

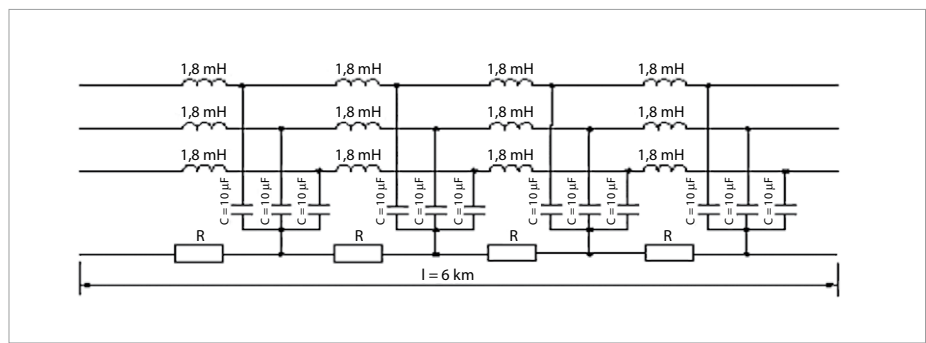
Unikatowa metoda wykrywania, rejestracji i dwustopniowej eliminacji zjawiska ferorezonansu

Zjawisko ferorezonansu jest uważane za jedną z podstawowych przyczyn uszkodzeń przekładników napięciowych instalowanych w układach elektroenergetycznych. Skutkiem ferorezonansu jest wzrost prądu w uzwojeniu pierwotnym przekładnika, wynikający ze znacznego nasycenia rdzenia, co prowadzi do termicznego zniszczenia układu izolacyjnego. Mimo, że zjawisko ferorezonansu jest znane już od ponad stu lat, to nadal nie zostały jednoznacznie określone kryteria jego powstawania i nie opracowano skutecznych metod jego eliminacji. Ze względu na zagrożenia, jakie stwarza to zjawisko, jest ono nadal przedmiotem zainteresowania ośrodków badawczych oraz służb eksploatacyjnych. Stany zakłóceniowe, będące wynikiem ferorezonansu, mogą również spowodować błędne zadziałanie elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej.

Szybka detekcja i skuteczna eliminacja zjawiska ferorezonansu jest szczególnie istotna dla układów elektroenergetycznych ze względu na możliwość uszkodzenia za instalowanych w nich przekładników napięciowych oraz kabli, co może prowadzić do zwarc łukowych i znacznie poważniejszych strat. Wbudowanie zabezpieczenia od ferorezonansu w sterownik połowy umożliwia nie tylko większą kontrolę nad działaniem tego zabezpieczenia, ale też pozwala na logiczne powiązanie z innymi zabezpieczeniami. Możliwość rejestracji wykrywanych zdarzeń wystąpienia ferorezonansu, łącznie z zapisem przebiegów prądów i napięć, pozwala na dokładniejszą analizę tego zjawiska i dopasowywanie się z działaniem zabezpieczenia do specyfiki układu, w którym to zjawisko występuje.

I Zjawisko ferorezonansu

Drgania ferorezonansowe w układach elektroenergetycznych powstają w wyniku szeregowego lub równoległego połączenia liniowej pojemności z nieliniową indukcyjnością. W przypadku szeregowego połączenia tych reaktancji może dojść do ferorezonansu napięć, natomiast przy połączeniu równoległym – do ferorezonansu prądów. Z praktycznego punktu widzenia, nieliniową indukcyjność w układach elektroenergetycznych stanowi najczęściej indukcyjność odwzorowująca zjawisko magnesowania rdzenia transformatora oraz przekładników napięciowych. Nieliniowy charakter tych obwodów utrudnia analizę tego zjawiska –



Rys. 1. Model linii rys. W. Chmielak, D. Sajewicz

ze względu na odkształcenia przebiegów prądów i napięć w momencie jego wystąpienia. Przemagnesowanie rdzenia przekładnika prowadzi do jego przegrzania i uszkodzenia izolacji, w tym – czasem – do eksplozji. Dodatkowo dochodzi do przepięć w postaci drgań ferorezonansowych napięć, co może negatywnie wpływać na inne elementy układów elektroenergetycznych. Występowanie przepięć dorywczych w postaci drgań ferorezonansowych jest uzależnione od konfiguracji układu elektroenergetycznego oraz od parametrów jego poszczególnych elementów. Istotną rolę odgrywa sposób połączenia punktu neutralnego układu z ziemią. Rozpatrując to zjawisko w wysokonapięciowych układach elektroenergetycznych, należy zwrócić uwagę na dwa przypadki:

- » sieć z bezpośrednio uziemionym punktem neutralnym,
- » sieć z izolowanym punktem neutralnym.

