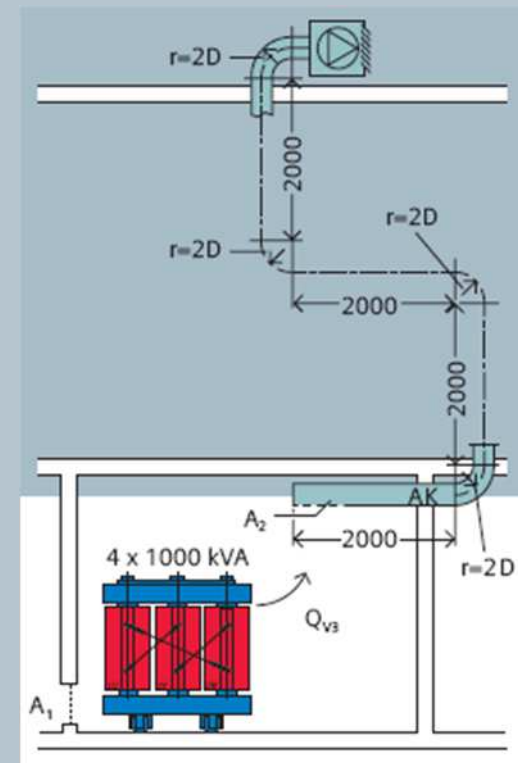


Wentylacja pomieszczeń elektrycznych

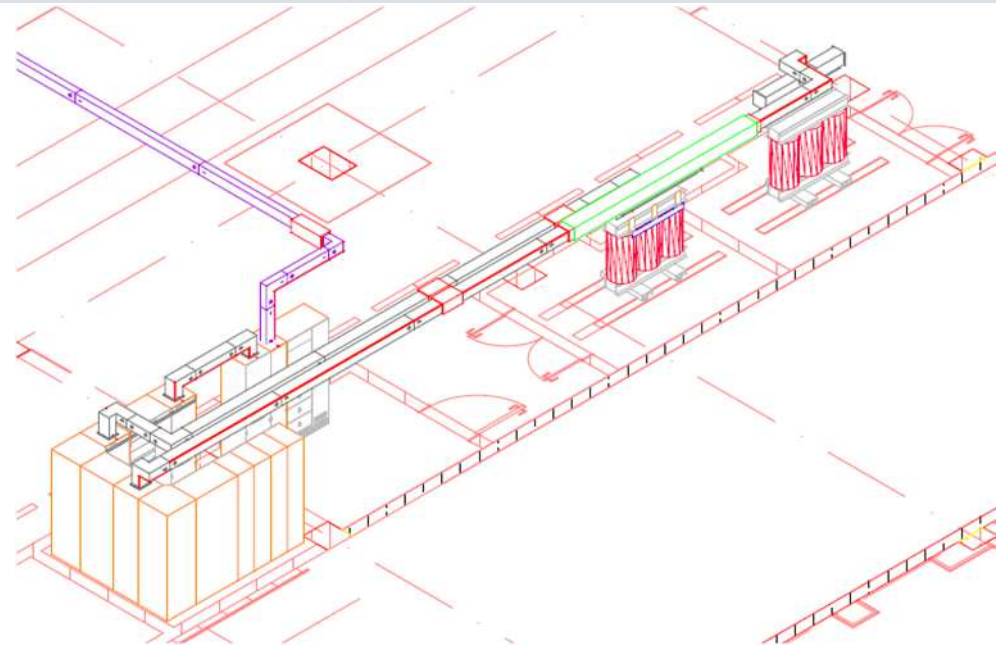


Wentylacja Wprowadzenie

Przetwarzaniu, rozdzielaniu oraz dystrybucji energii elektrycznej towarzyszy efekt wydzielania energii w postaci ciepła. Ze względu na przepisy normatywne jakim podlegają oraz specyfikę urządzeń elektrycznych należy wszystkim elementom składowym instalacji elektrycznej zapewnić odpowiedniej wielkości pomieszczenia oraz czynnik chłodzący o odpowiednich parametrach.

Biorąc pod uwagę normy którym podlega aparatura rozdzielcza oraz transformatory, temperatury nie powinny przekraczać:

- 35° C w pomieszczeniu rozdzielnic (PN-EN 60439-1; wartość chwilowa 40 ° C)
- 40° C w komorze transformatorowej (PN-EN 60076-11)
- 35° C w ciągach elektrycznych z szynoprzewodami (PN-EN 60439-1 oraz 2)

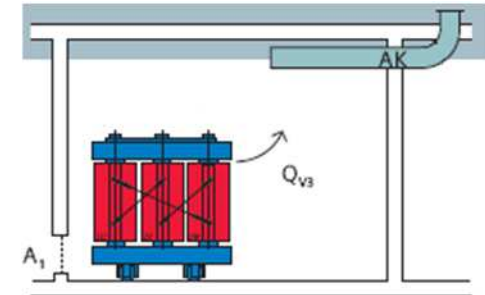


Wentylacja

Wprowadzenie - sposoby rozpraszania energii cieplnej

Bez względu na źródło emitujące energię cieplną należy rozróżnić trzy formy jej rozpraszania:

- wentylacja naturalna nazywana czasami wentylacją grawitacyjną
- pochłanianie energii cieplnej przez ściany oraz stropy
- wentylacja wymuszona



$$Q_V = P = Q_{V1} + Q_{V2} + Q_{V3}$$

Gdzie:

P - suma strat w pomieszczeniu

Q_V - całkowite rozpraszanie ciepła

Q_{V1} - rozpraszanie ciepła przy wentylacji naturalnej / grawitacyjnej

Q_{V2} - rozpraszanie ciepła przez ściany oraz sufit

Q_{V3} - rozpraszanie ciepła przez wentylację mechaniczną



Wentylacja Straty ciepłe w komorze transformatora

W celu określenia ilości energii emitowanej przez transformator istotnymi parametrami są:

- straty biegu jałowego (straty związane z magnesowaniem rdzenia) P_0
- straty obciążeniowe (tzw. straty w miedzi) P_{K120}



$$P_V = P_0 + 1,1 \times P_{K120} \times \left(\frac{S}{S_N} \right)^2$$

Gdzie:

S - moc pozorna pobierana przez transformator kVA

S_N - znamionowa moc pozorna transformatora kVA

Wentylacja Straty ciepłe generowane przez szynoprzewody

Straty generowane przez szynoprzewody związane są z efektem Joule'a i są wprost proporcjonalne do kwadratu prądu płynącego przez przewodniki oraz ich rezystancji.

Wartość „P” określające wielkość tych strat są specyficzną wartością dla konkretnego typu szynoprzewodu i podawana jest w formie wartości liczbowej [W/m]. Ilość energii cieplnej generowanej przez szynoprzewody naszej produkcji kalkulujemy przy pomocy dedykowanego oprogramowania kalkulacyjnego.

Na tej podstawie można oszacować ilość energii cieplnej generowanej przez linię szynoprzewodu. Analizę tą możemy prowadzić zarówno dla całej linii jak i z punktu widzenia pomieszczenia w którym zainstalowana jest w/w linia.



Wentylacja Straty ciepłe generowane przez rozdzielnice

Tak jak w przypadku szynoprzewodów, straty ciepłe generowane przez rozdzielnice związane są z efektem Joule'a.

W oparciu o przeprowadzone badania TTA/ PTA oraz wyliczenia możemy określić poziom strat generowany z pola rozdzielnic o konkretnym wyposażeniu. Dzięki w/w badaniom oraz projektując rozdzielnice w oparciu o oprogramowanie do konfigurowania rozdzielnic mamy pewność, iż w żadnym polu rozdzielnic nie zostanie przekroczona dopuszczalna przez producenta oraz normy temperatura.

Całkowite straty generowane przez rozdzielnicę są algebraiczną sumą strat generowanych w poszczególnych jej polach.



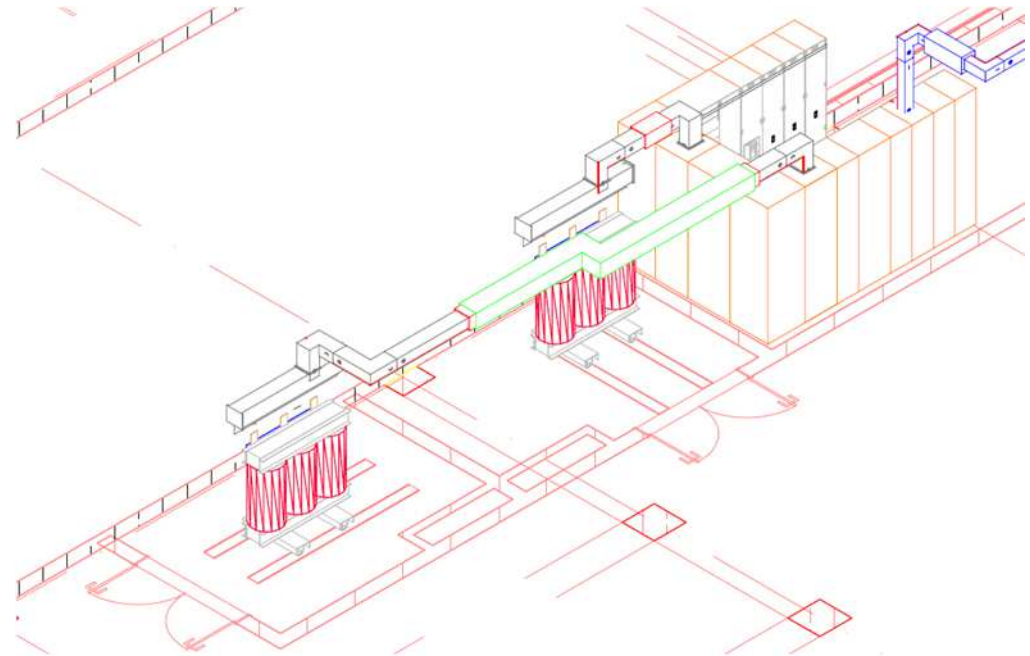
Wentylacja

Całkowite straty ciepłe w pomieszczeniach

Tak jak pokazano na rysunku obok, dla danego pomieszczenia zawsze należy brać pod uwagę straty ciepłe generowane przez wszystkie urządzenia.

