Podniková norma energetiky pro rozvod elektrické energie

ČEZ Distribuce, E.ON, PRE, ZSE,	**VNITŘNÍ STANOVIŠTĚ TRANSFORMÁTORŮ – OPATŘENÍ PROTI HLUKU**	**PNE 38 1753** Třetí vydání

Odsouhlasení normy

Konečný návrh podnikové normy energetiky pro rozvod elektrické energie odsouhlasily tyto organizace: ČEZ, distribuce, a.s., PRE Praha, a.s.,.s., E.ON ČR, a.s., E.ON Distribuce, a.s., SME Ostrava, a.s., a ZSE Bratislava ,a.s.

Obsah

Strana

1 PŘEDMLUVA 2
1.1 Souvisící normy 2
1.2 Související předpisy 2
2 VÝKLAD POJMŮ 3
3 EMISE HLUKU Z TRANSFORMOVNY 3
3.1 Výpočet hluku uvnitř transformovny 3
3.2 Výpočet hluku šířeného z provozované transformovny 4
4 SITUOVÁNÍ TRANFORMOVNY Z HLEDISKA OCHRANY JEJÍHO OKOLÍ PŘED HLUKEM 6
5 OPATŘENÍ PRO SNÍŽENÍ HLUKU ŠÍŘENÉHO VZDUCHEM 6
5.1 Opatření pro snížení hluku uvnitř transformovny 6
5.2 Snížení hluku šířeného větracími otvory 7
5.3 Snížení hluku šířeného dveřmi 7
5.4. Snížení hluku šířeného vzduchem přes stěny 7
5.5 Snížení hluku šířeného stropem 8
6. OPATŘENÍ PRO SNÍŽENÍ HLUKU, ŠÍŘENÉHO DO STAVEBNÍ KONSTRUKCE TVRDÝM MECHANICKÝM SPOJEM 8
6.1 Snížení hluku šířeného přes uložení transformátoru 8
6.2 Zrušení přenosu hluku přes vývody transformátoru a přes uzemnění 9
PŘÍLOHA I NEJVYŠŠÍ PŘÍPUSTNÉ HODNOTY HLUKU TRANSFORMÁTORU V MÍSTECH S NÁROKEM NA OCHRANU PŘED NADMĚRNÝM HLUKEM 10
PŘÍLOHA II Příklady 12
PŘÍLOHA III PŘÍKLAD VÝPOČTU EMISE HLUKU Z TRANSFORMOVNY 16

Nahrazuje: PNE 38 1753:2004 -	Účinnost od : 1.12.2005

1 PŘEDMLUVA

Snaha o snižování ztrát elektrické energie přibližuje nově budované transformovny vn/nn co nejblíže místu odběru elektrické energie, často i do obytných domů. Existuje nebezpečí, že taková transformovna ohrozí svoje okolí hygienicky nepřípustným hlukem. Toto nebezpečí je velké například ve městech s nedostatkem místa nebo v domech s lehkou stavební konstrukcí.

Hygienicky nepřípustný hluk z transformovny vždy poškodí vztah mezi provozovatelem a veřejností a dodatečná náprava situace (k níž je provozovatel povinen podle Nařízení vlády č.502/2000 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací) je obvykle drahá a namáhavá. Je proto vždy lépe pamatovat na protihluková opatření již v počátečních etapách výstavby transformovny.

Následující norma zobecňuje zkušenosti s protihlukovými opatřeními pro transformovny tak, aby to byla opatření co nejúčinnější, ekonomicky zdůvodnitelná a aby nenarušovala bezpečnost provozu.

V kapitole 3 jsou uvedeny vzorce pro výpočet hladin hluku uvnitř a vně transformovny. Jsou aplikací vzorce pro výpočet hladiny akustického tlaku kmitny stojatého vlnění v uzavřeném (pravoúhlém) prostoru, kam vyzařuje zdroj diskrétních frekvencí. Transformátor je právě takovým zdrojem.

Kapitola 4 se zabývá situováním transformovny z hlediska ochrany jejího okolí před hlukem, což je první a nejdůležitější způsob, jak tuto ochranu zabezpečit. Opatření proti hluku šířenému z transformovny vzduchem jsou uvedena v kapitole 5. Diskrétní spektrum hluku transformátoru vyvolává nutnost zabývat se rezonancemi v transformovně a umístěním transformátoru.

Kapitola 6 předepisuje ochranu proti tvrdému mechanickému kontaktu transformátoru se stavební konstrukcí transformovny, který je nejnebezpečnější cestou přenosu hluku do okolí.

Přílohy normy obsahují údaje z platných hygienických předpisů pro hluk transformátoru, obrázkový doprovod textu jednotlivých článků normy a příklad výpočtu dle kapitoly 3.

