

Waldemar KEMPSKI  
Brunon MAREK  
Roman PILORZ  
Bolesław STOKOWY

PROBLEMY ZABEZPIECZEŃ UPŁYWOWYCH W SIECIACH KOPALNIAŃYCH  
ZASILANYCH Z PRZEMIENNIKÓW CZĘSTOTLIWOŚCI Z FALOWNIKAMI  
NAPIĘCIOWYMI

Streszczenie: W pracy dla układu modelowego sieci kopalnianej przedstawiono wyniki pomiarów napięć fazowych, prądu upływu oraz analizę zawartości harmonicznych występujących w sieciach zasilanych z przemienników częstotliwości. Wykazano, że amplitudy prądów upływu znacznie przekraczają wartości dopuszczalne.

1. Wprowadzenie

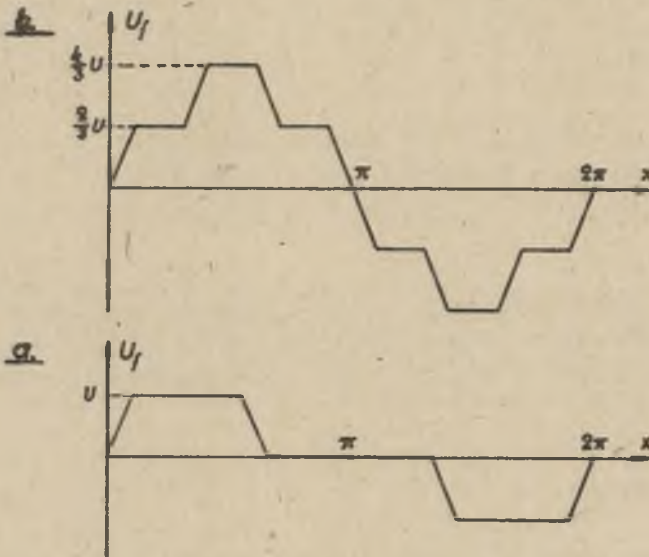
Jednym z podstawowych warunków gwarantujących wykonanie coraz to większych zadań stawianych przed polskim górnictwem jest wprowadzenie kompleksowej elektryfikacji i automatyzacji robót górniczych. Wymagany wzrost wydobywania stwarza konieczność poszukiwania i stosowania coraz nowszych, bardziej ekonomicznych rozwiązań napędów maszyn dołowych. Dlatego w górnictwie rozważa się możliwość szerokiego zastosowania przemienników częstotliwości do zasilania silników elektrycznych.

Ten typ zasilania umożliwia płynną i ekonomiczną regulację prędkości obrotowej silnika napędowego. Wprowadza jednak szereg nowych problemów związanych między innymi z poprawną pracą zabezpieczeń, szczególnie zabezpieczeń upływowych. Zastosowanie tego typu zasilania wymaga przeprowadzenia analizy nowego problemu związanego z dużymi wartościami prądów upływu, wynikających z odkształconego napięcia wyjściowego przemienników częstotliwości.

2. Analiza przebiegów napięć i prądów przy zasilaniu z przemienników częstotliwości z falownikami napięciowymi

Przebieg napięcia fazowego w przemienniku częstotliwości z falownikiem napięciowym można w pewnym przybliżeniu uważać za trapezowy o różnych stromościach narastania i zaniku zboczy tego przebiegu /rys.1/. W układach rzeczywistych zbocze może mieć charakter oscylacyjny, spowodowany przez załą-

czenie na sieć o pewnej pojemności i indukcyjności napięć o dużej stromości narastania lub zaniku. Stromość ta, wynikająca z warunków komutacji, oraz amplituda napięcia wyjściowego decydują o wartościach prądu upływu.



