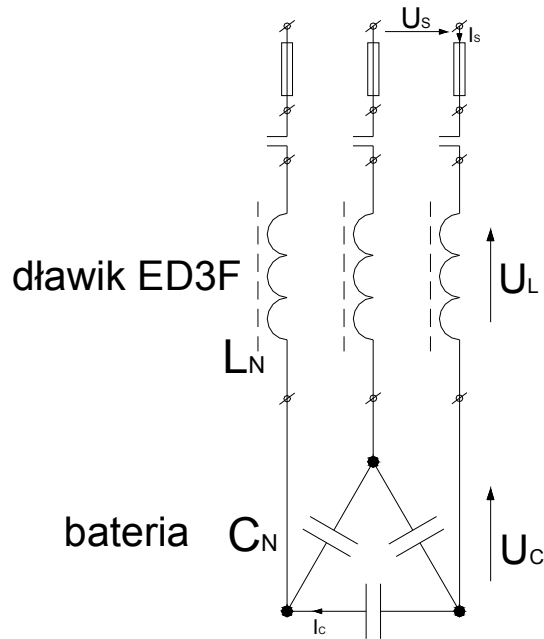


## Dławiki do ochrony baterii kondensatorowych

Dławiki ochronne typu ED3F zabezpieczają baterie pojemnościowe przed przeciążeniem prądami harmonicznymi.



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

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 ochronnych (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 pomierzonego widma harmonicznego wybieramy odpowiednią częstotliwość rezonansową układu bateria-dławik. Jest to najczęściej częstotliwość pośrednia między częstotliwościami tych harmonicznego napięcia i prądu, które nie występują lub mają najmniejszy udział w widmie pomiarowym. Układ rezonansowy bateria-dławik będzie wykazywał nieznaczną impedancję dla częstotliwości harmonicznego znajdujących się w pobliżu częstotliwości rezonansowej. Jednocześnie będzie silnie tłumił prądy o częstotliwościach odległych od częstotliwości rezonansowej fr.

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

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

Tab.1 Przykładowe częstotliwości rezonansowe układu bateria-dławik:

Współczynnik tłumienia – p%	5%	5,67%	7%	12,5%	14%
Częstotliwość rezonansowa – fr	~224 Hz	~210 Hz	~189 Hz	~141 Hz	~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<sub>CN</sub> i napięcia znamionowego U<sub>CN</sub> kondensatorów stanowiących poszczególne stopnie baterii kompensacyjnej. Pozwala to właściwie wykonać obliczenia zmierzające do wyznaczenia prądów I<sub>s</sub> w obwodach i indukcyjności L<sub>N</sub> dławików ochronnych.

Korzystając z zależności opisującej moc kondensatora (np. 25kVar/440V 50Hz) 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  $\sim 189\text{Hz}$  ( $p=7\%$ ).

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

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

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

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

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

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

Rzeczywiste napięcie  $U_{CR}$  na zaciskach baterii osiągnie wartość (8) :

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

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

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

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

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

Od dławików ochronnych (ED3F) wymaga się poprawnej pracy w warunkach zmiennego 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 w podczas przeciążenia.

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, że 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 aby uniknąć problemów eksploatacyjnych instalowane układy kompensacyjne powinny zawierać dławiki ochronne.



Dławik ELHAND do ochrony baterii typu ED3F-22,2/400/7-25/440