W układach wysokich napięć pracujących z bezpośrednio uziemionym punktem neu-

tralnym drgania ferorezonansowe mogą wystąpić przede wszystkim wtedy, gdy w wyniku pewnych czynności łączeniowych powstanie szeregowy lub szeregowo-równoległy układ drgający. W przypadku układów elektroenergetycznych średnich napięć z izolowanym punktem neutralnym do ferorezonansu może dojść w wyniku nagłej zmiany napięcia sieci,

STRESZCZENIE

Zarządzanie infrastrukturą elektroenergetyczną jest coraz częściej wspomagane przez inteligentne systemy decyzyjne, przy udziale systemów pomiarowych i akwizycji danych. Wychodząc naprzeciw tym oczekiwaniom, Elektrometal Energetyka S.A. wprowadza szereg nowych funkcjonalności sterowników połowych e²TANGO, które nie tylko pomagają użytkownikom w kontroli i sterowaniu obiektami elektroenergetycznymi, ale też, dzięki wyposażeniu w autorskie algorytmy decyzyjne, pozwalają na predykcję rozwijających się uszkodzeń oraz eliminację zakłóceń.

Słowa kluczowe: algorytmy predykcyjne, zarządzanie zasobami sieci, ferorezonans.

będącej wynikiem zwarcia doziemnego. Na skutek tych zmian powstaje równoległy lub szeregowo-równoległy układ drgający. Bezpośrednią przyczyną powstawania ferorezonansu w sieci może być dowolna zmiana jej konfiguracji lub zakłócenia – taka jak załączenie napięcia czy powstanie i wyłączenie zwarcia jednej fazy z ziemią.

Zjawisko ferorezonansu określane jest jako: drgania ferorezonansowe, drgania nieliniowe, drgania relaksacyjne. Przy dużym nasyceniu rdzeni przekładników przebieg napięcia punktu gwiazdowego sieci jest znacznie odkształcony i ma cechy drgań relaksacyjnych. Do wystąpienia drgań ferorezonansowych dochodzi często w złożonej strukturze, np. kopalnianych sieciach elektroenergetycznych średnich napięć. Przyczyną drgań napięcia punktu gwiazdowego w sieciach kopalnianych, które są sieciami o izolowanym punkcie gwiazdowym, jest duża liczba indukcyjnych przekładników napięciowych tworzących filtry składowej symetrycznej zerowej napięcia. Przekładniki tworzące filtr mają połączone w gwiazdę uzwojenia pierwotne, a punkt gwiazdowy tego połączenia jest bezpośrednio uziemiony. Zatem nieliniowa indukcyjność magnesowania przekładników tworzy wraz z pojemnością doziemną obwód, w którym mogą powstać i utrzymać się drgania relaksacyjne. Cechą charakterystyczną zabezpieczeń zastosowanych w tym układzie jest wyposażenie każdego przekaznika w indywidualny filtr składowych symetrycznych kolejności zerowej napięcia. Filtr ten jest utworzony z trzech jednofazowych przekładników napięciowych z dwoma uzwojeniami wtórnymi. Uzwojenia pierwotne przekładników połączone są w gwiazdę, której punkt zerowy jest uziemiony. Powoduje to wprowadzenie do sieci dodatkowych parametrów porzecznych o charakterze indukcyjno-rezystancyjnym.

Często ferorezonans mylony jest z rezonansem. Jednak w przeciwieństwie do rezonansu liniowego, gdzie częstotliwość rezonansowa jest ściśle określona, ferorezonans może wystąpić dla częstotliwości uzależnionej od warunków pracy układu. Zasadnicza różnica pomiędzy tymi zjawiskami polega na tym, że rezonans może wystąpić przy określonej częstotliwości, wobec tego do jego uzyskania konieczna jest zmiana częstotliwości źródła układu, natomiast w przypadku ferorezonansu zainicjowanie drgań ferorezonansowych może nastąpić poprzez zmianę wartości skutecznej napięcia zasilającego, zachowując stałą częstotliwość źródła.

Zjawisko ferorezonansu, chociaż objawia się tylko w przebiegach napięć doziemnych i odpowiadnych prądów, jest groźnym zakłóceniem w pracy sieci. Na skutek towarzyszących temu zjawisku przepięć i przetężeń możliwe jest uszkodzenie elementów sieci, tj. przekładników napięciowych czy linii kablowych. Ponadto ferorezonans podnosi potencjał punktu neutralnego układu, co powoduje pojawienie się składowej zerowej napięcia, mogącej fałszować działania układów zabezpieczeń ziemnozwarciowych.

