drgania samego miernika. Bezpośredni pomiar prędkości wymaga próbkowania co najmniej 5–10kS/s i rozdzielczości nie mniej niż 10 bitów. Podstawową wadą

tej metody jest brak komercyjnych czujników prędkości dopasowanych do mechanizmu pracującego impulsowo. Prędkość może być uzyskiwana również poprzez całkowanie przebiegów przyspieszenia. Obecnie dostępne są niedrogie i kompaktowe akcelerometry z wbudowanymi wzmacniaczami ładunku, które z powodzeniem mogą być mocowane praktycznie w dowolnym miejscu mechanizmu wyłącznika. Całkowanie sygnału przyspieszenia wymaga jednak wysokiej dynamiki rejestracji – co najmniej 12 bitów przy częstotliwości próbkowania co najmniej 10kS/s. Uzyskany w ten sposób sygnał prędkości jest stosunkowo precyzyjny, a więc wystarcza-

## streszczenie

W artykule przeprowadzono analizę możliwości oceny stanu technicznego wyłącznika poprzez cyfrową obróbkę sygnałów napięciowych i prądowych, możliwych do uzyskania podczas normalnej pracy wyłącznika. Wyniki takich systematycznych i długoterminowych pomiarów, zebrane dla odpowiednio dużej populacji i analizowane za pomocą metod statystycznych, umożliwiają racjonalne zarządzanie zasobami. Do badań użyto wyłącznik próżniowy typu e<sup>2</sup>BRAVO firmy ELEKTROMETAL ENERGETYKA SA.

jąco dokładny do obliczenia energii kinetycznej. [5, 6].

Działanie mechaniczne wyłącznika jest proste: napięta sprężyna, na polecenie realizowane przez wyzwalacz elektromagnetyczny, napędza – poprzez przekładnię dźwigniowo-przegubowe lub krzywkowe – styki ruchome wyłącznika. W ruchu tym występują jednak czynniki sprawiające, że działaniu napędu towarzyszą drgania, uderzenia i odkształcenia, które niekiedy prowadzą do niesprawności lub uszkodzeń wyłącznika. Owe czynniki to:

- tarcie, zwłaszcza spoczynkowe lub „zaczepekowe”, wywołane deformacją przewodnic lub korozją,
- drgania relaksacyjne sprężystych deformacji mechanizmu, głównie konstrukcji, wywołanych przez napięcie sprężyn napędowych, a zwalnianie na początku ruchu,
- zderzenia mas styków przy zamykaniu, mas styków ruchomych z mechanizmem przy otwieraniu i masy całego mechanizmu łącznie ze stykami z ostoją na koniec otwierania. Obserwowane uszkodzenia obejmują:
- układy wyzwalania (zamki sprężyn, wyzwalacze elektromagnetyczne),
- trwałe deformacje ogniw mechanizmu, sprężyn i konstrukcji,
- pęknięcia ogniw mechanizmu, sprężyn i konstrukcji,
- zatarcia.

Z punktu widzenia strategii monitorowania i diagnozowania, uszkodzenia można podzielić na sygnalizowane i niesygnalizowane w normalnym działaniu. Racjonalne przeciwdziałania można wskazać tylko wobec tych pierwszych. Uszkodzenia niespodziewane są wywołane, albo katastrofalnymi czynnikami losowymi, albo błędami konstrukcyjno-technologicznymi. Te ostatnie powinny być eliminowane w produkcji.

Wskazane wcześniej czynniki utrudniające procesy ruchu mechanizmu wyłącznika sprawiają, że jest on bliski uderzeniowemu, przy wymaganiach niemal zegarmistrzowskich. Wyczerpująca diagnostyka takiego ruchu wymaga bardzo szerokiego oprzyrządowania pomiarowego i analitycznego. Wyposażanie w te środki każdego wyłącznika jest technicz-

nie i ekonomicznie bezsensowne. Zamiast tego proponuje się obsługę dwufazową poprzez:

- systematyczne, eksploatacyjne – w każdej operacji – monitorowanie ruchu i stanu wyłącznika,
- diagnostykę wyłącznika wskazanego na podstawie symptomów degradacji stwierdzonych w monitorowaniu.