1.1 Související normy

ČSN ISO 31-7 (01 1300) Veličiny a jednotky. Část 7: Akustika
ČSN ISO 3744 (01 1604) Akustika. Určení hladin akustického výkonu zdrojů hluku pomocí akustického tlaku. Technická metoda ve volném poli nad odrazovou rovinou

ČSN IEC 50 (801) Mezinárodní elektrotechnický slovník. Kapitola 801: Akustika a elektroakustika

ČSN 33 3201 Elektrické instalace AC nad 1 kV

ČSN 33 3240 Stanoviště transformátorů
ČSN 35 1100 Výkonové transformátory
ČSN EN 60076-10 (35 1089) Výkonové transformátory – Část 10: Stanovení hladin hluku

ČSN EN 60551 (35 1089) Stanovení hladin akustického tlaku transformátorů a reaktorů
ČSN 73 0532 Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a souvisící akustické vlastnosti stavebních výrobků – Požadavky

ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb. Nevýrobní objekty

1.2 Související předpisy

Nařízení vlády č.502/2000 o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací ve znění pozdějších předpisů

Vypracování normy

Zpracovatel: Ing. Ivan Zahrádka

ONS odvětví energetiky: ÚJV Řež, a.s. divize Energoprojekt Praha, Ing. Jaroslav Bárta

2 VÝKLAD POJMŮ

2.1 **Hladina akustického tlaku L_p** je určena vztahem

$$L_p = 20 \cdot \log \frac{p}{p_0} \text{ [dB]}$$

kde
p je okamžitý akustický tlak v [Pa]
p_0 = $2 \cdot 10^{-5}$ Pa je referenční akustický tlak

2.2 **Hladina L_{pA} [dB(A)] akustického tlaku A** je hladina akustického tlaku, frekvenčně váženého (např. při měření nebo výpočtech) filtrem A dle ČSN EN 60551.

2.3 **Maximální hladina $L_{pA\ max}$ akustického tlaku A** ve vzorcích (1), (2) resp. (7) je nejvyšší hladina akustického tlaku A v místě stojatého vlnění (v uzavřeném prostoru je pole hluku transformátoru vždy polem výrazných stojatých vln).

2.4 **Ekvivalentní hladina $L_{Aeq,T}$ akustického tlaku A** je určena z časového průběhu L_{pA} podle definice v Příloze 1 Nařízení vlády č. 502/2000 Sb ve znění pozdějších předpisů

2.5 **Hladina L_{PA} akustického výkonu A zdroje hluku** je určena vztahem

$$L_{pA\ max} = 20 \cdot \log \frac{P}{P_0} \quad \text{[dB(PA)]}$$

kde
P je akustický výkon zdroje hluku ve wattech [W], frekvenčně vážený filtrem A
P_0 = 10^{-12} W

2.6 **Ustálený hluk** je hluk, jehož hladina akustického tlaku se v daném místě nemění v závislosti na čase o více než 5 dB.

2.7 **Hluk s výraznými tónovými složkami** je hluk, v jehož třetinooktávovém spektru hladina akustického tlaku v některé třetině oktávy převyšuje hladinu akustického tlaku v sousedících třetinooktávových pásmech o více než 5 dB. Typickým příkladem takového hluku je magnetostrikční hluk transformátoru.

2.8 **Rezonance hluku transformátoru v uzavřeném prostoru** jsou jednorozměrné (axiální), dvourozměrné (tangenciální) nebo třírozměrné (šikmé) stojaté vlny jednotlivých frekvenčních složek diskrétního spektra hluku transformátoru, které vznikají odrazem od vnitřních povrchů uzavřeného prostoru. Vzniká tak hlukové pole s velkými rozdíly hladin akustického tlaku mezi místy uzlů a kmiten stojatých vln.

3 EMISE HLUKU Z TRANSFORMOVNY

3.1 Výpočet hluku uvnitř transformovny

3.1.1 Výchozí hodnotou pro výpočet emise hluku z transformovny je hladina akustického tlaku A uvnitř. Je závislá na typu transformátoru a způsobu jeho chlazení, na počtu a umístění současně provozovaných transformátorů, na rozměrech transformovny a na akustické pohltivosti jejích vnitřních povrchů.