I Badania laboratoryjne

Przeprowadzono badania laboratoryjne na modelu fizycznym GPZ z trzema liniami odpływowymi SN z izolowanym punktem neutralnym. Model zasilany był napięciem przewodowym obniżonym do wartości 100V.

Stanowisko wyposażono w pole pomiaru napięcia składające się z trzech trójzwojowych przekładników napięciowych. Rejestracja dokonano za pomocą rejestratora wbudowanego w sterownik polowy oraz niezależnie podłączonego rejestratora autonomicznego. Stanowisko laboratoryjne zawiera modele linii średniego napięcia oraz umożliwia wybór sposobu pracy punktu neutralnego sieci. W stano-

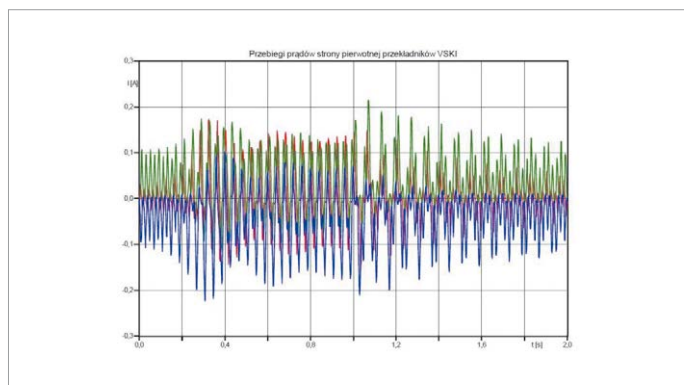
wisku dochodziło do drgań ferorezonansowych przy eliminacji zwarcia doziemnego. Sprawdzeniu poddano dwie metody eliminacji tego rodzaju zakłóceń: wtrącanie w obwód otwartego trójkąta rezystancji aż do osiągnięcia największej mocy przekładników oraz przerywanie połączenia punktu gwiazdowego przekładników napięciowych z uziemieniem.

I Badania symulacyjne

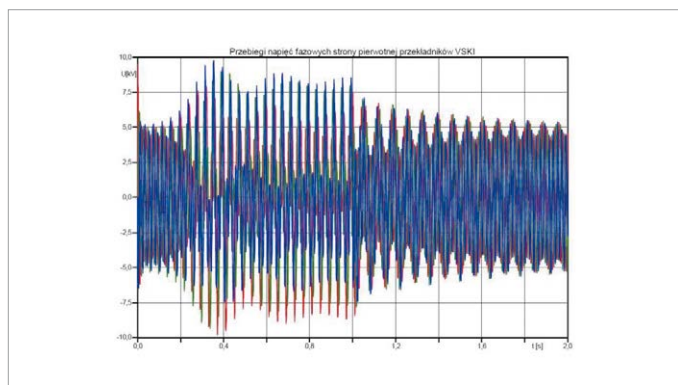
Znaczący postęp w analizie zjawisk ferorezonansowych zapewniają specjalne programy obliczeniowe umożliwiające symulację komputerową obwodów nieliniowych. W opracowaniu przedstawiono wybrane wyniki symulacji komputerowych układów elektroenergetycznych średnich napięć, w których wystąpił ferorezonans, z zastosowaniem programu ATP-EMTP.

Do przeprowadzenia wielowariantowej analizy wpływu zmiany konfiguracji sieci na możliwość inicjacji drgań relaksacyjnych, wykorzystano fragment układu elektroenergetycznego sieci kopalnianej o napięciu 6 kV. Zasilanie zapewnia transformator o mocy 630 kVA. Rozdzielnia zawiera 5 pól odpływowych z liniami kablowymi o parametrach: K1 – HKFtA 3×35 mm² o długości 1 km, K2 – HKFtA 3×35 mm² o długości 1 km, K3 – HKFtA 3×35 mm² o długości 1 km, K4 – HKFtA 3×35 mm² o długości 0,56 km, K5 – HKFtA 3×35 mm² o długości 0,35 km; dwa pola pomiarowe P6 i P7 oraz pole baterii kondensatorów symulujące pojemność doziemną sieci.