Monitorowanie powinno, przy założonych kosztach, dostarczyć danych pozwalających na jak optymalne ograniczenie ryzyka uszkodzeń degradacyjnych. Monitorowanie polega na rejestracji w każdej operacji wyłącznika takich sygnałów związanych z ruchem, które byłyby możliwie najdokładniejszym i najszerzym świadectwem jego cech i uwarunkowań. Należy brać pod uwagę sygnały:

- kinematyczne (przemieszczenia, prędkości, przyspieszenia) każdego ogniwa ruchomego
- sił i naprężeń przynajmniej w głównych ogniwach napędowych,
- drgań konstrukcji.

Możliwości wyboru bywają ograniczone przez dostępność ogniwa oraz zakres dostępnych kanałów rejestracyjnych.

Oddzielny problem doboru środków monitorowania stanowi rejestracja przebiegów czasowych: częstość próbkowania i rozdzielczość przetwarzania A/C. Obecne doświadczenia badawcze nie dają podstaw do precyzyjnego doboru przedmiotu, środków i metod analizy monitorowania. Dalej przedstawione wyniki zostały uzyskane w minimalnym układzie, który wydaje się racjonalny do badań pilotujących.

Diagnostyka rozumiana jako wskazanie bezpośredniej przyczyny uszkodzenia lub niezadawalającego działania może być dokonywana metodą prób i błędów, kierowaną przez dodatkowe pomiary jak np.: jednoczesny pomiar przemieszczeń w różnych punktach mechanizmu oraz pomiar statycznej charakterystyki napędowo-oporowej. Natomiast diagnostyka pełna wymaga konfrontacji rozszerzonych pomiarów z modelem symulacyjnym mechanizmu uwzględniającym jego – przynajmniej główne – sprężystości i węzły tarciove.

## monitorowanie ruchu i stanu mechanizmu

Rozważane monitorowanie oparte jest na rejestracji przemieszczenia kąтового  $\varphi(t)$  i przyspieszenia  $\varepsilon(t)$ . Sygnał przyspieszenia jest generowany w przetworniku złożonym z dwóch akcelerometrów przytwierdzonych do cokołu (rys. 1.) osadzonego osiowo na wale głównym wyłącznika. Akcelerometry te odpowiednio skierowane dają dwa przyspieszenia styczne:

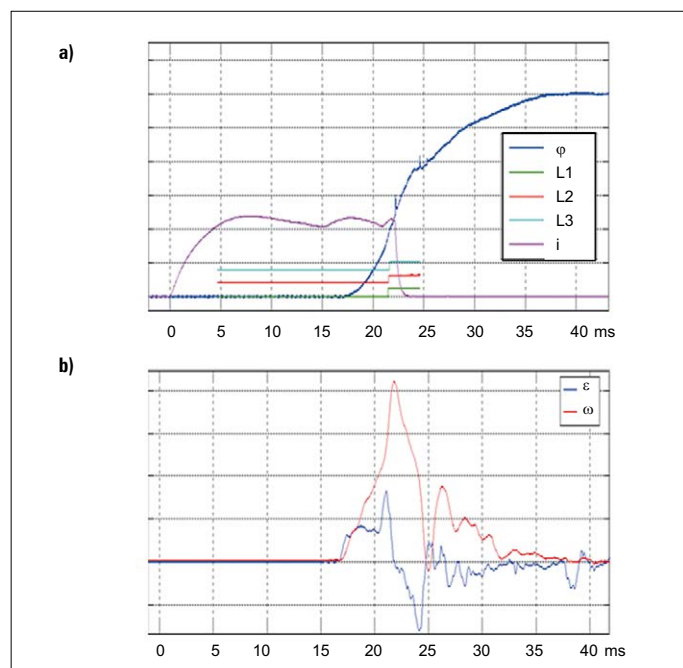
$$a^+ = R\varepsilon; \quad a^- = -R\varepsilon$$

Do osi wspomnianego cokołu przytwierdzony jest suwak potencjometru oraz cewka ruchoma magnetoelektrycznego przetwornika prędkości kątovej  $\omega(t)$ . Pomiar służył do sprawdzania pomiaru przyspieszenia. Diagnostyka mechanizmu prowadzona była jednocześnie z diagnostyką układu wyzwalającego, więc rejestracją objęto także prądy wyzwalacza  $i(t)$ . Rejestrację prowadzono z rozdzielczością 12 bitów i częstością próbkowania 100kS/s. Przykładowe wyniki rejestracji wybranych sygnałów pokazano na rysunku 2.