3.1.2 V transformovně s jedním transformátorem umístěným uprostřed u některé z jejích stěn, jejíž stěny a strop nemají zvýšenou akustickou pohltivost a jejíž rozměry brání vzniku axiálních rezonancí (viz 5.1.2) je maximální hladina $L_{pA\ max}$ [dB(A)] akustického tlaku A, generovaná uvnitř transformovny dána vzorcem

$$L_{pA\ max} = 26 + L_{PA} - 13 \cdot \log V \qquad (1)$$

kde

$L_{pA\ max}$ [dB(A)]	maximální hladina akustického tlaku A
L_{PA} [dB(PA)]	hladina akustického výkonu A transformátoru (i s případným chladicím zařízením)
V [m^3]	vnitřní objem transformovny

3.1.3 Je-li v transformovně provozováno více transformátorů současně, je tam součtová maximální hladina $L_{pA\ max}$ [dB(A)] akustického tlaku A dána vzorcem

$$L_{pA\ max} = 26 + k \cdot \log \sum_{i=1}^{n} 10^{\frac{L_{PAi}}{k}} - 13 \cdot \log V \qquad (2)$$

kde

$L_{PA\,i}$ [dB(PA)]	hladina akustického výkonu A i-tého transformátoru (i s případným chladicím zařízením)
V [m^3]	vnitřní objem transformovny
n	celkový počet provozovaných transformátorů
$K=20$	konstanta pro současný provoz transformátorů s přirozeným chlazením
$K=10$	konstanta pro současný provoz transformátorů s nuceným chlazením (ventilátory v transformovně)

3.1.4 Je-li transformátor umístěn jinde než uprostřed transformovny (u některé ze stěn transformovny), se hladina L_{PA} akustického výkonu A ve vzorcích (1) nebo (2), mění takto :

transformátor ve středu stěny : zmenšení L_{PA} o 2 dB(PA)

transformátor v rohu : zvětšení L_{PA} o 3 dB(PA)

3.2 Výpočet hluku šířeného z provozované transformovny

Z provozované transformovny se hluk může šířit současně :
- vzduchem větracími otvory – protiopatření viz oddíl 5;
- stavební konstrukcí transformovny (stěnami, stropem , dveřmi, podlahou) – protiopatření viz oddíl 6.

3.2.1 Výpočet hluku šířeného větracím otvorem

3.2.1.1 Při výpočtu hladiny akustického tlaku A, která by se na dané místo vně transformovny mohla šířit vzduchem z větracího otvoru neosazeného tlumičem hluku, se vyjde z $L_{pA\,ot}$ [dB(A)] akustického tlaku A ve vzdálenosti 0,5 m vně otvoru, která se spočítá ze vzorce :

$$L_{pA\,ot} = L_{pA\ max} - 7 \cdot \log V + 10 \cdot \log A_{ot} + 5 \qquad (3)$$

kde

$L_{pA\ max}$ [dB(A)]	se vypočte vzorcem (1) resp. (2)
V [m^3]	vnitřní objem transformovny
A_{ot} [m^2]	plocha větracího otvoru

3.2.1.2 Hladina $L_{pA\,r}$ [dB(A)] akustického tlaku A vně větracího otvoru ve vzdálenosti r větší než 1 m, je dána vzorcem

$$L_{pA\,r} = L_{pA\,ot} - 16{,}5 \cdot \log r - 3 \qquad (4)$$

kde

$L_{pA\,ot}$ [dB(A)]	se vypočte vzorcem (3)
$r \geq 1$ m [m]	vzdálenost od větracího otvoru

POZNÁMKA : Vzorec (4) platí jen pro větrací otvory vyústěné do širokých ulic, velkých dvorů nebo volných prostranství. Hladina $L_{pA\,r}$ vně otvoru vyústěného do stísněného prostoru (např. do chodby,do domovního průjezdu, na malý dvorek, do úzké uličky) na vzdálenosti r téměř nezávisí a je pak pro libovolné r přibližně dána vztahem:

$$L_{pA\,r} = L_{pA\,ot} - 3$$

3.2.2 Výpočet hluku šířeného stavebním pláštěm

3.2.2.1 Konstrukce stavebního pláště transformovny přenáší hluk, šířený z technologického zařízení transformovny, vzduchem a/nebo přes tvrdý mechanický kontakt. V praxi lze výpočtem kontrolovat jen hluk, který se do stavebního pláště přenáší vzduchem. Stupeň vzduchové neprůzvučnosti R [dB] pro hluk transformátoru kompaktního stavebního pláště transformovny (např.cihelná či betonová stěna, betonový strop), je dán vzorcem

$$R = 18 \cdot \log \sigma \qquad (5)$$

kde

σ [kg/m^2] je plošná hmotnost stavebního pláště

POZNÁMKA Stupeň vzduchové neprůzvučnosti stavebního pláště je pro hluk transformátoru (frekvence 100 až 600 Hz) uvažován jako frekvenčně nezávislý (tzn. koincidenční frekvence prvků většiny stavebních plášťů transformoven jsou právě v tomto frekvenčním pásmu).