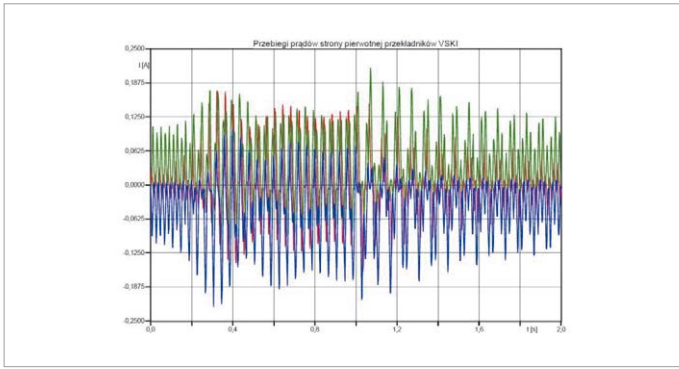
W pierwszym przypadku zmiana konfiguracji sieci polegała na załączeniu linii kablowej K1 oraz pól pomiarowych P6 i P7 przed załączeniem źródła napięcia. Linie kablowe K2 i K3 pozostają otwarte. W czasie $t=0$ dokonano załączenia źródła napięcia, co spowodowało inicjację drgań relaksacyjnych w układzie. Po czasie $t=1$ s załączone zostały pozostałe dwie linie kablowe K2 i K3. **Rysunek 2.** przedstawia prze-



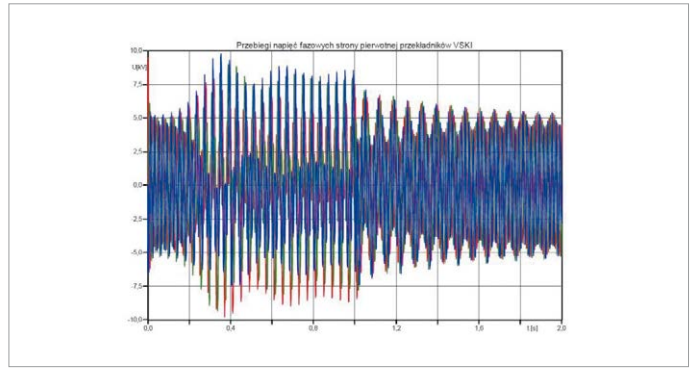
Rys. 2. Przebiegi prądów strony pierwotnej przekładników filtra składowej zerowej w polu P6, wariant 1 rys. W. Chmielak, D. Sajewicz



Rys. 3. Przebiegi napięć fazowych strony pierwotnej przekładników filtra składowej zerowej w polu P6, wariant 1 rys. W. Chmielak, D. Sajewicz



Rys. 4. Przebiegi prądów strony pierwotnej przekładników filtra składowej zerowej w polu P6, wariant 2 rys. W. Chmielak, D. Sajewicz



Rys. 5. Przebiegi napięć fazowych strony pierwotnej przekładników filtra składowej zerowej w polu P6, wariant 2 rys. W. Chmielak, D. Sajewicz

biegi prądów płynących w uzwojeniu pierwotnym przekładników filtrów składowej zerowej w polach P6 i P7. Natomiast na **rysunku 3**, przedstawiono przebiegi napięć fazowych na szynach rozdzielni. Przedstawione na **rysunkach 2. i 3.** przebiegi napięć i prądów wyraźnie uwidaczniają niestabilny charakter drgań relaksacyjnych.

Zaobserwowane podczas symulacji wartości napięć i prądów w momencie wystąpienia ferorezonansu stanowią poważne zagrożenie dla przekładników i mogą być przyczyną ich uszkodzenia termicznego i mechanicznego. Na skutek załączenia po czasie $t = 1$ s linii kablowych K2 i K3, ferorezonans przyjmuje charakter przemiających drgań chaotycznych.

W drugim wybranym do analizy przypadku w czasie $t = 0$ s linie kablowe K1, K2, K3 i pola pomiarowe P6 i P7 zostały załączone. Po czasie 1 s od momentu załączenia źródła zasilania następuje wyłączenie linii kablowych K2 i K3. Na podstawie wyników analizy przedstawionych na **rysunkach 4. i 5.** potwierdzono istotny wpływ zmiany topologii sieci na możliwość wystąpie-

nia drgań relaksacyjnych w kopalnianych sieciach elektroenergetycznych.