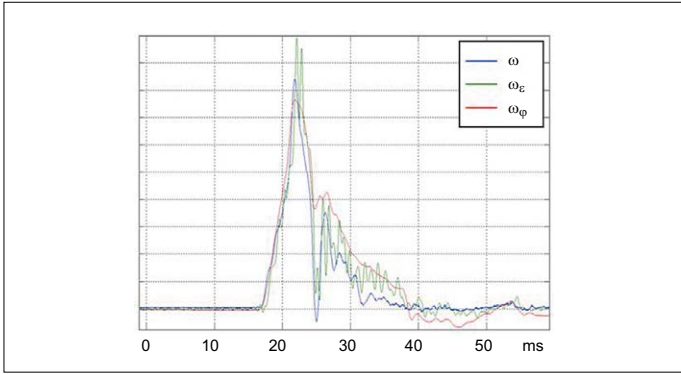
Wyniki pomiarów istotne dla monitorowania stanu mechanizmu zawarte są na oscylogramach obejmujących reje-

strację: przemieszczenia wału, sygnału zmiany styczności styków i prądu wyzwalacza. Z takich oscylogramów można odczytać wprost parametry funkcjonalne napędu. Natomiast symptomy degradacji zawarte są w sygnale przyspieszenia. Jak widać z oscylogramu na rysunku 2b przebieg przyspieszenia jest mało uporządkowany i daleki od prostego skojarzenia z przebiegiem prędkości. Aby zweryfikować wiarygodność rejestracji przyspieszenia, porównano (rys. 3 i rys. 4.) przebiegi prędkości uzyskiwane:

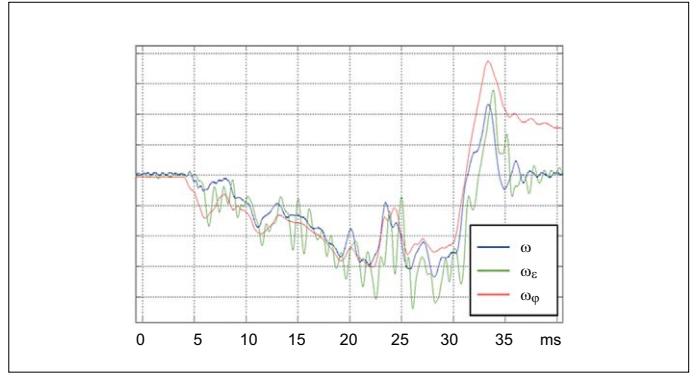
- z przetwornika magnetoelektrycznego  $\omega$ ,
  - przez zróżniczkowanie przebiegu przemieszczenia  $\omega_\varphi$ ,
  - przez scałkowanie przebiegu przyspieszenia  $\omega_\varepsilon$ .
- Jak widać obydwa sposoby analitycznego uzyskiwania prędkości dają wyniki wyraźnie różne od pomiaru bezpośredniego ( $\omega$ ):
- sygnał pochodnej przemieszczenia  $\omega_\varphi$  zawiera znaczącą składową oscylacyjną, więc nie może być źródłem informacji o drganiach mechanizmu,
  - sygnał całki przyspieszenia  $\omega_\varepsilon$  ulega dryftowi prowadzącemu do istotnych błędów w ocenie średniej prędkości całego mechanizmu.