3.2.2.2 Hladina $L_{pA\,r}$ [dB(A)] akustického tlaku A, přenášeného vzduchem v transformovně prvkem jejího stavebního pláště - např. jednoduchou (ne dvojitou nebo složenou) stěnou, jednoduchým stropem, jednoduchými utěsněnými dveřmi - na místo ve vzdálenosti r v jejím volném nestísněném venkovním okolí, je dána vzorcem

$$L_{pA\,r} = L_{pA\,max} - R + 8{,}2 \cdot \log S - 16{,}5 \cdot \log r - 7 \qquad (6)$$

kde

$L_{pA\,max}$ [dB(A)] se vypočte vzorcem (1) nebo (2)
R [dB] se vypočte vzorcem (5)
S [m^2] plocha hluk přenášejícího prvku stavebního pláště
$r > 0{,}4 \cdot \sqrt{S}$ [m] vzdálenost daného místa od hluk vyzařujícího stavebního prvku (stěny, stropu, dveří)

POZNÁMKA Vzorec (6) platí jen pro volné zvukové pole a pro vzdálenosti $r > 0{,}4 \cdot \sqrt{S}$ V poli odražených vln ve stísněném prostoru (např. v chodbě, domovním průjezdu, na malém dvorku, v úzké uličce) na vzdálenosti r téměř nezáleží a orientačně lze použít následující vzorec (7)

3.2.2.3 Hluk šířený stavebním pláštěm transformovny do vnitřního prostoru s transformovnou sousedícího , je dán vzorcem

$$L_{pA\,max\,int} = L_{pA\,max} - R + 10 \qquad (7)$$

kde

$L_{pA\,max\,int}$ [dB(A)] je maximální hladina akustického tlaku A vnikající do vnitřního prostoru sousedícího s transformovnou
$L_{pA\,max}$ [dB(A)] se vypočte vzorcem (1) nebo (2)
R [dB] se vypočte vzorcem (5)

3.2.2.4 Má-li být transformovna zřízena v adaptovaném prostoru uvnitř obytného domu, je ještě před adaptací nanejvýš účelné měřením zjistit skutečný stupeň zvukové neprůzvučnosti stavebního pláště tohoto prostoru (uskutečnit v něm tzv. hlukový test).

3.2.2.5 Hluk přenesený tvrdým mechanickým kontaktem transformátoru se stavební konstrukcí domu prakticky nelze vypočítat. Přenosu hluku tvrdým mechanickým kontaktem se musíme vždy dostatečně účinně bránit (viz čl. 6.1 a 6.2).

4 SITUOVÁNÍ TRANFORMOVNY Z HLEDISKA OCHRANY JEJÍHO OKOLÍ PŘED HLUKEM

4.1 Potřebná opatření pro ochranu okolí transformovny před hlukem mohou být odlišná podle toho, jedná-li se o transformovnu

- volně stojící nadzemní (trvalou nebo provizorní),
- podzemní,
- umístěnou do stavební konstrukce domu (do sklepa či jinam).

Potřebná protihluková opatření pro různě situované transformovny jsou uvedena dále.

4.2 Z hlediska ochrany před hlukem je nejvýhodnějším řešením transformovna volně stojící, s větracími otvory vyústěnými na opačnou stranu od objektu nebo území s nárokem na ochranu před hlukem. Nejsou-li však otvory vyústěny na opačnou stranu, musí být vzdálenost r_{min} [m] mezi nimi a tímto objektem nebo územím rovna nejméně

$$r_{min} = 10^{\frac{L_{pAot} - L_{AeqT} - 3 - D_V}{16,5}} + 2 \qquad (8)$$

kde

$L_{pA\,ot}$ [dB(A)] se vypočte vzorcem (3)

$L_{Aeq\,T}$ [dB}A] je nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina akustického tlaku A v chráněném venkovním prostoru (viz *PŘÍLOHA I*, čl. 3)

D_V [dB(A)] vložný útlum tlumiče v otvoru (viz příklady tlumičů v *PŘÍLOZE* II), pro otvor bez tlumiče je $D_V = 0$

4.3 Pokud je nezbytně nutné umístit transformovnu dovnitř domu využívaného k bydlení nebo pobytu osob, musí být situována v místech co nejvzdálenějších nemocničním pokojům, bytům, lehárnám mateřských škol nebo jeslí a podobným objektům s nejvyššími nároky na ochranu před hlukem. Větrací otvory musí být vyústěny co nejdál od oken těchto objektů. Vyústění větracích otvorů do chodby domu je nepřípustné. V panelovém domě je nepřípustné umístění transformovny bezprostředně za stěnou nebo pod podlahou bytu.

5 OPATŘENÍ PRO SNÍŽENÍ HLUKU ŠÍŘENÉHO VZDUCHEM

5.1 Opatření pro snížení hluku uvnitř transformovny

5.1.1 Při snaze o snížení hluku šířeného z transformovny vzduchem (větracími otvory, netěsnostmi okolo dveří a pod.) se musí nejprve technicky a ekonomicky prověřit možnosti snížení hluku v transformovně. Zejména se musí ověřit, jestli je možno :

a) do transformovny instalovat nový olejový transformátor a nikoliv transformátor vzduchový, což přinese snížení maximální hladiny $L_{pA\ max}$ akustického tlaku A uvnitř transformovny až o 20 dB(A).