Tak więc np. w pomieszczeniu jednego z transformatorów musimy uwzględnić straty generowane przez transformator oraz dwa szynoprzewody (jeden szynoprzewód przebiega „tranzytem” przez w/w pomieszczenie).

Rozpatrując straty generowane w pomieszczeniu rozdzielnic nn jako straty całkowite należy podać sumę strat generowanych przez rozdzielnicę oraz fragmenty szynoprzewodów znajdujących się w w/w pomieszczeniu.



Wentylacja grawitacyjna

Chcąc zapewnić wentylację grawitacyjną dla urządzenia znajdującego się w pomieszczeniu należy zapewnić pomieszczenie o odpowiednich parametrach. Najbardziej istotnym z punktu widzenia wentylacji pomieszczenia parametrem są otwory wentylacyjne (ich powierzchnia oraz umiejscowienie). Poniżej przedstawiony został wzór określający jaką ilość energii możemy rozproszyć przy zastosowaniu otworów o zadanej powierzchni.

$$Q_{v1} = 0,1 \times A_{1,2} \times \sqrt{H \times \Delta v^3}$$

Gdzie:

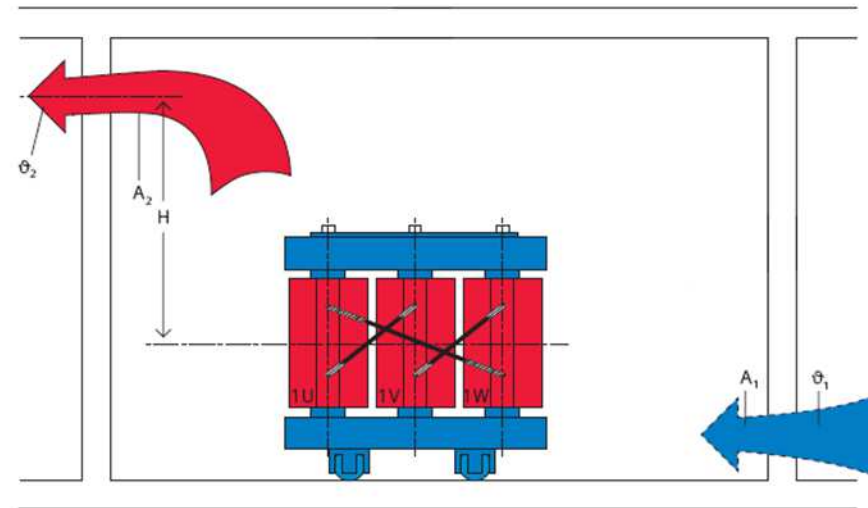
Δv - przyrost temperatury powietrza $\Delta v = v_2 - v_1$

