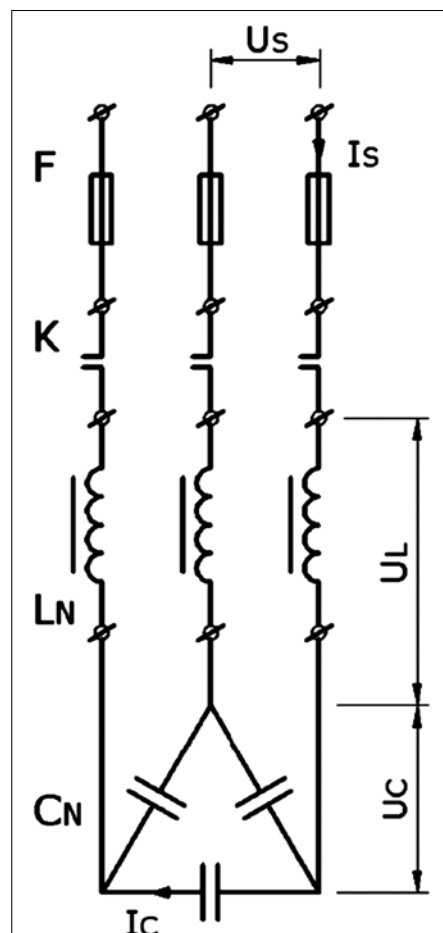


Dobór dławików ochronnych do baterii pojemnościowych

MIROSLAW ŁUKIEWSKI

Wyższe harmoniczne prądu i napięcia stanowią poważny problem techniczny. Pojemnościowe baterie kompensacyjne, instalowane kilkanaście lat temu, nie były zabezpieczane dławikami tłumiącymi. Powoduje to obecnie łatwe do przewidzenia problemy eksploatacyjne, kończące się najczęściej uszkodzeniem baterii. Dławiki typu ED3F zabezpieczają baterie pojemnościowe przed przeciążeniem prądami harmonicznymi. W artykule przedstawiono sposób doboru parametrów dławików do ochrony kondensatorów.

Baterie pojemnościowe bez dławików ochronnych znajdują obecnie nie-liczne zastosowania. W większości sieci



Rys. 1. Schemat jednego stopnia baterii kompensacyjnej z dławikami tłumiącymi

przemysłowych w wyniku instalowania wielu odbiorników nieliniowych poziom wyższych harmonicznych napięcia i prądu jest niebezpieczny dla transformatorów, silników, a szczególnie dla baterii kondensatorów. Poprawne wyznaczenie parametrów dławików ED3F decyduje o skuteczności ochrony baterii kompensacyjnej. W tym celu niemal konieczne jest wykonanie pomiarów zawartości wyższych harmonicznych w projektowanym miejscu pracy baterii kompensacyjnej. Na podstawie otrzymanego widma harmonicznego wybieramy odpowiednią częstotliwość rezonansową układu bateria-dławik. Jest to najczęściej częstotliwość pośrednia między częstotliwościami tych harmonicznych napięcia i prądu, które nie występują lub mają najmniejszy udział w widmie pomiarowym. Odstrojony układ rezonansowy bateria-dławik będzie wykazywał nieznaczną impedancję dla częstotliwości harmonicznymi znajdujących się w pobliżu częstotliwości rezonansowej. Jednocześnie będzie silnie tłumić prądy o częstotliwościach odległych od częstotliwości rezonansowej f_R .

Wybór optymalnej częstotliwości rezonansowej układu (np. $f_R = 189$ Hz) i znajomość częstotliwości sieci ($f_N = 50$ Hz), przy której będzie pracowała bateria, pozwala wyznaczyć współczynnik tłumienia $p\%$ (1), który następnie wykorzystamy w uproszczonych rachunkach.

$$p\% = \left(\frac{f_N}{f_R} \right)^2 \cdot 100\% = 7\% \quad (1)$$

Tabela 1. Przykładowe częstotliwości rezonansowe układu bateria-dławik

Współczynnik tłumienia - $p\%$	Częstotliwość rezonansowa - f_R
5%	~224 Hz
5,67%	~210 Hz
7%	~189 Hz
12,5%	~141 Hz
14%	~134 Hz

Każdy stopień baterii kompensacyjnej zabezpieczany jest dławikiem ochronnym o indukcyjności wyznaczonej dla pojemności stopnia baterii i założonej częstotliwości rezonansowej układu. Niezbędne jest określenie mocy Q_{CN} i napięcia znamionowego U_{CN} kondensatorów stanowiących poszczególne stopnie baterii kompensacyjnej. Pozwala to właściwie wykonać obliczenia zmierzające do wyznaczenia prądów I_S w obwodach i indukcyjności L_N dławików ochronnych.

Korzystając z zależności opisującej moc kondensatora (np. 25 kvar/440 V 50 Hz), możemy określić pojemność stopnia baterii kompensacyjnej (2).

$$C_{\Delta} = \frac{Q_{CN}}{2 \cdot \pi \cdot f_N \cdot U_{CN}^2} = 411 \mu F \Rightarrow C_N = 3 \times 137 \mu F \quad (2)$$

Następnie wyznaczamy reaktancje pojemnościową X_C , indukcyjną X_L oraz wypadkową reaktancję baterii z dławikami X_{BAT} (3, 4, 5), przy założeniu, iż częstotliwość rezonansowa układu powinna wynosić ~189 Hz ($p = 7\%$).