POZNÁMKA U volně stojících transformoven toto někdy stačí jako jediné protihlukové opatření, které zabezpečí, že hluk z větracích otvorů nepřekročí ve vzdálenosti 2 m od transformovny hladinu 35 dB(A) a bude tak ve většině lokalit hygienicky přípustný. I přesto je to však třeba ověřit výpočtem podle této normy.

b) co nejvíce omezit počet rezonancí v transformovně vhodnou volbou jejích rozměrů a vhodným umístěním transformátoru.

5.1.2 Všem rezonancím hluku transformátoru v transformovně není možno nikdy zabránit, musí se však prověřit možnost potlačit nejnebezpečnější z nich, rezonance axiální, vznikající mezi dvěma protilehlými rovnoběžnými stěnami nebo mezi podlahou a rovným stropem. Tyto rezonance nevzniknou v transformovnách, jejichž protilehlé stěny nejsou rovnoběžné a strop je klenutý, nebo jejichž výška, šířka a délka jsou vybrány z této doporučené řady rozměrů :

2,20; 3,00; 4,00; 4,70; 5,70; 6,40; 7,40; 8,20; 9,00; 9,70; 10,00; ….. metru.

Naopak je nutno se vyhýbat těmto z hlediska rezonance nebezpečným rozměrům :

1,70; 2,60; 3,50; 4,30; 5,20; 6,00; 7,80; 8,60; 9,50;…. metru

5.1.3 V transformovně s rozměry bránícími axiálním rezonancím podle čl. 5.1.2 se doporučuje vhodným umístěním transformátoru omezit i počet rezonancí ostatních (tangenciálních a šikmých). Nejméně vhodné je umístění v rohu transformovny. Umístění uprostřed u některé ze stěn transformovny snižuje počet rezonancí až na polovinu, umístění uprostřed podlahy až na čtvrtinu. Snížení počtu rezonancí má vliv na snížení nejvyšší hladiny akustického tlaku A v transformovně (viz čl. 3.1.4)

5.1.4 Snižovat hluk uvnitř transformovny pomocí akustických obkladů stěn a stropu se nedoporučuje. Na přenos hluku stavebním pláštěm nemá pohltivé obložení téměř žádný vliv, hluk z větracího otvoru se účinněji a s menšími náklady sníží tlumičem hluku.

5.2 Snížení hluku šířeného větracími otvory

5.2.1 Jestliže hladina $L_{pA\,r}$ dle vzorce (4) není nejméně o 10 dB(A) nižší než nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina akustického tlaku A v chráněném venkovním prostoru (viz *PŘÍLOHA I*), větrací otvor transformovny se musí osadit dostatečně účinným tlumičem hluku.

5.2.2 Tlumiče hluku do větracího otvoru mohou fungovat na principu reflexe hluku, absorpce hluku nebo jako jejich kombinace.

5.2.3 Pro tlumení hluku z transformoven osazených transformátory bez nuceného chlazení, je nejúčinnější reflexní tlumič hluku magnetostrikce („hluché koleno“) dle obrázku č. 1 v *PŘÍLOZE II.* Jeho tvar a rozměry jsou velmi vhodné pro tlumení větracích otvorů transformoven podzemních a ve sklepích, je však výhodné použít ho i v ostatních typech transformoven, pokud to prostorové uspořádání dovolí.

5.2.4 Absorpční tlumič je účinný ve vyšších frekvencích. Plocha otvoru musí být oproti vypočtenému větracímu průřezu zvětšena o průřez vyplněný absorpčním materiálem tlumiče. Příklad : Absorpční tlumič s vložným útlumem 10 dB(A) je dlouhý aspoň 1 metr a pro své osazení potřebuje otvor dvakrát větší než vypočtený větrací průřez. (Viz *PŘÍLOHU II,* obr. č .3).

5.3 Snížení hluku šířeného dveřmi

5.3.1 Ve dveřích z transformovny do chráněného venkovního prostoru může být zřízen větrací otvor jen tehdy, je-li početně prokázáno, že hladina hluku šířená tímto otvorem z transformovny (viz č. 3.2.1.2) je nejméně o 10 dB(A) nižší než nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina akustického tlaku A v chráněném venkovním prostoru (viz *PŘÍLOHA I*). Nelze-li toto prokázat, větrací otvor ve dveřích nesmí být zřízen.

5.3.2 Dveře z transformovny do suterénních prostorů domu oddělených od chodeb domu plnými dveřmi, musí být plné.

5.3.2 Dveře z transformovny do chodeb obytného domu musí být plné dvojité nebo zdvojené, z ocelového plechu tloušťky nejméně 1 mm, dostatečně těsné ve styku s veřejemi a prahem (viz *PŘÍLOHA II, obr. 1)*.