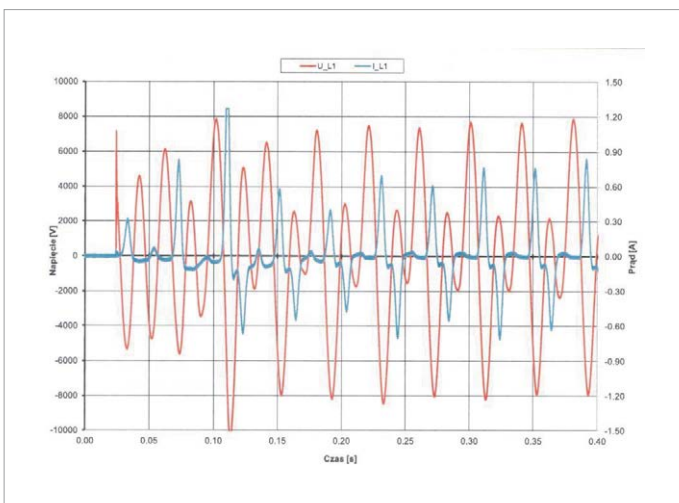
Badania na obiekcie rzeczywistym

Badania przeprowadzono w rozdzielni potrzeb własnych 6 kV na terenie elektrociepłowni. Rozdzielnia składa się z 30 pól i jest rozdzielnią dwusystemową, z możliwością podziału każdego z systemów na dwie sekcje. Zasilanie rozdzielni realizowane jest za pośrednictwem dwóch transformatorów potrzeb własnych o mocy 20 MVA każdy. W układzie normalnym systemy pracują niepodzielone na sekcje, zaś każdy z systemów zasilany jest z własnego transformatora potrzeb własnych. Okolicznością, przy której najczęściej pojawiał się ferorezonans, były operacje łączeniowe polegające na zmianie konfiguracji rozdzielni, z krótką przerwą napięciową (praca układu SZR). Objawami, które wskazywały na pojawienie się oscylacji ferorezonansowych, były: pobudzenie się przekładników ziemnozwarciowych oraz niestabilne wskazania przyrządów służących do po-

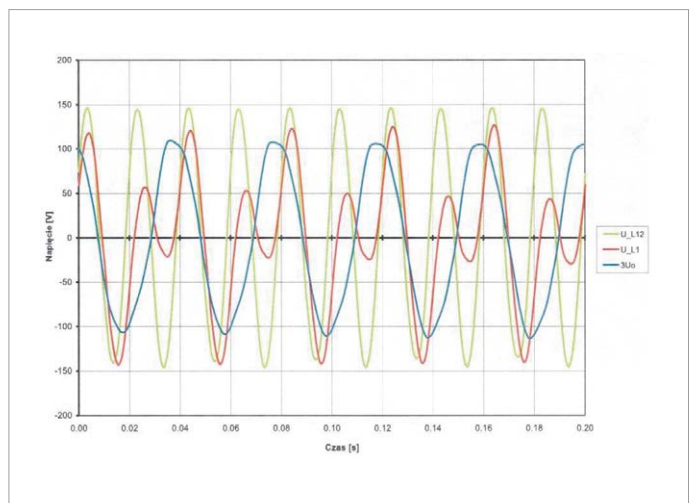
miaru napięcia na szynach rozdzielni. W takiej sytuacji obsługa wyłączała pola pomiaru napięcia w celu likwidacji ferorezonansu. Po ponownym uruchomieniu pól pomiarowych z reguły nie następowała ponowna generacja oscylacji rezonansowych.

Pojawienie się niekorzystnego zjawiska na terenie rozdzielni zawsze wymagało interwencji obsługi, co w przypadku zbyt wolnej reakcji mogło doprowadzić do uszkodzeń przekładników z powodu przeciążeń termicznych uzwojeń strony pierwotnej oraz do uszkodzeń izolacji pracującej aparatury i urządzeń. W związku z tym konieczne było wprowadzenie takiego rozwiązania na terenie rozdzielni, które umożliwiłoby likwidowanie niebezpiecznych oscylacji ferorezonansowych w sposób automatyczny, bez interwencji obsługi.

