

Jan BŁAŻ

Andrzej CHOLEWA

URZĄDZENIE DO TŁUMIENIA DRGAŃ RELAKSACYJNYCH
W KOPALNIANYCH SIECIACH ELEKTROENERGETYCZNYCH

Streszczenie. W komunikacie przedstawiono przyczyny powstawania drgań nieliniowych (drgań relaksacyjnych) napięć faz względem ziemi i napięcia punktu zerowego w kopalnianych sieciach 6 kV. Zwrócono uwagę na ujemne skutki występowania tego zjawiska. Wymieniono obecnie stosowane sposoby i środki do tłumienia drgań relaksacyjnych. Na podstawie badań wysokonapięciowego modelu fizycznego sieci, wyznaczono wartość rezystancji rezystora, przyłączonego do zacisków wyjściowych filtru składowej zerowej napięcia, która zapewnia praktycznie natychmiastowe stłumienie drgań relaksacyjnych. Stwierdzono, że w rzeczywistych sieciach kopalnianych mogą praktycznie występować drgania relaksacyjne tylko o częstotliwości ok. 25 Hz. Opisano zasadę działania i budowę urządzenia do tłumienia drgań relaksacyjnych, opracowanego w Instytucie Elektryfikacji i Automatyzacji Górnictwa Pol. Śl. Podano wyniki badania modelu wysokonapięciowego sieci kopalnianej, w którym było zainstalowane omawiane urządzenie tłumiące. Wyniki badań świadczą o tym, iż urządzenie spełnia stawiane mu wymagania i jest przydatne do stosowania w sieciach kopalnianych.

Parametry elektryczne urządzeń tworzących sieci elektroenergetyczne są parametrami nieliniowymi. Zjawiskiem typowym dla obwodów nieliniowych, w przypadku gdy zaistnieją odpowiednie warunki, jest występowanie stabilnych drgań napięć i prądów o częstotliwości różnej od częstotliwości wymuszeń. W niektórych sieciach elektroenergetycznych, w symetrycznym ich stanie, występują drgania napięcia punktu gwiazdowego (składowej zerowej napięcia). Są to drgania o częstotliwości bliskiej drugiej podharmonicznej, tj. ok. 25 Hz, o znacznej amplitudzie.

Przyczyną występowania tych nieliniowych drgań napięcia punktu gwiazdowego w sieci niedoziemionej są indukcyjne przekładniki napięciowe tworzące filtry składowej zerowej napięcia. Uzwojenia pierwotne przekładników tworzących filtr są połączone w gwiazdę, a punkt gwiazdowy tego połączenia jest bezpośrednio uziemiony. Charakterystyka napięciowo-prądowa (magnesowania) stosowanych przekładników jest nieliniowa w zakresie napięć, jakie mogą wystąpić w sieci, może więc dojść do nasycenia ferromagnetycznych rdzeni przekładników. Nieliniowa indukcyjność magnesowania przekładników tworzy, wraz z pojemnością doziemną sieci, obwód, w którym mogą powstać i utrzymywać się drgania nieliniowe.

Samo zjawisko drgań nazywane jest różnie [3], jednak w odniesieniu do sieci kopalnianych nazwa "drgania relaksacyjne" jest używana najczęściej i jest kojarzona z drganiami nieliniowymi, powodowanymi przez przekładniki napięciowe.

Zjawisko drgań relaksacyjnych jest groźnym zakłóceniem w pracy sieci. Towarzyszące temu zjawisku przepięcia i przetężenia mogą spowodować uszkodzenie elementów sieci (przekładników napięciowych, kabli). Możliwe są również błędne zadziałania zabezpieczeń ziemnozwarciowych. Dlatego w każdej sieci podatnej na to zakłócenie należy stosować odpowiednie sposoby i środki zaradcze.

Sposoby i środki stosowane do tłumienia drgań relaksacyjnych polegają na wprowadzaniu do sieci elementów, w których może zostać rozproszona energia drgań. Najczęściej elementami tymi są dodatkowe specjalnie dobrane rezystory. Rezystory tłumiące mogą być włączone do sieci na stałe lub mogą być przyłączone dopiero po powstaniu drgań relaksacyjnych.