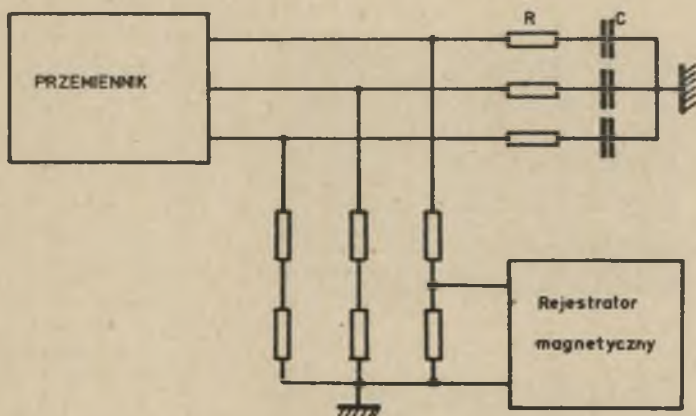
Rys. 1. przebiegi napięcia fazowego na wyjściu falownika dla kątów przewodzenia tyristorów głównych: a/.  $\alpha = \frac{2}{3}\pi$ , b/.  $\alpha = \pi$

Z przeprowadzonej analizy teoretycznej tego problemu [3] wynika, że przy określonych parametrach sieci i warunkach zasilania prąd ten znacznie przekracza wartości dopuszczalne.

Istnieje również możliwość stosowania do napędów maszyn dołowych falowników napięciowych z modulacją szerokości impulsów. Analizując jednak przebieg napięcia wyjściowego tego typu falowników można stwierdzić, iż niezależnie od rodzaju i głębokości modulacji nie istnieje żadna prawidłowość w udziale poszczególnych harmonicznych w tym przebiegu. Występują silne zwiększenia amplitud niektórych wyższych harmonicznych, co bardzo niekorzystnie wpływa na amplitudę prądów upływu. Dlatego też z punktu widzenia amplitudy prądów upływu do zasilania silników dołowych są preferowane układy prostsze, wywołujące przy stałych parametrach sieci mniejsze prądy upływu. Jednak są one źródłem powstania momentów pasożytniczych w silniku napędowym.

### 3. Wyniki pomiarów w układzie modelowym sieci kopalnianej

Celem sprawdzenia rozważań teoretycznych [3] przeprowadzono badania w układzie modelowym sieci kopalnianej, zasilanej z falownika napięciowego. Duże wartości prądów upływu przy zasilaniu z przemienników częstotliwości wynikają z odkształconego przebiegu ich napięcia wyjściowego. W rozważaniach teoretycznych przyjęto dwa przykładowe przebiegi napięcia wyjściowego falownika. Celem sprawdzenia ich rzeczywistego kształtu zbudowano układ do rejestracji napięć fazowych, przedstawiony na rys.2.



Rys. 2. Schemat ideowy układu rejestracji napięć fazowych

Przebiegi te dla różnych wartości napięcia i częstotliwości przedstawiono na rys.3 /a-d/.

Charakterystyczną cechą napięć fazowych przedstawionych na oscylogramach jest bardzo duża stromość narastania i zaniku zbczcy przebiegu napięcia, która decyduje o wartości prądów upływu.

W celu określenia jakościowego i ilościowego udziału poszczególnych harmonicznych przeprowadzono analizę napięcia wyjściowego falownika.

Schemat ideowy układu do analizy napięć fazowych przedstawia rys.4, natomiast wyniki tej analizy zamieszczono na rejestrogramach - rysunki 5,6,7,8.

Porównując rejestrogramy napięcia fazowego dla różnych wartości napięcia wyjściowego i przy różnych jego częstotliwościach można stwierdzić, że niezależnie od tych zmian występuje ten sam rodzaj harmonicznych. Udziały poszczególnych harmonicznych w napięciu fazowym są ze sobą porównywalne we wszystkich przypadkach.

Wartości prądów upływu oraz jego przebiegi czasowe określono w układzie jak na rys. 9.

Zamodelowaną sieć kopalnianą niskiego napięcia zasilano z przemiennika częstotliwości. Dla różnych częstotliwości napięcia wyjściowego zdjęto oscylogramy prądów upływu.





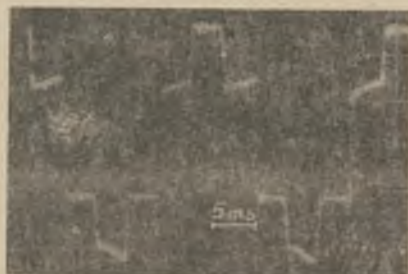
a/  $U = 200 \text{ V}$   
 $f = 20 \text{ Hz}$



