

Przyjmując, że rezystancja magnetyczna szczelin powietrznych przekładnika linearyzowanego jest dużo większa od rezystancji części ferromagnetycznej rdzenia, zgodnie z prawem przepływu można napisać:

$$H_{\delta} \sum \delta = I_{\mu}'' z_2 ,$$

przy czym:

$\sum \delta$  - sumaryczna szczelina w rdzeniu,

$H_{\delta}$  - natężenie pola magnetycznego w szczelinie.

Pamiętając, że całkowity strumień skojarzony z uzwojeniem wynosi:  $\psi = z_2 S_{Fe} B$  oraz, że:  $L_{\mu}'' = \frac{\psi}{I_{\mu}''}$ , a:

$H_{\delta} = \frac{B}{\mu_0}$ , otrzymuje się:

$$I_{\mu}'' = \frac{z_2^2 S_{Fe} \mu_0}{\sum \delta} , \quad (1.40)$$

przy czym:

$S_{Fe}$  - przekrój rdzenia przekładnika.

Jest oczywiste, że wprowadzenie szczelin pogarsza warunki magnesowania rdzenia, co jest niekorzystne zarówno z uwagi na błędy transformacji w normalnych warunkach pracy, jak również na błędy transformacji prądu zwarciovego. Warto wspomnieć, że przy współpracy przekładników linearyzowanych z zabezpieczeniami elektronicznymi, moc pobierana z przekładników jest bardzo mała, co wpływa na zmniejszenie błędów zarówno w normalnej jak i zwarcioviej pracy przekładnika. Przy konstruowaniu przekładnika linearyzowanego konieczne jest kompromisowe uwzględnienie obu sprzecznych wymagań dotyczących dokładności transformacji i uniknięcie nasycenia rdzenia,

Obecnie przekładniki linearyzowane są budowane przede wszystkim dla sieci najwyższych napięć, a uzyskiwane w nich liczby przetężeniowe 10% osiągają znaczne wartości (kilkadziesiąt, a nawet kilkaset).

### 1.5. Otwarcie obwodu wtórnego przekładnika

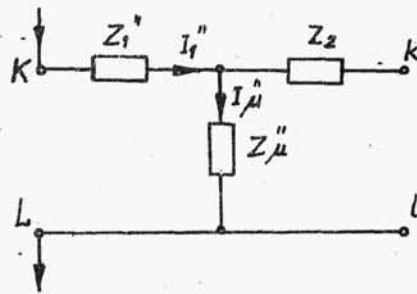
W przypadku otwarcia obwodu wtórnego przekładnika prądowego podczas pracy, cały prąd pierwotny płynący przez przekładnik staje się prądem magnesującym (rys.1.19). Powoduje to:

- nasycenie magnetyczne rdzenia przekładnika i związane z tym duże straty w rdzeniu,

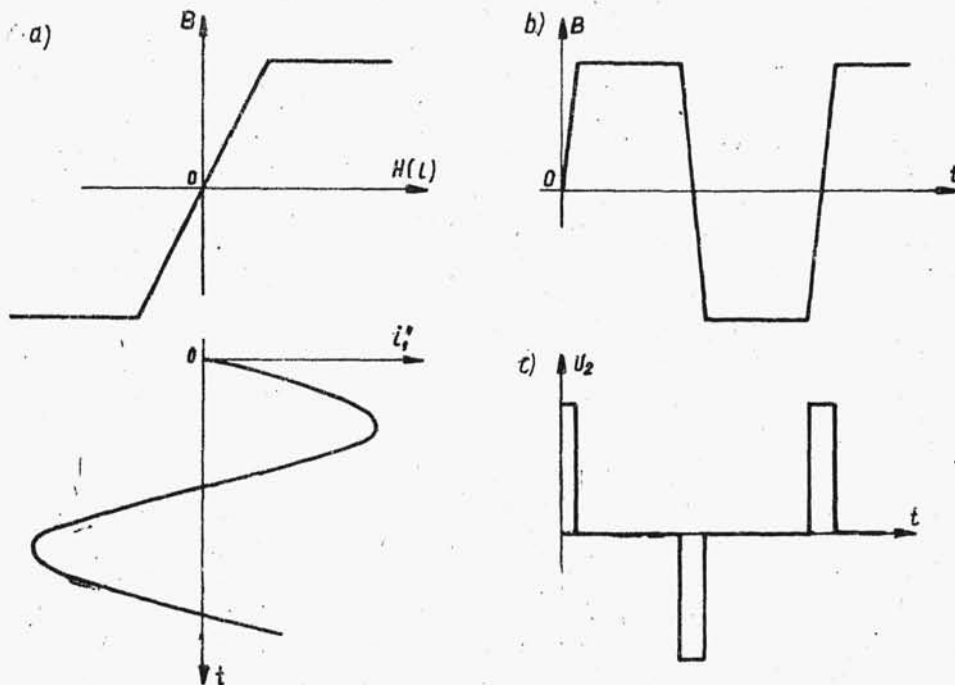
- indukowanie w uzwojeniu wtórnym napięć o znacznych wartościach.

Stopień nasycenia rdzenia zależny jest od wartości prądu płynącego przez przekładnik, przy czym już przy prądzie znamionowym ciągłym jest on znaczny.