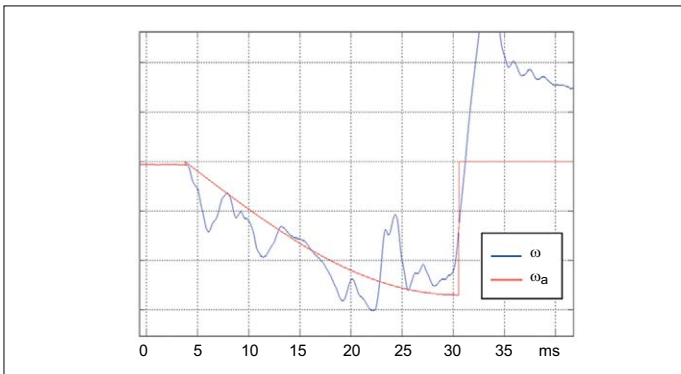
Rys. 2. Przykładowe wyniki rejestracji: a) przemieszczenia kątovej  $\varphi(t)$ , prądu wyzwalacza  $i(t)$  oraz punkt utraty styczności styków (*puss*), b) przyspieszenia kątovej  $\varepsilon(t)$  oraz prędkości kątovej  $\omega(t)$



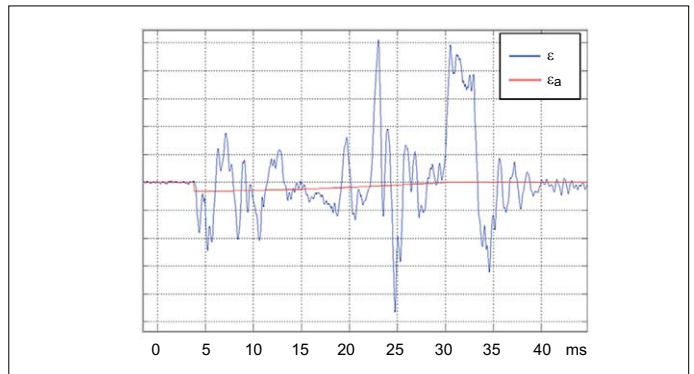
Rys. 3. Porównanie prędkości wału przy otwieraniu uzyskane różnymi metodami – por. tekst



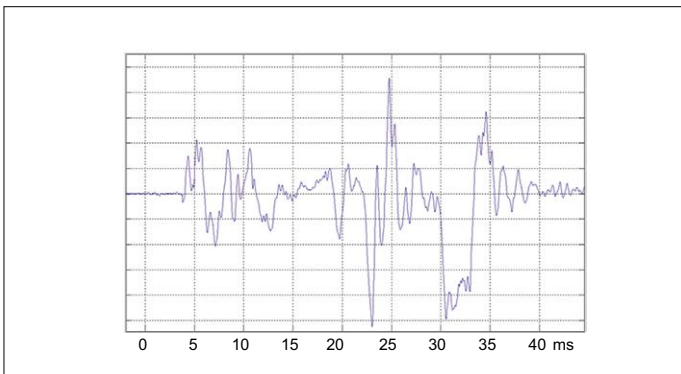
Rys. 4. Porównanie prędkości wału przy zamykaniu uzyskane różnymi metodami – por. tekst



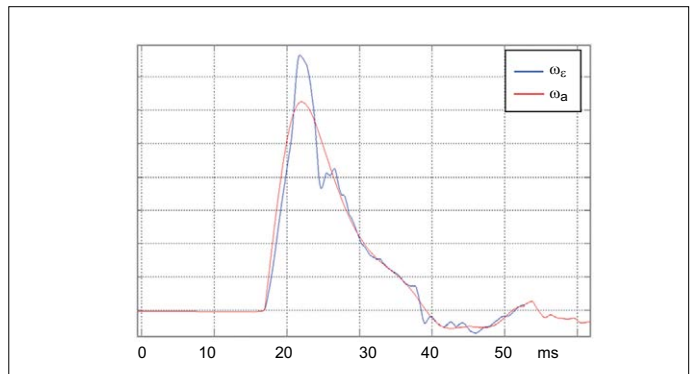
Rys. 5. Zamykanie – aproksymacja wolnozmienna prędkości  $\omega_\epsilon$  ćwiartką sinusoidy  $\omega_a$