b/  $U = 200 \text{ V}$   
 $f = 50 \text{ Hz}$

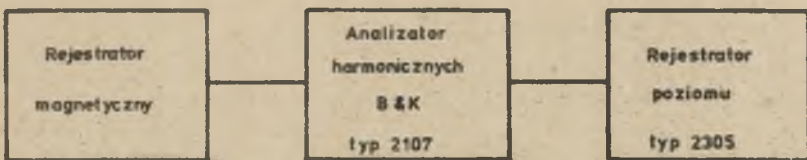


c/  $U = 400 \text{ V}$   
 $f = 20 \text{ Hz}$

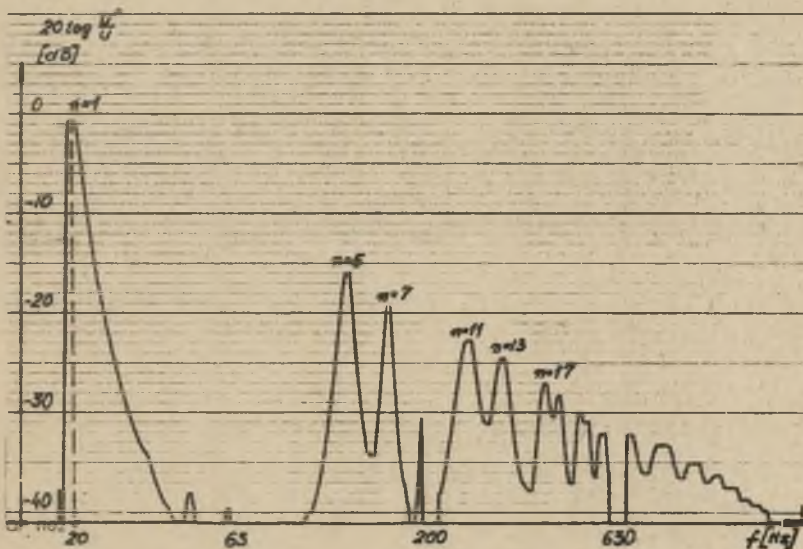


d/  $U = 400 \text{ V}$   
 $f = 50 \text{ Hz}$

Rys. 3./a-d/. Oscylogramy napięć fazowych



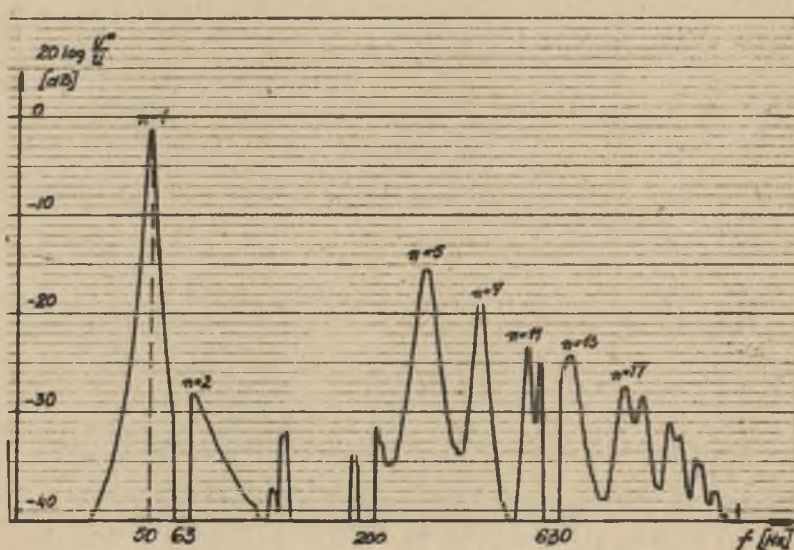
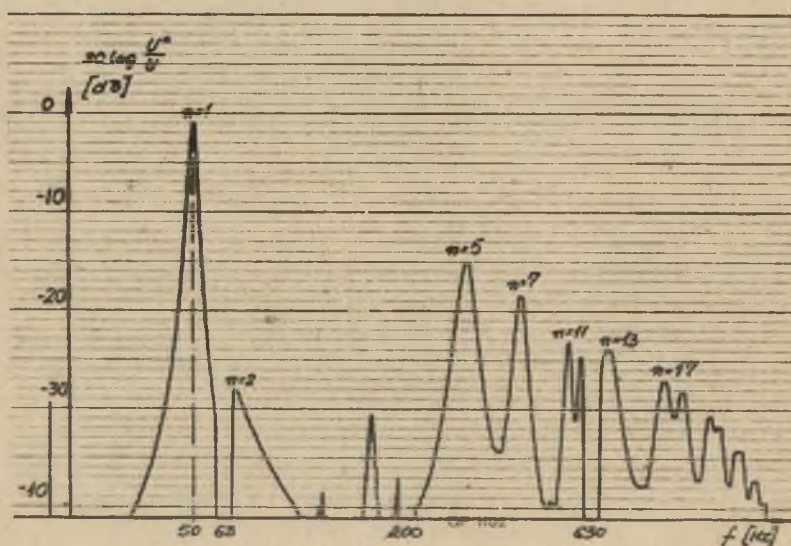
Rys.4. Schemat ideowy układu do analizy udziału harmonicznych w napięciu fazowym