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_N \cdot C_{\Delta}} = 7,75 \Omega \quad (3)$$

$$X_L = X_C \cdot p = 0,54 \Omega \quad (4)$$

$$X_{BAT} = X_C - X_L = 7,21 \Omega \quad (5)$$

Na tej podstawie określamy indukcyjność fazową dławika L_N oraz prąd I_S wymuszany przez baterię (6, 7).

$$L_N = \frac{X_L}{2 \cdot \pi \cdot f_N} = 1,72 \text{ mH} \quad (6)$$

$$I_S = \frac{U_S}{\sqrt{3} \cdot X_{BAT}} = 32A \quad (7)$$

Należy zauważyć, iż rzeczywiste napięcie U_{CR} na zaciskach baterii osiągnie wartość (8).

$$U_{CR} = \frac{U_S}{1-p} = 430V \quad (8)$$

Stąd można wyznaczyć rzeczywistą moc bierną Q_{CR} baterii pojemnościowej 25 kvar/440 V 50 Hz, moc bierną dławika ochronnego Q_L i wypadkową moc bierną stopnia baterii Q_{BAT} (9, 10, 11).

$$Q_{CR} = 2 \cdot \pi \cdot f_N \cdot C_{\Delta} \cdot U_{CR}^2 = 23,86k \text{ var} \quad (9)$$

$$Q_L = 3 \cdot 2 \cdot \pi \cdot f_N \cdot L_N \cdot I_S^2 = 1,66k \text{ var} \quad (10)$$

$$Q_{BAT} = Q_{CR} - Q_L = 22,2k \text{ var} \quad (11)$$

Od dławików ED3F wymaga się poprawnej pracy w warunkach zmiennej obciążenia. Udział prądów harmonicznym obciążających baterię i dławiki zmienia się w zależności od konfiguracji sieci zakładowej i ilości pracujących aktualnie przekształtników czy innych nieliniowych odbiorników. Określono zatem parametr zwany liniowością magnetyczną. Przedstawia on maksymalny prąd dławika I_{LIN} , dla którego tolerancja indukcyjności powinna zawierać się w przedziale $L \geq 0,95L_N$. Jest on więc miarą stabilności parametrów dławika podczas przeciążenia.

Rys. 2. Dławik filtracyjny typu ED3F



Intensywność zniekształcenia sinusoidy napięcia sieciowego w miejscu pracy baterii pojemnościowej może w znacznym stopniu zależeć od odbiorników nieliniowych pracujących w sąsiednich przedsiębiorstwach zasilanych z tej samej rozdzielni. Należy również zwrócić uwagę, iż ilość zniekształceń (czyli THDU, THDI) może zmienić się radykalnie na przestrzeni zaledwie kilku miesięcy, w miarę instalowania np. przekształtników we wspomnianych już sąsiednich przedsiębiorstwach. Dlatego, by w przyszłości uniknąć problemów eksploatacyjnych, obecnie instalowane układy kompensacyjne powinny bezwzględnie zawierać dławiki ochronne. ■

Literatura:

- [1] FASSBINDER S.: *Jakość zasilania – poradnik 3.3.1. Harmoniczne filtry bierności*, PCPM 2003.
- [2] HANZELKA Z., KLEMPKA R.: *Pasywne filtry wyższych harmonicznym*, „Napędy i Sterowanie”, nr 9, 10, 2000.
- [3] PN-IEC 60289:1997 – Dławiki.
- [4] PN-IEC 60938-2:1994 – Dławiki przeciwzakłóceniom.
- [5] PN-EN 61558-2-20:2003 – Bezpieczeństwo transformatorów mocy jednostek zasilających i podobnych. Szczegółowe wymagania dotyczące małych dławików.

■ Kontakt z autorem:

ELHAND TRANSFORMATORY
e-mail: m.lukiewski@elhand.com.pl

ELHAND TRANSFORMATORY

ul. PCK 22
42-200 Lubliniec
tel. 034-353 17 10
www.elhand.com.pl



ELHAND
TRANSFORMATORY

**TRANSFORMATORY
N.N.**

**O MOCY
OD 0,05 kVA
DO 630 kVA**

DŁAWIKI

**SILNIKOWE
SIECIOWE
FILTRACYJNE
KOMPENSACYJNE
WYGŁADZAJĄCE
SPRZĘGAJĄCE
SPECJALNE**

ZASILACZE DC

**TRANSFORMATORY
Ś.N.**

**SUCHE
SUCHE ŻYWICZNE
OLEJOWE**

**ELHAND
TRANSFORMATORY**
ul. PCK 22, 42-700 Lubliniec
Tel.: +48 (34) 3531710, 3513220
Fax: +48 (34) 3564003
www.elhand.com.pl
e-mail: info@elhand.com.pl