5.4. Snížení hluku šířeného vzduchem přes stěny

5.4.1 Jestliže se do chráněného venkovního prostoru přes stěnu šíří hluk, jehož hladina $L_{pA\,r}$ (viz vzorec 6), nebo se do chráněného vnitřního prostoru stavby přes stěnu šíří hluk, jehož hladina $L_{pA\ max\ int}$ (viz vzorec 7) není nejméně o 10 dB(A) nižší, než přípustná nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina akustického tlaku A (viz *PŘÍLOHA I*), stěna se musí zvukoizolačně zesílit. Stejně tak se musí zvukoizolačně zesílit stěny adaptovaných objektů v domech, kde byl nedostatečný stupeň vzduchové neprůzvučnosti zjištěn měřením (viz čl.3.2.2.4).

5.4.2 Jednoduchá původní stěna se zvukoizolačně zesiluje doplněním na stěnu složenou nebo dvojitou. Mezi původní a přidanou stěnou musí být oddělující vzduchová mezera o šířce 0,05 až 0,2 metru. Konstrukce bez této mezery nejsou přípustné (jsou neúčinné). Ohybové tuhosti původní a přidané stěny se musí výrazně lišit. Tvrdé mechanické spoje mezi jednotlivými stěnami snižují zvukoizolační efekt a musí se jim bránit (např. měkkými podložkami a pružnými podložkami mezi podlahou a stropem). Štěrbiny a mezery v přidané stěně jsou nepřípustné. Při dodržení uvedených zásad lze takto přidanou stěnou z běžných stavebních materiálů snížit z transformovny pronikající hladinu akustického tlaku A až o 10 dB(A).

5.4.3 Požární odolnost zvukoizolačně zesílené stěny musí odpovídat předepsanému stupni požární bezpečnosti objektu transformovny.

5.5 Snížení hluku šířeného stropem

5.5.1 V případech, kdy hodnoty $L_{pA\ max\ int}$ (7) nejsou nejméně o 10 dB(A) nižší než přípustná ekvivalentní hladina akustického tlaku A (viz *PŘÍLOHA I*) v uvažovaném místě, strop se musí zvukoizolačně zesílit. Stejně tak se musí zvukoizolačně zesílit strop adaptovaných objektů v domech, kde byl nedostatečný stupeň vzduchové neprůzvučnosti zjištěn měřením (viz čl.3.2.2.4).

5.5.2 Zlepšení izolačních vlastností stropu transformovny se dá dosáhnout zhotovením podhledu z ohybově měkčího materiálu, než z jakého je konstruován strop původní. Podhledy z materiálu stejně ohybově tuhého jako materiál stropu původního jsou málo účinné. Aby se bránilo vazbě stojatým vlněním mezi původním stropem a podhledem, má se mezera mezi nimi přednostně volit z rozměrové řady

0,20; 0,26; 0,31; 0,37 metru

V mezeře má být umístěna nejméně 5 cm silná vrstva akusticky pohltivého materiálu. Optimální nosná konstrukce pro podhled je závěs dráty nebo táhly na původní strop. Je-li původní strop nedostatečně únosný, nosná konstrukce se může zachytit do obvodových zdí. Všechny spáry a mezery v podhledu musí být dokonale utěsněny (omítkou nebo jiným spolehlivým způsobem). Takto konstruovaný podhled může zvýšit stupeň neprůzvučnosti původního stropu až o 12 dB(A).

5.5.3 Požární odolnost stropu se zvukoizolačním podhledem musí odpovídat předepsanému stupni požární bezpečnosti objektu transformovny.

6. OPATŘENÍ PRO SNÍŽENÍ HLUKU, ŠÍŘENÉHO DO STAVEBNÍ KONSTRUKCE TVRDÝM MECHANICKÝM SPOJEM

Tvrdý mechanický spoj transformátoru se stavební konstrukcí transformovny je nejnebezpečnější cestou přenosu hluku z transformovny do sousedících nebo i nesousedících prostorů. Tímto spojem se přenese nepřípustný hluk i do masivní stavební konstrukce, která jinak spolehlivě odolává hluku šířenému z transformátoru vzduchem. Tvrdým spojem může být prosté uložení transformátoru na podlahu, spoj vývodů transformátoru s izolátory tvrdě uchycenými ve stavební konstrukci nebo uzemnění transformátoru.

6.1 Snížení hluku šířeného přes uložení transformátoru

6.1.1 V transformovně uvnitř domu využívaného k bydlení nebo pobytu osob se transformátor musí na podlahu vždy uložit pružně, a to i tehdy, je-li vlastní podlaha pružně oddělena od stavební konstrukce. Nejvhodnějším způsobem je uložení na pružné pryžové členy (viz *PŘÍLOHA II,* obr. č. 5). Není vhodné použít kovové pružiny ani korek. Doporučuje se pružně ukládat i transformátory v transformovnách volně stojících.