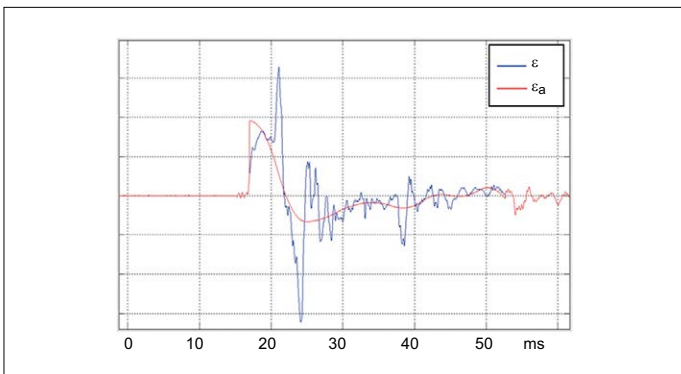
Rys. 6. Zamykanie – porównanie pełnego przyspieszenia kąowego  $\epsilon$  ze składową wolnozmienną  $\epsilon_a$



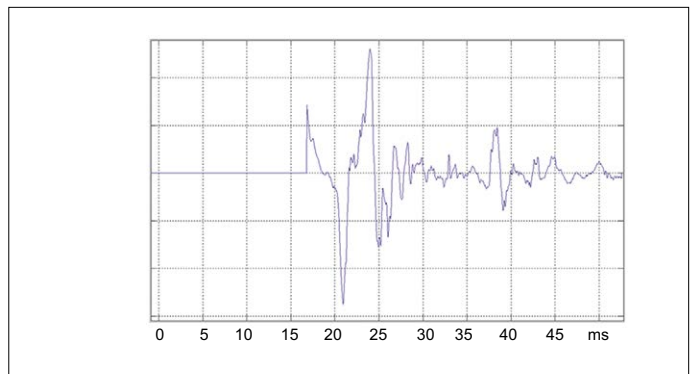
Rys. 7. Zamykanie – składowa szybkozmienna przyspieszenia kąowego  $dep = \epsilon - \epsilon_a$



Rys. 8. Otwieranie – aproksymacja wolnozmienna prędkości  $\omega$  ćwiartką sinusoidy  $\omega_a$



Rys. 9. Otwieranie – porównanie pełnego przyspieszenia kąowego  $\epsilon$  ze składową wolnozmienną  $\epsilon_a$



Rys. 10. Otwieranie – składowa szybkozmienna przyspieszenia kąowego  $dep = \epsilon - \epsilon_a$

Podane porównania wskazują, że ewentualne błędy przyspieszenia dotyczą jego składowych wolnozmiennych. Gdyby więc je wydzielić, to w szybkozmiennej, wibracyjnej pozostałości można by poszukiwać symptomów zmian degradacyjnych i zapowiedzi uszkodzeń. Składowe wolnozmiennie przyspieszenia wału wyłącznika wydzielano poprzez aproksymację prędkości wolnozmiennymi funkcjami. Pochodną tej wolnozmiennych składowej prędkości utożsamiano z wolnozmienną zmienną składową przyspieszenia. Jej odjęcie od pełnego przebiegu przyspieszenia daje składową szybkozmienną, wibracyjną, która może być źródłem interpretacji diagnostycznej. Ze względu na różny charakter sił oporowych przy zamykaniu i otwieraniu składowe wolnozmiennie prędkości mają różny charakter i konieczne było zastosowanie różnych podstaw ich aproksymacji. Przy zamykaniu jedyne zaburzenie pochodzi od zderzenia styków i ma miejsce pod koniec ruchu. Wskutek tego składowa wolnozmienna prędkości przypomina

ćwiartkę sinusoidy i taką funkcją została zaproksymowana. Wyniki aproksymacji oraz dekompozycji przyspieszenia pokazano na **rysunkach 5., 6. i 7.**

Podczas otwierania występują dwa incydenty komplikujące przebieg czasowy prędkości: przyhamowanie w chwili rozdziału styków oraz zderzenie mechanizmu z hamulcem hydraulicznym. W tym przypadku zastosowano elastyczną formę aproksymacji kubicznymi funkcjami sklejanymi. Wyniki aproksymacji oraz dekompozycji przyspieszenia pokazano na **rysunkach 8., 9. i 10.**