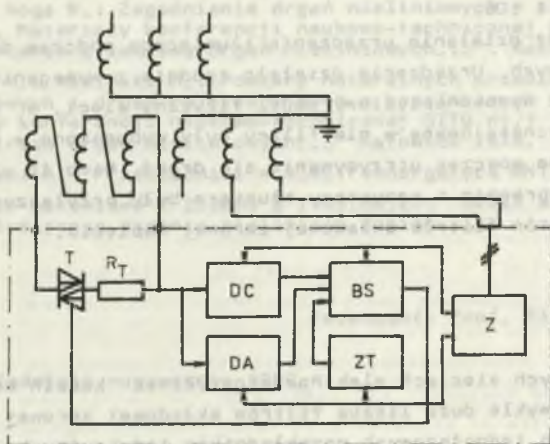
Poniżej zostanie przedstawione rozwiązanie urządzenia do tłumienia drgań relaksacyjnych [9], opracowane w Instytucie Elektryfikacji i Automatykacji Górnictwa Politechniki Śląskiej, włączające w obwód otwartego trójkąta filtru składowej zerowej napięcia rezystor tłumiący po stwierdzeniu występowania w sieci drgań relaksacyjnych.

Wartość rezystancji rezystora tłumiącego (30Ω), która zapewnia skuteczne i praktycznie natychmiastowe stłumienie drgań, wyznaczono na podstawie badań wysokonapięciowego modelu fizycznego sieci kopalnianej. W sieci tej zainstalowane były stosowane obecnie w rozdzielnicach kopalnianych typu RSK 6 i RD-1 przekładniki napięciowe typu VSK I 10b oraz stosowane w rozdzielnicach ognioszczelnych typu ROK 6 przekładniki napięciowe typu UZ 6-1T [4].

Na podstawie analizy parametrów sieci rzeczywistych oraz wyników badań [7] stwierdzono, że występowanie w sieciach kopalnianych drgań relaksacyjnych napięcia punktu gwiazdowego, o częstotliwościach innych niż 25 Hz, jest mało prawdopodobne i z punktu widzenia cech środków tłumiących może być nie uwzględniane. Obciążalność długotrwała uzwojeń dodatkowych (połączonych w filtrze składowej zerowej napięcia w otwarty trójkąt) przekładników typu UZ 6-1T wynosi ok. 1,5 A. Nie pozwala to na trwałe włączenie do obwodu otwartego trójkąta filtru rezystora o rezystancji mniejszej od ok. 70Ω . Stąd między innymi wymaganie, aby rezystor tłumiący włączany był w obwód otwartego trójkąta jedynie na czas występowania drgań relaksacyjnych. Oprócz tego trwałe włączenie rezystorów o rezystancji 30Ω do kilkudziesięciu lub nawet stukilkudziesięciu filtrów składowej zerowej napięcia (w taką liczbę filtrów może być wyposażona sieć kopalni metanowej) jest równoważne uziemieniu punktu gwiazdowego sieci poprzez rezystancję rzędu kilkuset omów.

Schemat blokowy urządzenia tłumiącego drgania relaksacyjne w sieciach kopalnianych przedstawiono na rys. 1. W urządzeniu można wyróżnić: detek-

tor amplitudy DA, detektor częstotliwości DF, łącznik bezstykowy T, rezystor tłumiący R_T , układ sterowania BS łącznika, zabezpieczenie termiczne ZT rezystora tłumiącego, zasilacz Z.