Na czas eksperymentu wydzielony został jeden z systemów rozdzielni (system II), do którego przyłączono dwa pola pomiaru napięcia oraz nieobciążoną linię kablową o długości 3 km. Przy takiej konfiguracji rozdzielni, przy braku odbiorów mocy czynnej ferorezonans



Rys. 6. Przebiegi napięcia i prądu po stronie pierwotnej przekładników napięciowych w fazie L1 po podaniu napięcia na szynę rozdzielni RG 6 kV – wyzwolenie oscylacji ferorezonansowych rys. W. Chmielak, D. Sajewicz



Rys. 7. Przebiegi napięcia zarejestrowane po stronie wtórnej przekładników napięciowych w trakcie zjawiska ferorezonansu: U_{L12} – międzyprzewodowe, U_{L1} – fazowe, $3U_0$ – w obwodzie otwartego trójkąta rys. W. Chmielak, D. Sajewicz

Teleskopowe maszty odgromowe

występował praktycznie przy każdym podaniu napięcia na szyny rozdzielni za pośrednictwem pola zasilającego. Układ pomiarowy umożliwiający rejestrację przebiegów prądów i napięć w trakcie ferorezonansu został zainstalowany w polu pomiaru napięcia. W skład zestawu pomiarowego wchodziły sondy wysokonapięciowe podłączone do szyn rozdzielni, cęgi prądowe do pomiaru prądu przepływającego przez stronę pierwotną przekładników oraz rejestrator cyfrowy. Do rejestratora doprowadzone zostały także sygnały pomiarowe ze strony wtórnej przekładników w postaci napięcia fazowego, napięcia międzyprzewodowego oraz napięcia składowej zerowej otwartego trójkąta.

Po wyzwoleniu oscylacji rezonansowych przez podanie napięcia na szyny rozdzielni (zamknięcie wyłącznika w polu zasilającym), w polu pomiarowym w obwód otwartego trójkąta przekładników załączane były „ręcznie” rezystory o następujących wartościach: 100 Ω, 47 Ω, 30 Ω, 15 Ω. We wszystkich przeprowadzonych próbach rezystory o wartościach 100 Ω i 47 Ω nie powodowały wytłumienia drgań rezonansowych, zaś rezystory o parametrach 30 Ω i 15 Ω skutecznie likwidowały powstałe oscylacje.

Na kolejnych rysunkach przedstawiono przebiegi napięć i prądów zarejestrowane po stronie pierwotnej i wtórnej przekładników napięciowych. Przebiegi te obrazują: inicjację ferorezonansu po zamknięciu wyłącznika w polu zasilającym (**rys. 6.**), przebieg oscylacji w trakcie ferorezonansu (**rys. 7.**), wytłumianie oscylacji ferorezonansowych po załączeniu rezystora $R = 30 \Omega$ (**rys. 8. i 9.**).

W trakcie występowania oscylacji ferorezonansowych bardzo mocno odkształcone są napięcia fazowe, a ich amplitudy mogą nawet przekraczać po stronie pierwotnej 10 kV, gdzie w warunkach znamionowych amplituda nie powinna przekraczać 5 kV. Ponaddwukrotny wzrost napięcia powyżej wartości znamionowej stanowi duże zagrożenie dla wytrzymałości izolacji rozdzielni oraz przyłączonych do niej odbiorów. W przebiegach napięcia międzyprzewodowego zniekształcenia praktycznie nie są zauważalne, co świadczy o tym, że napięcia fazowe zniekształcone są składową o charakterze składowej zerowej o częstotliwości różnej od 50 Hz. Z analizy przebiegów napięcia $3U_0$ w obwodzie otwartego trójkąta można stwierdzić, że składowa ta ma przebieg sinusoidalny o częstotliwości 25 Hz.

I Zabezpieczenie od ferorezonansu (U_{fr})

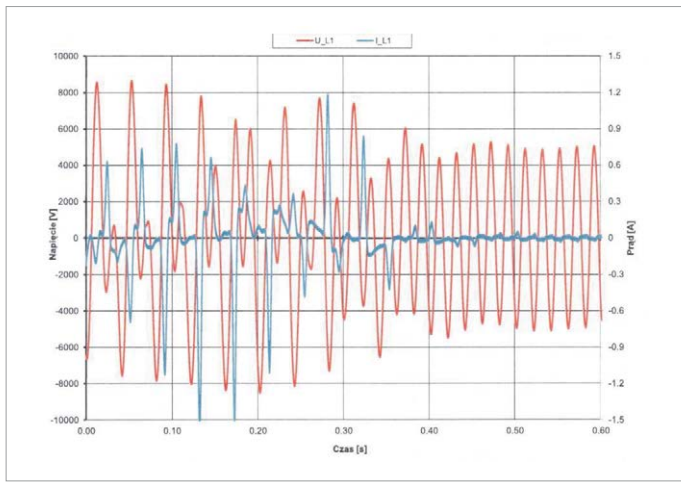
W ramach badań przemysłowych prowadzonych przez firmę Elektrometal Energetyka S.A. opracowano szybki algorytm adaptacyjny do detekcji zjawiska ferorezonansu, z wykorzystaniem dowolnego napięcia fazowego (L_1, L_2, L_3), jak również napięcia składowej zerowej U_0 . Algorytm zaimplementowano w sterowniku połowym e²TANGO-800, a do wykrywania zjawiska ferorezonansu użyto poszczególnych napięć fazowych. Opracowany układ eliminacji ferorezonansu zawiera dwa stopnie: pierwszy służy do zwierania uzwojenia otwartego trójkąta przekładników napięciowych (sygnał U_0), rezystancję wyznaczono na podstawie obliczeń i eksperymentalnie na poziomie $R_{\Delta} = 10 \Omega$ – wartość stała dla każdego typu przekładników; drugi służy do zwierania pojedynczych uzwojeń wtórnych przekładników napięciowych i może być przyłączony zarówno do uzwojeń otwartego trójkąta, jak i na innych rdzeniach. Rezystancję wyznaczono na podstawie obliczeń i eksperymentalnie w zależności od napięcia znamionowego przekładników na poziomie $R = 10 - 20 \Omega$. Schemat ideowy pola odpływowego z przyłączonym układem tłumienia ferorezonansu pokazano na **rysunku 10.**