$A_{1,2}$ - powierzchnia otworów wentylacyjnych

H - wysokość wg rysunku

$V_{1,2}$ - prędkość powietrza w otworach nawiewnym/wyciągowym

V_L - strumień powietrza

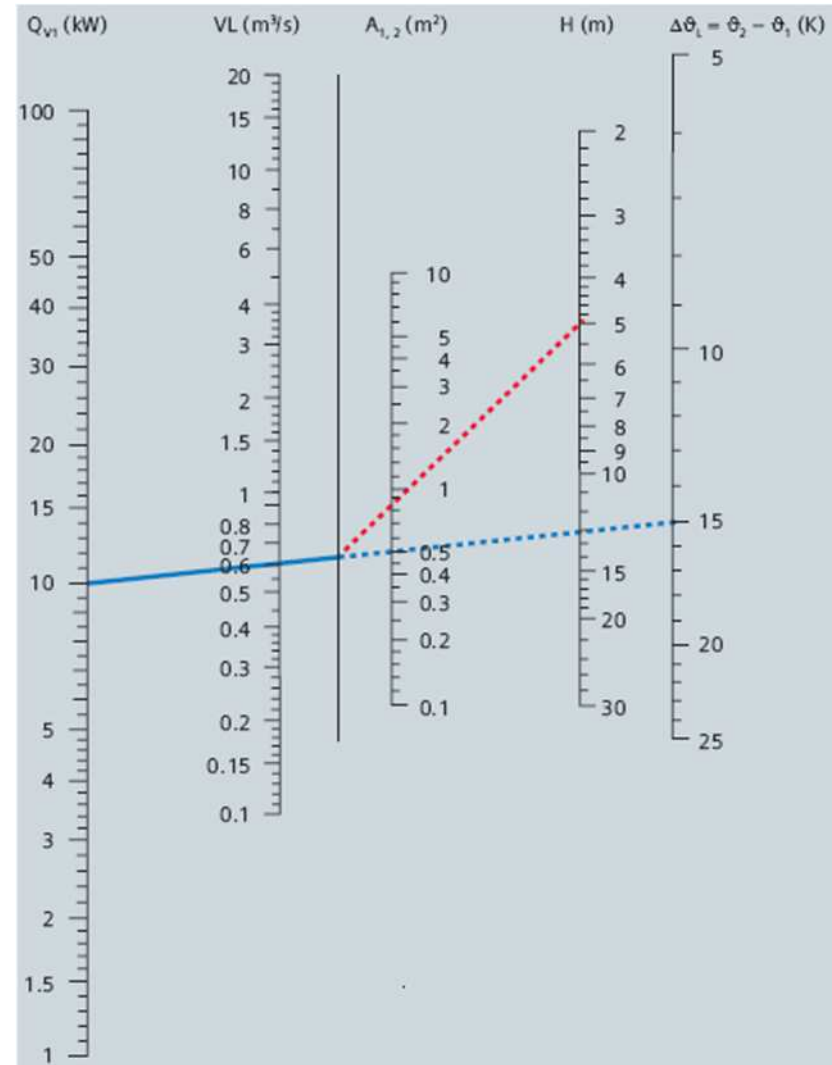


Wentylacja grawitacyjna

Istnieje również możliwość odczytania interesujących nas wartości tj. przepływu powietrza oraz powierzchni otworów wentylacyjnych.

W tym celu należy poprowadzić linię łączącą punkt na osi Q_{v1} określający poziom strat cieplnych z punktem na osi Δv . W ten sposób na osi V_L możemy odczytać wartość przepływu powietrza.

Drugą prostą wyznaczamy łącząc punkt przecięcia pierwszej (niebieskiej linii) z pionową kreską rozdzielającą cztery osie oraz punkt na osi H określający wysokość. Dzięki tej linii na osi $A_{1,2}$ możemy odczytać wartość powierzchni otworów wentylacyjnych



Wentylacja grawitacyjna - przykład

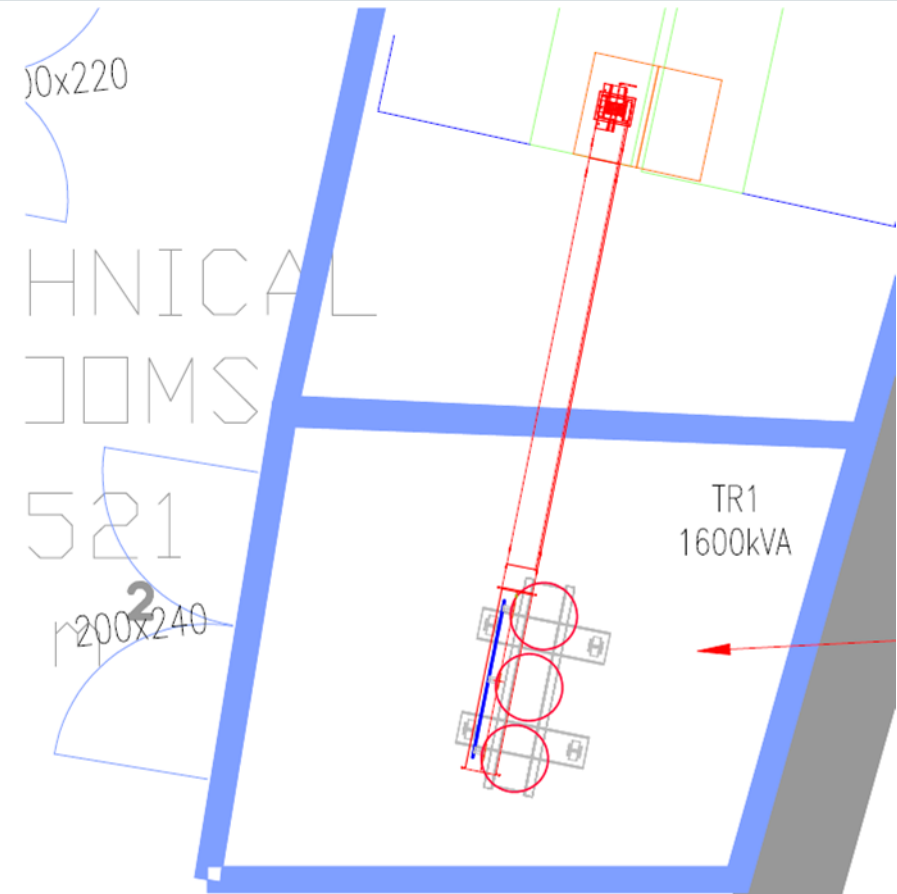
W pomieszczeniu o powierzchni $15m^2$ należy zainstalować transformator oraz przesłać energię z transformatora do rozdzielnic nn. Ograniczeniem jest wysokość pomieszczenia wynosząca wysokości 2,7m.