6.1.2 Pružné uložení transformátoru stačí obvykle provést jako jednohmotnostní, kdy transformátor je pružně uložen na pevný základ. Toto opatření obvykle vyhovuje. Pouze tam, kde se musí dbát zvýšené opatrnosti při ochraně okolí transformovny před hlukem (např. v panelovém domě) se transformátor

musí pružně uložit dvouhmotnostním uložením, kdy transformátor je pružně uložen na hmotu pružně uloženou na pevný základ.

6.1.3 Součet tuhostí k_i [N/m] jednotlivých pružných členů při jednohmotnostním pružném uložení musí číselně vyhovovat vztahu

$$\sum_{i=1}^{n} k_i \leq 4000 \cdot m \qquad (9)$$

kde

m [kg]	hmotnost uloženého transformátoru
n	počet pružných členů v uložení (obvykle 4)

6.1.4 Při dvouhmotnostním uložení musí pružně uložená hmota m_2, na kterou je pružně uložen transformátor, mít velikost v mezích

$$0{,}5 \cdot m_1 < m_2 < 2 \cdot m_1 \qquad (10)$$

kde

m_1 [kg]	hmotnost uloženého transformátoru
m_2 [kg]	pružně uložená hmota pod transformátorem

Součet tuhostí $\sum_{i=1}^{n} k_{1i}$ [N/m] pružných členů pro uložení transformátoru na pružně uloženou hmotu musí vyhovovat vztahu (9).

Součet tuhostí $\sum_{i=1}^{n} k_{2i}$ [N/m] pružných členů pro uložení pružně uložené hmoty pod transformátorem na pevný základ musí vyhovovat vztahu

$$\sum_{i=1}^{n} k_{2i} \leq \frac{m_1 + m_2}{m_1} \cdot \sum_{i=1}^{n} k_{1i}$$

6.1.5 Pokud je v transformovně instalováno soustrojí ventilátoru nuceného chlazení, musí být pružně uloženo na pryžové členy podle údajů, dodaných výrobcem soustrojí.

6.2 Zrušení přenosu hluku přes vývody transformátoru a přes uzemnění

6.2.1 Vývody nn transformátoru nesmí být se stavební konstrukcí transformovny spojeny natvrdo (např. přes izolátor). Vhodné je tyto přípoje řešit jako kabelové, uložené některým z obvyklých způsobů.

6.2.2 Do vn přívodů a do uzemnění transformátoru se umisťují měkké spojky z plochého měděného vodiče, (spleteného z drátků, nebo svazku zhotoveného z tenkých plechů).

PŘÍLOHA I

NEJVYŠŠÍ PŘÍPUSTNÉ HODNOTY HLUKU TRANSFORMÁTORU V CHRÁNĚNÉM VENKOVNÍM PROSTORU, V CHRÁNĚNÝCH VNITŘNÍCH PROSTORECH STAVEB A V CHRÁNĚNÝCH VENKOVNÍCH PROSTORECH STAVEB

1. Nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina akustického tlaku A [dB(A)] v chráněném prostoru se pro druh chráněného prostoru, povahu hluku a denní dobu určí z § 11 a § 12 a z píloh č. 5 a č.6 Nařízení vlády č.502/2000 ve znění pozdějších předpisů. Následující hodnoty jsou získány z uvedených příloh a jsou aplikovány na hluk transformátoru (vzduchového nebo olejového), který je ustálený, má tónovou povahu a v transformovně je provozován nepřetržitě (ve dne i v noci).

2. **Chráněné vnitřní prostory staveb**

   V chráněných vnitřních prostorech staveb nesmí maximální hladina $L_{pA\ max\ int}$ [dB(A)] akustického tlaku A překračovat tyto hodnoty :

Druh chráněné místnosti	**Maximální dovolená hladina $L_{pA\ max\ int}$ akustického tlaku A [dB(A)]**
Nemocniční pokoje	25
Lékařské vyšetřovny, ordinace	35
Operační sály	35
Obytné místnosti i, hotelové pokoje	25
Přednáškové síně, učebny a ostatní místnosti škol, předškolních zařízení a školských zařízení, koncertní síně, kulturní střediska	45
Čekárny, vestibuly veřejných úřadoven a kulturních zařízení, kavárny, restaurace 0	50
Prodejny, sportovní haly	55

Pro jiné prostory, v tabulce neuvedené, platí hodnoty pro prostory funkčně obdobné. Nechráněné místnosti staveb jsou skladovací a komunikační prostory, sociální příslušenství, (záchody, koupelny, komory, domácí dílny), šatny, archivy, haly a vestibuly dopravních staveb a další obdobné.