Wersja komercyjna zabezpieczenia od ferorezonansu może być zaimplementowana w nowych sterownikach e²TANGO wraz z specjalną kartą

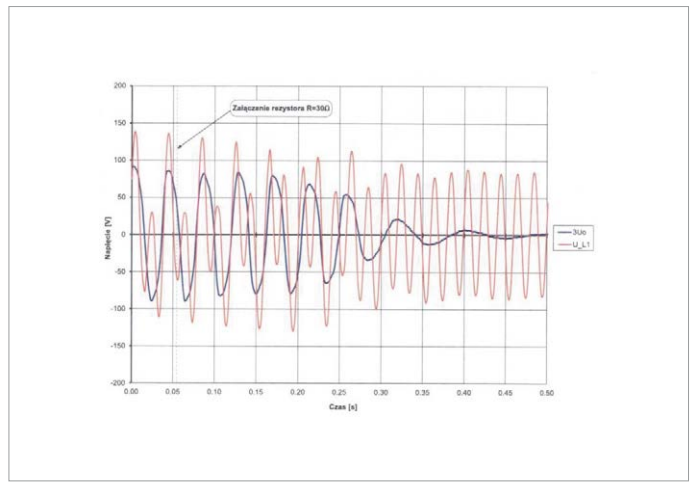
- **Praktyczne.** Poręczne opakowanie ułatwia transport na miejsce montażu – zarówno w pojeździe, na klatce schodowej, jak i w windzie.
- **Bezpieczne.** Mała długość montażowa i wbudowany mechanizm blokujący, który zapobiega cofaniu się segmentów maszty po ich rozsunięciu, czynią pracę jeszcze bezpieczniejszą.
- **Szybkie w montażu.** Nieduże wymiary montażowe i możliwość stosowania masztów razem ze statywami sprawiają, że montaż jest łatwiejszy i zajmuje mniej czasu. Do montażu wystarczy jedno narzędzie (klucz w rozmiarze 13).
- **Kompatybilne.** Maszty są również dostępne w zestawie ze statywami ze stali nierdzewnej lub stali ocynkowanej ogniowo.



Ochrona przed przepięciami
Ochrona odgromowa
Sprzęt bezpieczeństwa
DEHN chroni.



Rys. 8. Przebiegi napięcia i prądu po stronie pierwotnej przekładników napięciowych w fazie L1 po zamknięciu rezystora $R = 30 \Omega$ w obwodzie otwartego trójkąta – wytlumienie ferorezonansu rys. W. Chmielak, D. Sajewicz



Rys. 9. Przebiegi napięcia i prądu po stronie wtórnej przekładników napięciowych w fazie L1 oraz w obwodzie otwartego trójkąta po zamknięciu rezystora $R = 30 \Omega$ – wytlumienie ferorezonansu rys. W. Chmielak, D. Sajewicz

wyść. W przypadku starszej wersji urządzenia dystrybucja nowej funkcjonalności polega na zakupie karty wyjść, zestawu do tłumienia ferorezonansu oraz wykonaniu upgrade'u oprogramowania. Dodatkowo dla poprawnej pracy pozostałych sterowników polowych w obrębie rozdzielnic istnieje potrzeba wprowadzenia z pola pomiaru napięcia dwóch dodatkowych obwodów: do blokowania zabezpieczeń wykorzystujących składową zerową napięcia, przed zadziałaniem pierwszego stopnia zabezpieczenia od ferorezonansu; do blokowania zabezpieczeń wykorzystujących napięcia fazowe, przed zadziałaniem drugiego stopnia zabezpieczenia od ferorezonansu.