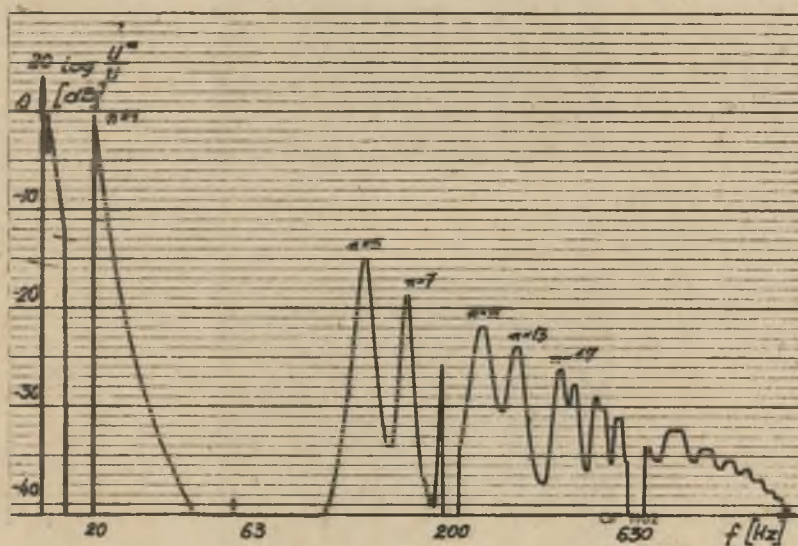
Rys.5. Rejestrogram napięcia fazowego dla:  $U=200$  V,  $f=20$  Hz

Z oscylogramów prądów upływu, przedstawionych na rys. 10 /a-d/ wynika, że osiągają one maksymalne wartości w chwili komutacji, kiedy występuje duża stromość zmian napięcia fazowego.

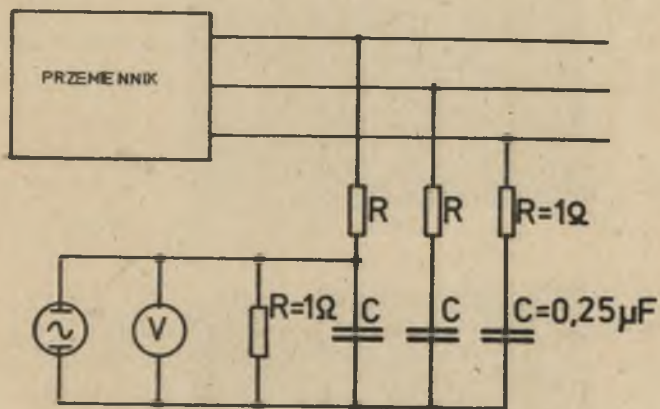
Amplituda prądu upływu zależy od wartości napięcia pośredniczącego obwodu prądu stałego, stromości zmian napięcia fazowego, parametrów sieci, zaś praktycznie nie zależy od częstotliwości wyjściowej. Z przedstawionych oscylogramów prądów upływu wynika, że prądy te znacznie przekraczają wartości dopuszczalne określone, aktualnie obowiązującymi przepisami.