Tak postawione zadanie okazało się możliwe do zrealizowania. Rozpatrując możliwość umieszczenia transformatora w komorze oraz połączenia za pomocą szynoprzewodu z rozdzielnicą można w/w elementy połączyć w funkcjonalny układ elektryczny.

Pojawia się jednak pytanie o warunki pracy transformatora. W pierwszej kolejności należy zatem rozpatrzeć możliwość wentylacji grawitacyjnej komory transformatora 1600kVA.

Dane:

- straty biegu jałowego 3,1kW
- straty obciążeniowe 13,5kW
- szerokość drzwi komory transformatora wynosi 2m
- powierzchnia otworu nawiewnego $1,765m^2$
- różnica temperatur $\Delta v = v_2 - v_1 = 10^\circ C$
- wysokość $H = 1,617m$

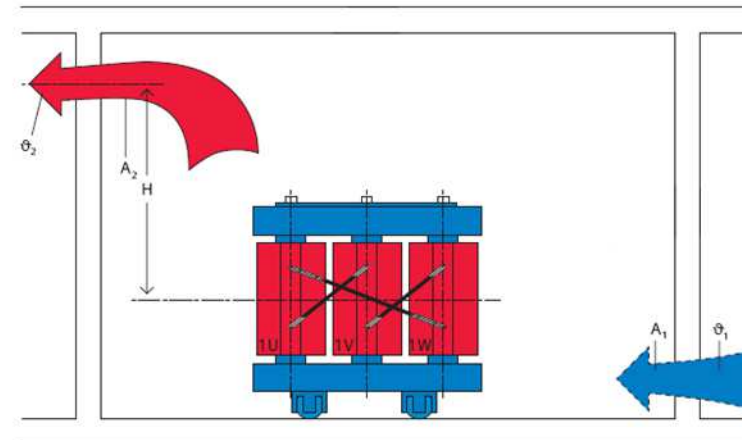


Wentylacja grawitacyjna - przykład

Dla tak określonych warunków brzegowych możemy określić jaką wartość energii cieplnej możemy rozproszyć przy zastosowaniu wentylacji grawitacyjnej.

$$Q_{V1} = 0,1 \times A_{1,2} \times \sqrt{H \times \Delta v^3} = 7,099 \text{ kW}$$

Straty biegu jałowego [kW]	Straty obciążeniowe [kW]	Stopień obciążenia [%]		Rzeczywiste straty [kW]
3,1	13,5	10	0,01	3,24
3,1	13,5	20	0,04	3,64
3,1	13,5	30	0,09	4,32
3,1	13,5	40	0,16	5,26
3,1	13,5	50	0,25	6,48
3,1	13,5	60	0,36	7,96
3,1	13,5	65	0,42	8,80
3,1	13,5	70	0,49	9,72
3,1	13,5	75	0,56	10,69
3,1	13,5	80	0,64	11,74
3,1	13,5	90	0,81	14,04
3,1	13,5	95	0,90	15,28
3,1	13,5	100	1,00	16,60



Z powyższych obliczeń wynika, iż korzystając jedynie z wentylacji grawitacyjnej możemy obciążyć transformator w około 50%.

W przypadku potrzeby zasilania odbiorników o większych potrzebach należy zastosować wentylację wymuszoną.

[1600kVA Kaponiera.xls](#)

Wentylacja

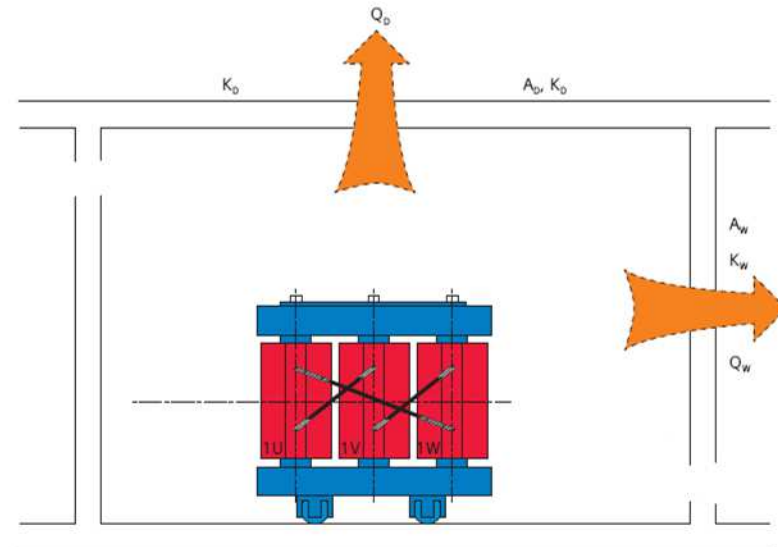
Rozpraszanie energii cieplnej przez ściany i stropy