I Podsumowanie

Nowe funkcje zabezpieczeniowe, realizowane przez sterowniki polowe typu e²TANGO,

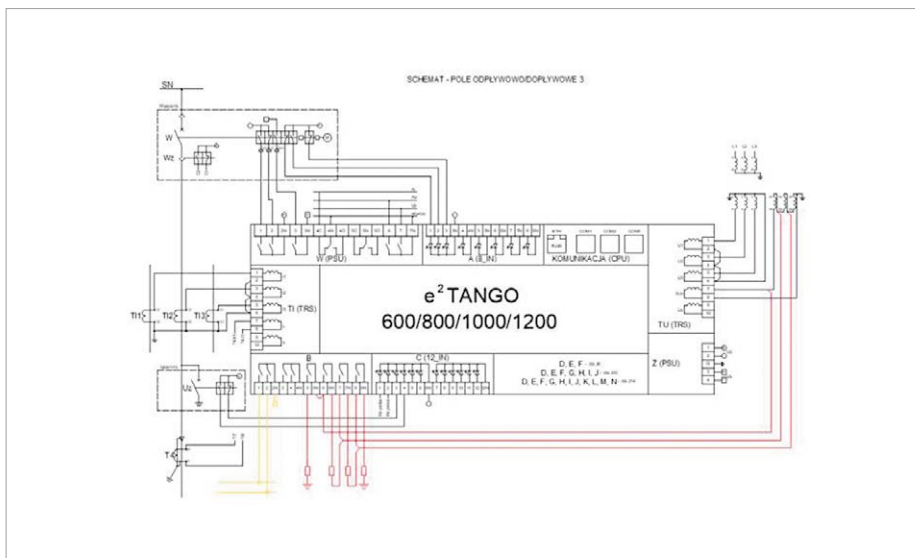
umożliwią współczesnym urządzeniom EAZ jeszcze lepszą diagnostykę i analizę chronionych urządzeń i obiektów oraz poprawę niezawodności zasilania odbiorców.

Badania przeprowadzone na stanowisku laboratoryjnym wskazują, iż najlepszym sposobem eliminacji ferorezonansu jest chwilowe przerwanie połączenia punktu gwiazdowego przekładników napięciowych z uziomem, co nie zawsze jest możliwe. W przypadku wtrącania rezystancji w obwód otwartego trójkąta nie udało się wyeliminować wszystkich przypadków ferorezonansu ze względu na moc graniczną przekładników napięciowych. Studia literaturowe i informacje uzyskane od osób zajmujących się eksploatacją sieci SN wskazują, iż tylko 30% zjawisk ferorezonansowych daje się wyeliminować tą metodą. Proponowany drugi stopień eliminacji zjawiska ferorezo-

nansu, który może działać na innych rdzeniach niż tych dedykowanych do otwartego trójkąta, wydaje się być skuteczną metodą znacznego zwiększenia efektywności tłumienia ferorezonansu. Wymaga jednak przeprowadzenia dalszych prac rozwojowych na obiektach rzeczywistych i weryfikacji opracowanego układu wykonawczego.

* * *

W artykule zaprezentowano wyniki badań przemysłowych i prac rozwojowych zrealizowanych przez firmę Elektrometal Energetyka S.A. w ramach projektu: „Budowa zintegrowanych systemów wspomagających i optymalizujących prace oraz bezpieczeństwo rozdzielnic SN”. Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Osi Priorytetowej I „Wykorzystanie działalności badawczo-rozwojowej w gospodarce” Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Mazowieckiego na lata 2014–2020”.



Rys. 10. Schemat ideowy połączeń elektrycznych sterownika e²TANGO w wersji z zabezpieczeniem od ferorezonansu rys. W. Chmielak, D. Sajewicz

ABSTRACT

A unique method for detection, registration and two-stage elimination of the ferorezonance phenomenon

Power infrastructure management is increasingly supported by intelligent decision-making systems, with the participation of measurement and data acquisition systems. To meet these expectations, Elektrometal Energetyka S.A. introduces a number of new functionalities of e²TANGO bay controllers, which not only helps users in the control and management of power facilities, but also thanks to being equipped with proprietary decision-making algorithms, they allow for damage predictions and elimination of disruptions.

Keywords: predictive algorithms, asset management, ferorezonance.