Przebiegi czasowe indukcji magnetycznej w rdzeniu oraz napięcia indukowanego w uzwojeniu wtórnym wywołane sinusoidalnym prądem  $i_1$  przedstawiono na rys.1.20. Prąd magnesujący  $i_1''$  wywołuje przebieg indukcji magnetycznej zgodnie z krzywą magnesowania  $B = f(i)$ , przy czym z uwagi na znaczne nasycenie rdzenia (prąd magnesujący osiąga wartości sięgające daleko poza



Rys.1.19. Schemat zastępczy przekładnika przy otwartym obwodzie wtórnym



Rys.1.20. Przebiegi prądu (a), indukcji (b) oraz napięcia indukowanego w uzwojeniu wtórnym (c) występujące w przekładniku przy otwartym uzwojeniu wtórnym

wania  $B = f(i)$ , przy czym z uwagi na znaczne nasycenie rdzenia (prąd magnesujący osiąga wartości sięgające daleko poza

"kolano" krzywej magnesowania), przebieg indukcji jest wyraźnie odkształcony od sinusoidy. Wartości maksymalne indukcji odpowiadają stanowi nasycenia i są wielokrotnie wyższe od wartości indukcji w pracy normalnej.

Wartość nasycenia indukowanego w uzwojeniu wtórnym wynosi:

$$u_2 = z_2 S_{Fe} \frac{dB}{dt} = z_2 S_{Fe} \frac{dB}{dH} \frac{dH}{dt} . \quad (1.41)$$

Pamiętając, że  $i = \frac{H l_{Fe}}{z_1}$  (zgodnie z prawem przepływu):

$$u_2 = \frac{z_1 z_2 S_{Fe}}{l_{Fe}} \frac{dB}{dH} \frac{di}{dt} . \quad (1.42)$$

Przebieg napięcia  $u_2$  jest również decydowane odkształcony od sinusoidy a jego wartość szczytowa występuje, gdy iloczyn:

$$\frac{dB}{dH} \frac{di}{dt} = \mu_d \frac{di}{dt} = \max ,$$

przy czym:

$\mu_d$  - przenikalność magnetyczna różniczkowa.

Oznacza to, że wartość szczytowa napięcia  $u_2$  nie występuje w chwili przechodzenia prądu magnesującego (oraz indukcji) przez wartość zerową. Z analizy wykonanej w IWN PW wynika, że wartość szczytowa napięcia występuje z pewnym opóźnieniem w stosunku do chwili przejścia przez zero prądu, przy czym czas opóźnienia ( $t_p$ ) zależny jest od wartości prądu i rodzaju materiału rdzenia.

Liczne pomiary wykonane na przekładnikach wykazują, że wartości napięć indukowanych w otwartych uzwojeniach wtórnych przy przepływie znamionowych prądów ciągłych, osiągają znaczne wartości. Stwarza to realne niebezpieczeństwo dla obsługi, która traktuje obwody wtórne przekładników jako w pełni bezpieczne, jak może również prowadzić do uszkodzenia izolacji uzwojenia wtórnego. Warto zauważyć, że gdyby przy otwartym uzwojeniu wtórnym przepływał przez przekładnik prąd zwarcio-owy, to wówczas napięcie indukowane po stronie wtórnej osią-

gałoby bardzo duże wartości, przekraczające z pewnością wytrzymałość izolacji tego uzwojenia.

Drugim ujemnym skutkiem otwarcia obwodu wtórnego są duże straty w rdzeniu, wywołane znaczną wartością indukcji<sup>x)</sup>. Wywołuje to nadmierne nagrzewanie rdzenia a pośrednio i izolacji, co po dostatecznie długim czasie prowadzi do cieplnego zniszczenia przekładnika prądowego.

W świetle powyższego jest oczywiste, że w warunkach eksploatacyjnych należy zabezpieczać obwody wtórne przekładników przed przypadkowym otwarciem.

### 1.6. Narażenia prądowe przekładników przy zwarciach

Przekładnik prądowy, jako element włączony szeregowo w tor układu elektroenergetycznego, jest narażony na elektrodynamiczne i cieplne działanie prądu zwarciovego przepływającego przez uzwojenie pierwotne przekładnika. Miarą wytrzymałości przekładnika na to oddziaływanie są przypisywane mu przez wytwórcę, parametry:

- znamionowy prąd szczytowy  $i_{sn}$ ,
- znamionowy prąd jednosekundowy  $I_{1s}$ .

Wytrzymałość elektrodynamiczna związana jest z siłami wywołanymi prądami zwarcia w uzwojeniach przekładnika oraz w doprowadzeniach do jego zacisków pierwotnych. Z uwagi na źródło narażeń rozróżnia się wytrzymałość elektrodynamiczną wewnętrzną i zewnętrzną. Pierwsza z nich dotyczy jedynie oddziaływań występujących wewnątrz przekładnika, drugą uwzględnia również obwód zewnętrzny obejmujący tor prądowy, w którym zainstalowany jest przekładnik w eksploatacji. Jest oczywiste, że dla użytkownika ważna jest przede wszystkim wytrzymałość zewnętrzna, ale z punktu widzenia konstrukcji przekładnika celowe jest również rozważenie wytrzymałości wewnętrznej.

Siły występujące w wewnętrznym torze przekładnika prądowego zależą od jego konstrukcji. Dla przekładników prądowych

---

<sup>x)</sup> Straty w rdzeniu są wprost proporcjonalne do kwadratu indukcji magnetycznej.