Rys. 6. Rejestrogram napięcia fazowego dla:  $U=200$  V,  $f=50$  HzRys. 7. Rejestrogram napięcia fazowego dla:  $U=400$  V,  $f=50$  Hz

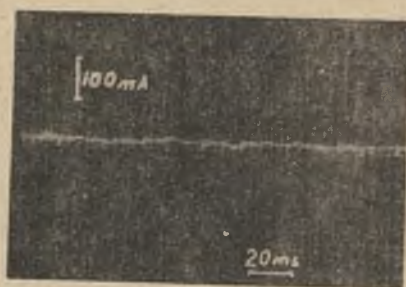




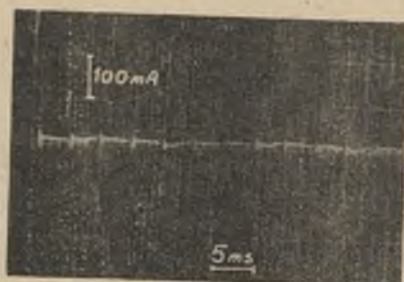
Rys.8. Rejestrogram napięcia fazowego dla:  $U=400$  V,  $f=20$  Hz



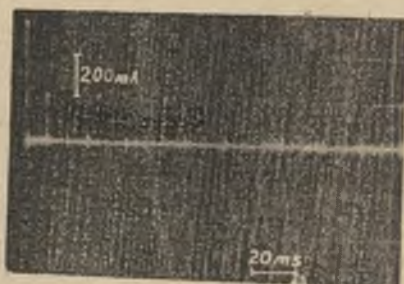
Rys. 9. Schemat ideowy układu modelowego



a/  $U = 200 \text{ V}$   
 $f = 20 \text{ Hz}$



b/  $U = 200 \text{ V}$   
 $f = 50 \text{ Hz}$



c/  $U = 400 \text{ V}$   
 $f = 50 \text{ Hz}$



d/  $U = 400 \text{ V}$   
 $f = 50 \text{ Hz}$

Rys. 10 /a-d/. Oscylogramy prądów upływu



### 3. Wnioski końcowe

1. Zastosowanie przemienników częstotliwości, korzystne z punktu widzenia ekonomiki napędu, powoduje jednak przy tych samych parametrach sieci i napięcia wyjściowego znacznie większe wartości prądu upływu.
2. Zmienna częstotliwość wyjściowa i odkształcony przebieg napięcia wyjściowego falownika wyklucza możliwość stosowania kompensacji prądu pojemnościowego.
3. Problem dużych wartości prądów upływu w sieciach kopalnianych niskiego napięcia, zasilanych z przemienników częstotliwości, wyklucza możliwość stosowania istniejących zabezpieczeń upływowych. Zachodzi więc konieczność opracowania nowego układu kontroli stanu izolacji, dostosowanego do specyfiki pracy sieci przy nowych warunkach zasilania. Badania nad tym problemem są kontynuowane.

### LITERATURA

- [1] Bożek W.: Zabezpieczenia upływowe kopalnianych sieci elektroenergetycznych niskiego napięcia. Materiały szkoleniowe SIITG, Katowice 1973r.
- [2] Gimojan G.G., Lejbow R.M.: Reliejnaja zaszczita podziemnego elektrooborudowanija i sietiej, "Niedra", Moskwa 1970 r.
- [3] Pilorz R., Stokowy B.: Niektóre problemy zabezpieczeń upływowych w kopalniach sieciach niskiego napięcia, zasilanych z przemienników częstotliwości. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Górnictwo, z.82, 1977r.
- [4] Tunia H., Winiarski B.: Podstawy energoelektroniki. WNT Warszawa 1975r.
- [5] Praca Naukowo-Badawcza I.EiA.G. NB-257/RG-1/76 /niepublikowana/

### ПРОБЛЕМЫ ЗАЩИТЫ ОТ УТЕЧЕК ТОКА В ШАХТНЫХ СЕТЯХ ПИТАЕМЫХ ПЕРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ ЧАСТОТЫ С ИНВЕРТОРАМИ НАПРЯЖЕНИЯ

#### Резюме

В статье для модельной системы шахтной сети приводятся результаты измерений фазовых напряжений, утечки тока, а также дан анализ гармонических содержаний, выступающих в сетях питаемых от преобразователей частоты.

Доказано, что амплитуды утечек тока существенно превышают допустимые значения.

LEAKAGE SAFEGUARDING IN MINE NETWORKS FED FROM FREQUENCY CONVERTERS AND  
VOLTAGE INVERTERS

**Summary**

Phase voltages, current leaks and harmonics analysis results have been presented for a model coal mine network fed from frequency converters. It has been shown the leak currents amplitudes exceed by far permissible values.