Kolejnym sposobem rozpraszania energii cieplnej jest jej absorpcja przez ściany i stropy. Zdolność pochłaniania ciepła w ten sposób jest zależna od powierzchni ścian i stropów oraz współczynnika przenikalności cieplnej a jej wartość możemy określić na podstawie wzoru:

$$Q_{V2} = (0,7 \times A_W \times K_W \times \Delta v_W + A_D \times K_D \times \Delta v_D) \times 10^{-3}$$

gdzie:

- $A_{W,D}$ powierzchnia ścian, stropów
- $K_{W,D}$ współczynnik przenikalności cieplnej
- $\Delta v_{W,D}$ różnica temperatur pomiędzy zewnętrzną a wewnętrzną stroną ścian/ stropów



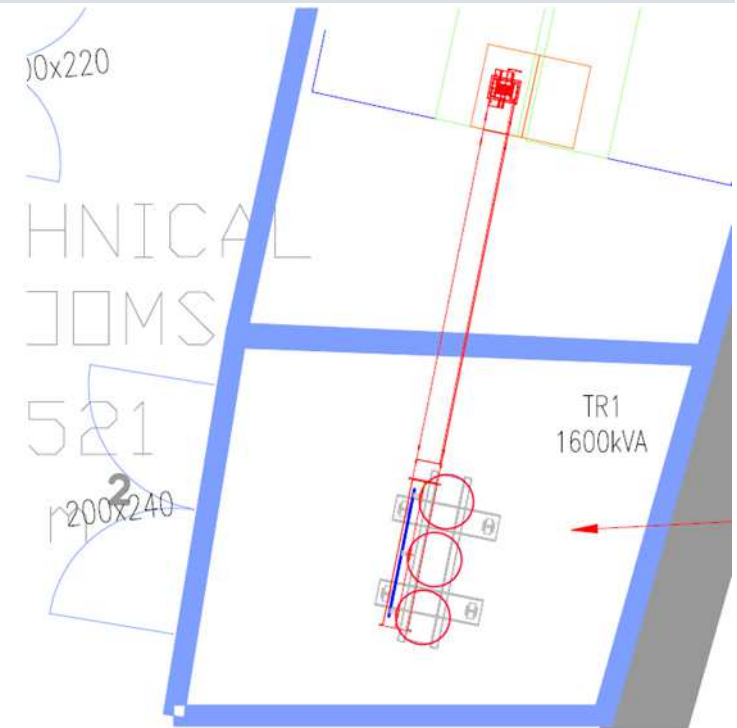
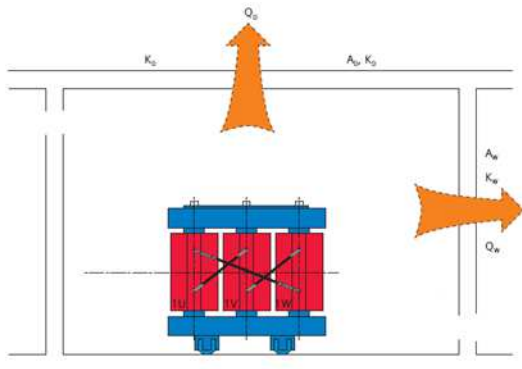
Material	Grubość [cm]	Wsp. Przenikalności cieplnej K [W/m ² *C]
Lekki beton	10	1,7
	20	1
	30	0,7
Cegła palona	10	3,1
	20	2,2
	30	1,7
Beton	10	4,1
	20	3,4
	30	2,8
Metal	x	6,5
Szkło	x	1,4

Rozpraszanie energii cieplnej przez ściany i stropy – przykład obliczeniowy

Zakładając, iż ściany oraz stropy wykonane są z betonu, grubość ścian wynosi 20cm, grubość ścian wynosi 30cm, różnica temperatur wynosi $\Delta v = 10^{\circ}C$ to podstawiając do wzoru otrzymamy przybliżoną wartość możliwej do rozproszenia energii cieplnej.

$$Q_{V2} = (0,7 \times A_W \times K_W \times \Delta v_W + A_D \times K_D \times \Delta v_D) \times 10^{-3} = 1,88 \text{ kW}$$