Rys. 1. Schemat blokowy urządzenia do tłumienia drgań relaksacyjnych

DA - detektor amplitudy napięcia $3u_0$, DF - detektor częstotliwości napięcia $3u_0$, T - tranzystor dwukierunkowy, R_T - rezystor tłumiący, BS - blok sterowania, ZT - zabezpieczenie termiczne rezystora tłumiącego, Z - zasilacz

Fig. 1. Functional diagram of equipment for non-linear oscillations damping

DA - detector of amplitude of voltage $3u_0$ - DF - detector of frequency, T - triac, R_T - damping resistor, BS - control unit, ZT - overload protection (thermistor), Z - power supply

Zadaniem detektora amplitudy DA jest pomiar wartości składowej zerowej napięcia w sieci, a detektora DF pomiar częstotliwości drgań. W przypadku wystąpienia w sieci drgań relaksacyjnych, gdy detektor DA zmierzy wartość składowej zerowej napięcia $3u_0 \geq 20$ V i detektor DF zmierzy częstotliwość drgań $f_0 \leq 30$ Hz, działa układ sterujący BS. Sygnał na wyjściu układu sterowania BS powoduje działanie łącznika T i włączenie w obwód otwartego trójkąta filtru, rezystora tłumiącego R_T , który tłumí drgania. Rezystor tłumiący jest włączony w obwód otwartego trójkąta filtru przez taki okres, w jakim detektor DA stwierdza obecność $3u_0 \geq 20$ V i detektor DF wykazuje istnienie drgań o częstotliwości $f_0 < 30$ Hz.

Urządzenie tłumiące wyposażone jest w zabezpieczenie termiczne, które ochrania rezystor tłumiący przed nadmiernym nagraniem. Stan taki może wystąpić w przypadku zastosowania w sieci niewłaściwej liczby urządzeń tłumiących, które nie będą mogły wytłumić drgań relaksacyjnych.

Przeprowadzone badania wysokonapięciowego modelu sieci kopalnianej wraz z urządzeniami tłumiącymi wykazały, że urządzenia te spełniają stawiane im wymagania. Czasy tłumienia drgań relaksacyjnych nie przekraczały

0,4 s, w przypadku gdy w sieci zainstalowane były: jedno urządzenie tłumiące i jeden filtr z przekładników UZ 6-1T oraz nie przekraczały 0,5 s, gdy zainstalowane było jedno urządzenie tłumiące i jeden filtr zestawiony z przekładników VSK I 10b.

Sprawdzono również działanie urządzenia tłumiącego podczas doziemień metalicznych i łukowych. Urządzenie działało zgodnie z wymaganiami. Badaniom poddano również wysokonapięciowy model fizyczny sieci, w przypadku gdy nie wszystkie zainstalowane w nim filtry były wyposażone w urządzenia tłumiące. Obserwowano wówczas utrzymywanie się drgań, mimo iż urządzenia tłumiące działały poprawnie i rezystory tłumiące były przyłączone do uzwojeń otwartych trójkątów filtrów składowej zerowej napięcia.

UWAGI KOŃCOWE

W wysokonapięciowych sieciach elektroenergetycznych kopalń metanowych zainstalowana jest zwykle duża liczba filtrów składowej zerowej napięcia zestawionych z trzech jednofazowych przekładników indukcyjnych. Sprawia to, iż sieci te są podatne na występowanie stanów zakłóceń w postaci drgań relaksacyjnych. W rzeczywistych sieciach kopalnianych praktycznie mogą występować tylko drgania relaksacyjne napięcia punktu gwiazdowego o częstotliwości ok. 25 Hz. Gdy w praktyce nie można zapobiec drganiom relaksacyjnym poprzez odpowiedni dobór konfiguracji sieci i jej wyposażenia w filtry składowej zerowej napięcia, konieczne jest stosowanie urządzeń tłumiących. Jedną z możliwych rozwiązań urządzenia tłumiącego przedstawiono w niniejszym komunikacie. W sformułowaniu wymagań co do parametrów elektrycznych i mechanicznych tego urządzenia uwzględniono parametry stosowanych urządzeń rozdzielczych i zabezpieczeń, z którymi urządzenie tłumiące ma współpracować. Na podstawie przeprowadzonych badań laboratoryjnych można stwierdzić, że opisane urządzenie spełnia założone wymagania, a tym samym może być przydatne do stosowania w sieciach kopalnianych.