### monitorowanie układu wyzwalania

Układ wyzwalania obejmuje zamek sprężyny napędowej oraz wyzwalacza – elektromagnes wybijający zapadkę zamka. Pełna diagnostyka takiego układu obejmuje pomiar (zwykle statyczny) siły i skoku zapadki oraz pomiar siły wyzwalacza. Przy wyłączniku wyposażonym typowo i normalnie działającym takie pomiary nie są możliwe. Natomiast

dzięki specyficznym właściwościom siłownika elektromagnesowego możliwe jest ujawnienie i monitorowanie bilansu energetycznego w układzie wyzwalającym na podstawie prostej rejestracji prądu wyzwalacza. Wspomniana cecha wyzwalacza elektromagnetycznego polega na tym, że strumień magnetyczny skojarzony z jego uzwojeniem  $\Psi$  zależy, przy danym prądzie, od położenia ruchomej części magnetowodu (zwory, nura)  $d$ :  $\Psi(i_w, d)$ . Funkcje powyższego typu określa się jako charakterystyki magnesowania elektromagnesu. Z zasad przetwarzania energii wynika, że z danym punktem płaszczyzny stanu elektromagnesu  $\Psi, i_w$  wiążą się jego: indukcyjność i siła.

Przy znanym, a najlepiej stałym, napięciu zasilającym, rejestracja przebiegu prądu wyzwalacza wystarcza do wyznaczenia przebiegu strumienia. W ten sposób, jeśli znane są charakterystyki elektromagnesu, to w każdej chwili przebiegu prądu można obliczyć położenie zwory i siłę elektromagnesu, a dalej pracę i energię wyzwalacza. W przedstawionych dalej pomiarach nie dysponowano pomia-

rem napiężeń, więc wnioskowanie musiało być ograniczone. Poza danymi do analizy pracy i energii prąd wyzwalacza pozwala na rozszerzenia informacji o parametrach czasowych procesu wyzwalania, jak to pokazano na **rysunku 11.** Podstawą wyróżniania niektórych parametrów są charakterystyczne punkty przebiegu prądu:

- lokalne szczyty prądu, które w przybliżeniu można interpretować jako chwile pokonania oporów statycznych,
- skokowe zmiany stromości prądu, tożsame z zatrzymaniem ruchu nura.

Wynikiem pomiaru w danej operacji jest przebieg prądu, ze wskazanymi parametrami, jak to pokazano na **rysunku 12.** Analizując ten przebieg, możliwe jest wyznaczenie (**rys. 13.**) przebiegu napięcia indukowanego w uzwojeniu oraz strumienia skojarzonego uzwojenia:

$$E_{ind} = E_0 - R_e i_w$$

$$\Psi = \int_0^t e_{ind} dt$$

gdzie:

reklama

# FLIR seria Exx™ ZAAWANSOWANA TERMOWIZJA

## W CAŁKOWICIE NOWEJ ODSŁONIE

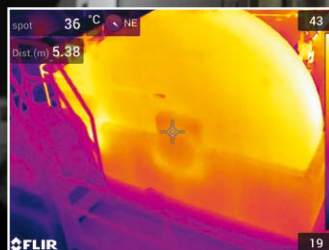
Aby dać użytkownikom do ręki najwyższą wydajność, rozdzielczość i czułość, jakie można spotkać w kamerach termowizyjnych z uchwytem pistoletowym, firma FLIR zaprojektowała serię Exx od nowa.

Nowe kamery serii Exx wyposażono w szereg funkcji, które pozwalają szybko diagnozować problemy występujące w instalacjach elektrycznych i systemach mechanicznych. Użytkownicy mogą dzięki temu uniknąć awarii sprzętu, podnieść poziom bezpieczeństwa w zakładzie i wydłużyć czas bez przestojów.

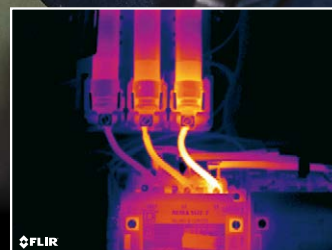
### Kamery FLIR serii Exx obecnie oferują:

- Wymienne obiektywy z funkcją autokalibracji
- Rozdzielczość termowizji do 464 x 348 pikseli
- Najlepszą jakość obrazu dzięki technologii MSX™
- Przetwarzanie UltraMax™ w celu czterokrotnego zwiększenia rozdzielczości obrazu
- Większy wyświetlacz 4", jaśniejszy o 25%
- Nowy, aktywny interfejs
- Ulepszone opcje organizacji plików i raportowania

Więcej informacji znajduje się na stronie  
[www.flir.eu](http://www.flir.eu)