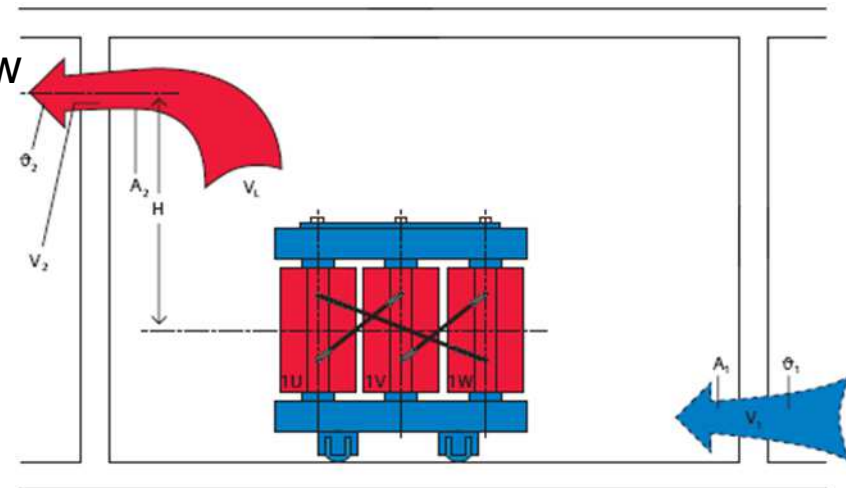
Taki sposób chłodzenia nie pozwoli na rozproszenie energii cieplnej traconej na magnesowanie rdzenia ferromagnetycznego. Jak zatem wynika z powyższych wyliczeń zdolność absorpcji energii przez ściany oraz stropy w znikomym stopniu bierze udział w chłodzeniu transformatora. [1600kVA Kaponiera.xls](#)



Wentylacja mechaniczna

W przypadku braku możliwości rozproszenia energii cieplnej przez absorpcję ścian/stropów oraz wentylację grawitacyjną należy zastosować wentylację mechaniczną o wymuszonym obiegu powietrza.

Wartość energii cieplnej możliwej do rozproszenia jest wprost proporcjonalna do przepływu powietrza V_L oraz różnicy temperatur czynnika chłodzącego Δv .



$$Q_{v3} = V_L \times C_{PL} \times \rho_L \times \Delta v$$

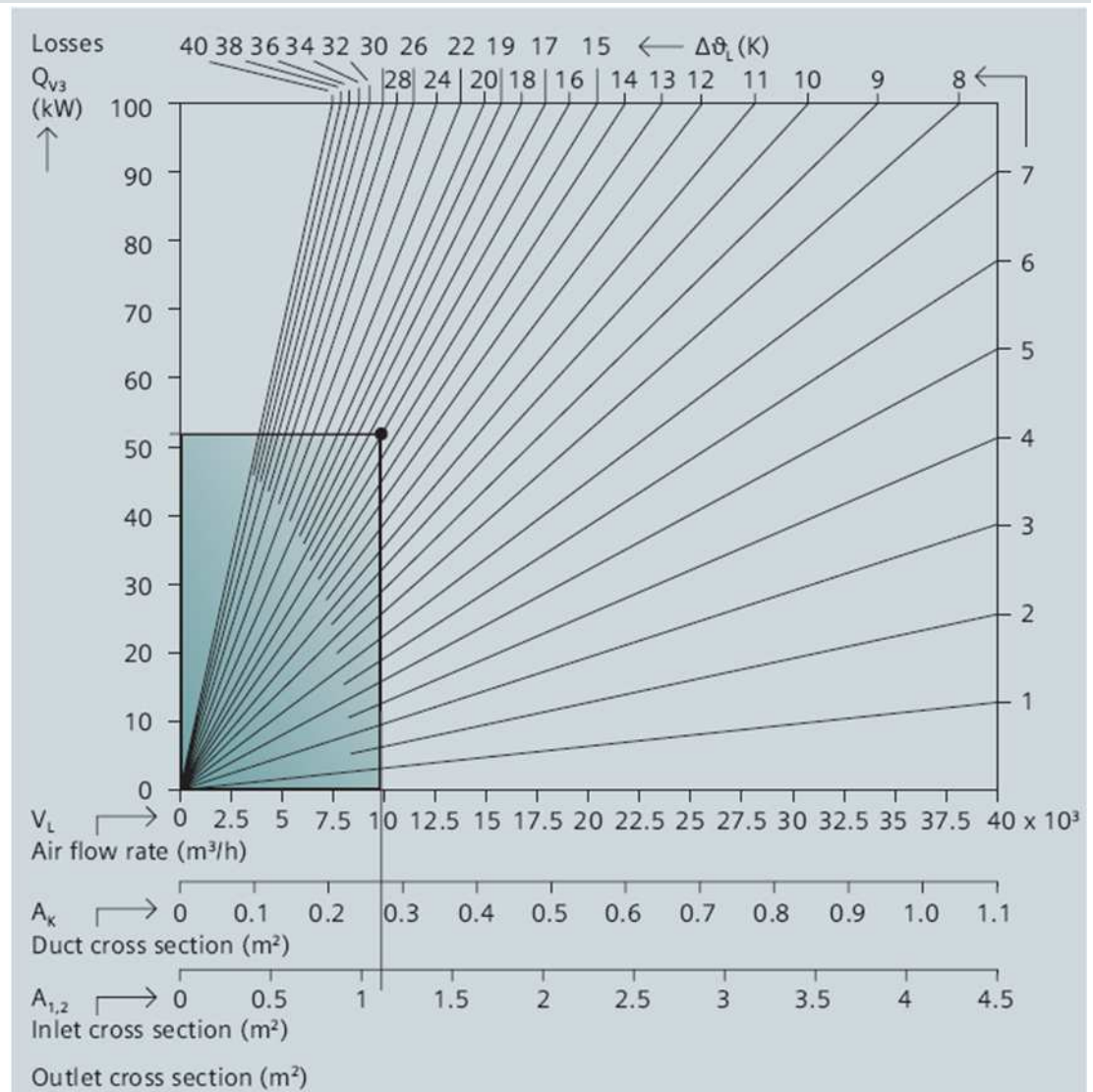
Gdzie:

- przepływ powietrza V_L [m^3/s] $V_L = v \times A_{1,2}$
- prędkość powietrza w otworze wentylacyjnym v [m/s] akceptowalną wartością jest 0,6-0,7 [m/s]
- pojemność cieplna powietrza $C_{PL} = 1,015$ [$kWs/kg K$]
- gęstość powietrza w temperaturze $20^\circ C$ $\rho_L = 1,18$ [kg/m^3]
- różnica temperatur czynnika chłodzącego $\Delta v = v_2 - v_1 = 10^\circ C$

Wentylacja mechaniczna

Istnieje również możliwość odczytania interesujących nas wartości np. przepływu powietrza oraz powierzchni otworów wentylacyjnych.

W tym celu należy poprowadzić poziomą linię określającą poziom strat na osi Q_{V3} . Odnajdując wykres odpowiedni dla poszukiwanej różnicy temperatur Δv a następnie na osiach odciętych odnajdujemy poszukiwane wartości .



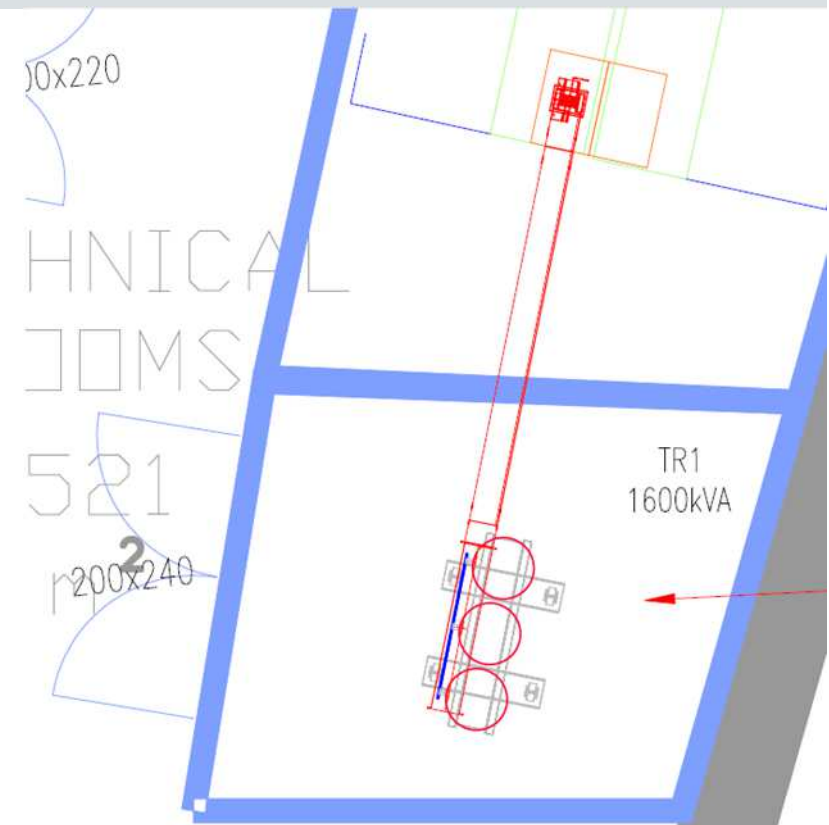
Wentylacja mechaniczna – przykład obliczeniowy

Podstawiając do wzoru obliczoną wartość pola powierzchni otworu wentylacyjnego $1,765 [m^2]$, pojemność cieplną powietrza, gęstość powietrza, prędkość przepływu powietrza $0,8 [m/s]$ oraz różnicę temperatur otrzymujemy wartość:

$$Q_{v3} = V_L \times C_{PL} \times \rho_L \times \Delta v = 16,91 [kW]$$

Jak widać z powyższych wyliczeń tak opracowana wentylacja w pełni pokrywa znamionowe możliwości obciążenia transformatora.

Jednocześnie należy przypomnieć, iż stosowanie elementów takich jak kratki/ żaluzje otworów wentylacyjnych zmniejsza czynną powierzchnię przekroju poprzecznego otworów wentylacyjnych nawet o 40%. [1600kVA Kaponiera.xls](#)



Uwaga: powyższe obliczenia należy traktować jako wartości przybliżone obrazujące jedynie skalę problemu. Po szczegółowe wytyczne należy zgłosić się do specjalistów zajmujących się instalacjami klimatyzacyjno wentylacyjnymi informując jedynie o spodziewanych stratach cieplnych w pomieszczeniu.

SIEMENS

Dziękuję za uwagę