LITERATURA

- [1] Cholewa A.: Przebiegi prądów i napięć w kopalnianych sieciach 6 kV podczas doziemień łukowych. *Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa*, 1985, nr 3.
- [2] Germay N., Mastero S., Vroman I.: Review of ferroresonance phenomena in high-voltage power system and presentation of a voltage transformer model for predetermining them. *Referat 33-18 CIGRE 1974*.
- [3] Krasucki F., Cholewa A.: Wpływ zabezpieczeń ziemnozwarciowych na przebiegi napięć fazowych w kopalnianych sieciach 6 kV. *Przegląd Górniczy*, 1974, nr 9.
- [4] Praca zbiorowa: Środki techniczne do ograniczania zjawisk przepięciowych w kopalnianych sieciach elektroenergetycznych 6 kV. *Prace IEAG Pol. Śl. Gliwice 1986* (niepublikowana).

- [5] Rams W.: Zagadnienia samowzbudnych drgań nieliniowych w izolowanych sieciach kopalnianych. Materiały konferencji naukowo-technicznej SITG nt. "Wybrane zagadnienia z zakresu drgań nieliniowych...", Katowice 1974.
- [6] Rams W., Noga W.: Zagadnienie drgań nieliniowych w sieciach energetycznych. Materiały konferencji naukowo-technicznej SITG nt.: "Wybrane zagadnienia z zakresu drgań nieliniowych...", Katowice 1974.
- [7] Wiśniewski H., Kamiński M.: Pomiar naturalnych przebiegów zjawisk ziemnozwarciowych i drgań relaksacyjnych w kopalnianych sieciach 6 kV. Materiały konferencji naukowo-technicznej SITG nt.: "Wybrane zagadnienia z zakresu drgań nieliniowych..." Katowice 1974.
- [8] Wiszniewski A.: Przekładniki w elektroenergetyce WNT, Warszawa 1982.
- [9] Zgłoszenie patentowe P 253686 z 1985.08.20: "Układ elektryczny urządzenia tłumiącego drgania nieliniowe napięć...".

Recenzent: Prof. Władysław GLUZIŃSKI

Wpłynęło do Redakcji w styczniu 1987 r.

УСТРОЙСТВО ДЕМПИРУЮЩЕ НЕЛИНЕЙНЫЕ КОЛЕБАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ
В ШАХТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 6 кВ

Р е з ю м е

В сообщении дано описание причин возникновения нелинейных колебаний (так называемых релаксационных колебаний) напряжения на нейтрали и напряжений фаз относительно земли в сетях 6 кВ угольных шахт. Обращено внимание на вредные последствия этого явления. Показано, что в действующих шахтных сетях 6 кВ нелинейные колебания напряжения на нейтрали имеют практически только частоту приблизительно 25 Гц. Перечислено способы и средства по предотвращению феррорезонансных процессов в виде нелинейных колебаний. По результатам экспериментальных исследований определено числовое значение активного сопротивления резистора, который должен подключаться к трансформаторам напряжения контроля изоляции для того, чтобы наступило затухание нелинейных колебаний. Изложены основы действия нового демпферного устройства, которое предотвращает возникновение стабильных нелинейных колебаний в шахтных электрических сетях. Приведена функциональная схема этого устройства, приведены тоже некоторые результаты экспериментальных испытаний высоковольтной модели шахтной сети, в которой находились демпферные устройства.

EQUIPMENT FOR NON-LINEAR OSCILLATIONS DAMPING IN MINES USING INSULATED NEUTRAL SYSTEMS

S u m m a r y

The report presents the reasons of non-linear oscillations (relaxation oscillations) of line-to-ground voltage and voltage-to-neutral occurring in mine insulated neutral systems. The negative effects of the phenomenon are pointed out and presently used methods and means for damping of non-linear oscillations are discussed. Based on artificial high-voltage mains-network study the resistance value of the resistor connected to output terminals of the voltage zero sequence component filter (three potential transformers connected γ -grounded-broken delta) is evaluated which provides almost instant damping out of non-linear oscillations. It has been found that in practice only ca 25 Hz frequency non-linear oscillations may occur in actual mine systems. The principle of operation and the structure of the new equipment for damping of non-linear oscillations are described. The results of study of artificial high-voltage mainsnetwork including the discussed damping equipment are given. The results prove that the equipment fulfils the requirements assumed and is applicable in mine insulated neutral systems.