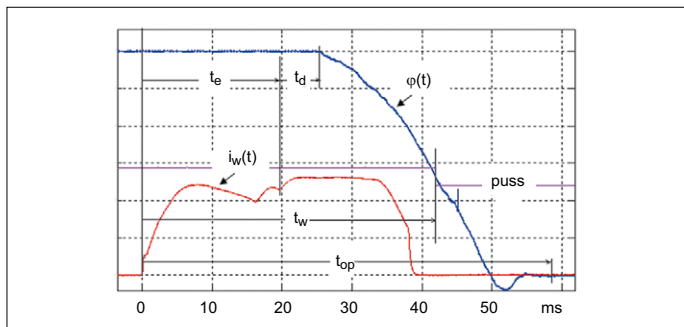


Łatwe wykrywanie problemów mechanicznych

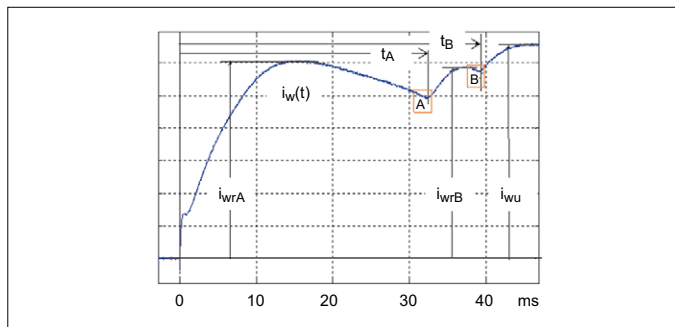


Łatwe wykrywanie usterek elektrycznych

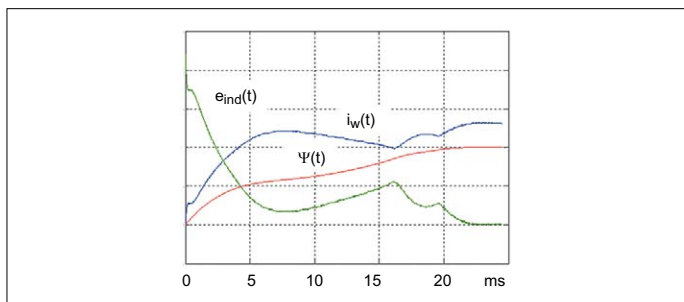
**FLIR**®



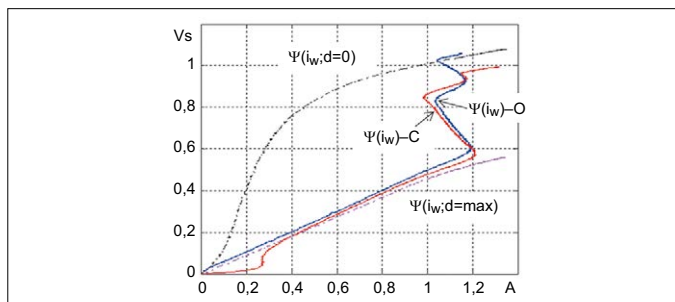
**Rys. 11.** Parametry czasowe procesu otwierania:  $t_e$  – czas wyzwolenia,  $t_d$  – czas wybicia zapadki,  $t_w$  – czas własny, tu otwierania,  $t_{op}$  – czas operacji, tu otwierania



**Rys. 12.** Parametry prądu wyzwalacza  $i_w(t)$ : **A** – zatrzymanie po pokonaniu przez nur części drogi wyzwolenia, **B** – zatrzymaniu na końcu drogi wyzwolenia,  $i_{wrA}$ ,  $i_{wrB}$  – prądy rozruchowe



**Rys. 13.** Przykładowy przebieg prądu wyzwalacza  $i_w(t)$  i wyniki jego analizy: przebiegi: napięcia indukowanego  $e_{ind}(t)$  oraz strumienia  $\Psi(t)$



**Rys. 14.** Dynamiczne charakterystyki magnesowania  $\Psi(i_w)$  badanego elektromagnesu na tle charakterystyk statycznych dla skrajnych położenia nura

$E_0$  – napięcie zasilające,  
 $R_e$  – rezystancja uzwojenia.

Zależności  $\Psi(i_w)$  dla wyzwalacza zamykającego i wyzwalacza otwierającego pokazano na **rysunku 14**. Wrysowano tam też statyczne charakterystyki magnesowania dla granicznych położeń nura.

Charakterystyki dynamiczne, bez analiz ilościowych prowadzą do istotnych wniosków diagnostycznych:

- elektromagnes zamykający wykorzystuje ok. 80% możliwej pracy,
- elektromagnes otwierający zatrzymuje się przed położeniem granicznym,
- obydwa elektromagnesy zatrzymują się na drodze wyzwolenia, co świadczy o źle dobranych charakterystykach oporowo-napędowych.

Analiza ilościowa wymagałaby szczegółowych charakterystyk magnesowania, a w celu harmonizacji wspomnianych charakterystyk potrzebne byłyby pomiary sił oporowych zamków.

## podsumowanie

Zdobyte doświadczenia i przedstawione wyniki pokazują, że realnym jest uzyskanie wartościowych danych o działaniu mechanicznym wyłącznika z ogra-

niczonych i niezbyt kosztownych pomiarów. Dokładniejsze wyniki można uzyskać poszukując akcelermetrów lub sposobu ich mocowania eliminujących, lub choćby ograniczających, dryft prędkości. Poszukiwań metod interpretacji uzyskiwanych wyników nie podjęto na szerszą skalę, ponieważ potrzebny jest tu bogatszy materiał doświadczalny z pomiarów trwałości mechanicznej i eksploatacji kilkunastu-kilkudziesięciu wyłączników. Należy zwrócić uwagę, że do bliższego powiązania monitorowania z diagnostyką napędów konieczne jest dysponowanie możliwie dokładnym modelem symulacyjnym mechanizmu, siłowników i obciążeń.

Przedstawione wyniki pokazują, że monitorowanie działania układu wyzwolenia jest możliwe poprzez pomiar prądu wyzwalacza. Nawet niemal pełna diagnostyka jest możliwa pod warunkiem wcześniejszego pomiaru szczegółowych charakterystyk magnesowania.

## podziękowania

Realizacja tej pracy była możliwa dzięki współpracy z firmą Elektrometal Energetyka SA jako działalność badawczo-rozwojowa współfinansowana

w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Mazowieckiego 2014–2020.

## literatura

1. CIGRÉ Technical Brochure 167 'User guide for the application of monitoring and diagnostic techniques for switching equipment for rated voltages of 72,5 kV and above', 2000.
2. CIGRÉ Technical Brochure 509 Final Report of the 2004 – 2007 International Enquiry on Reliability of High Voltage Equipment Part 1 – Summary and General Matters, 10.2012, ISBN: 978-2-85873-201-2
3. CIGRÉ Technical Brochure 510 'Final Report of the 2004 – 2007 International Enquiry on Reliability of High Voltage Equipment. Part 2 – Reliability of High Voltage SF6 Circuit Breakers, 2012
4. CIGRÉ Technical Brochure 589' The Impact of the Application of Vacuum Switchgear at Transmission Voltages' 2014
5. W. Chmielak, Z. Pochanke, 'Diagnostics of Circuit Breaker Drives and Mechanisms', International Conference on Condition Monitoring, Diag-

nosis and Maintenance CMDM 2013, pp. 101–108, September, CIGRE

6. Y. Meng, S. Jia, M. Rong. Condition Monitoring of Vacuum Circuit Breakers Using Vibration Analysis, IE-EEXplore, 2004

## abstract

### Mechanical Monitoring and Diagnostics of Vacuum Medium Voltage CB - Issues and Solutions

An analysis of the possibility of assessing the technical condition of the circuit breaker through digital processing of voltage and current signals, possible to obtain during normal operation of the circuit breaker, was carried out. The results of such systematic and long-term measurements, collected for a sufficiently large population and analyzed using statistical methods, enable rational resource management.

reklama



Elektrometal Energetyka SA

### Elektrometal Energetyka SA

02-830 Warszawa  
ul. Mazura 18A  
tel. 22 350 75 50  
faks 22 350 75 51

biuro@elektrometal-energetyka.pl

www.elektrometal-energetyka.pl