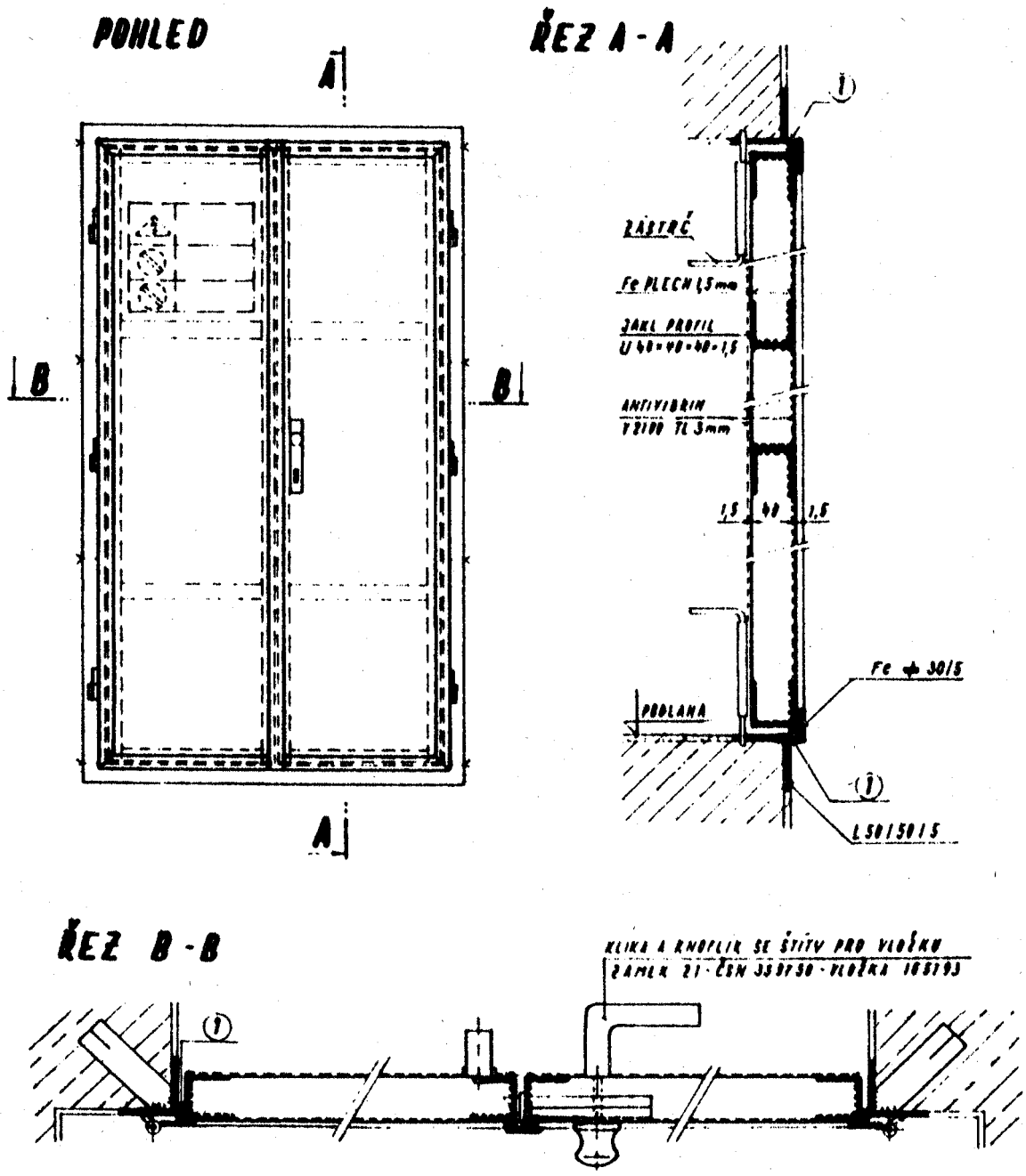
3. Chráněný venkovní prostor a chráněné venkovní prostory staveb

V chráněném venkovním prostoru a v chráněných venkovních prostorech staveb nesmí hladina $L_{pA\,r}$ [dB(A)] akustického tlaku A šířená z transformovny (vzorce (4) a (6)) překročit uvedené nejvyšší dovolené ekvivalentní hladiny $L_{Aeq\,T}$ [dB(A)] akustického tlaku A :

Způsob využití území	**Nejvyšší dovolená ekvivalentní hladina $L_{Aeq\,T}$ akustického tlaku A [dB(A)]**
Chráněné venkovní prostory staveb nemocnic a staveb lázní	30
Chráněný venkovní prostor nemocnic a lázní	35
Chráněné venkovní prostory ostatních staveb a chráněné ostatní venkovní prostory	35

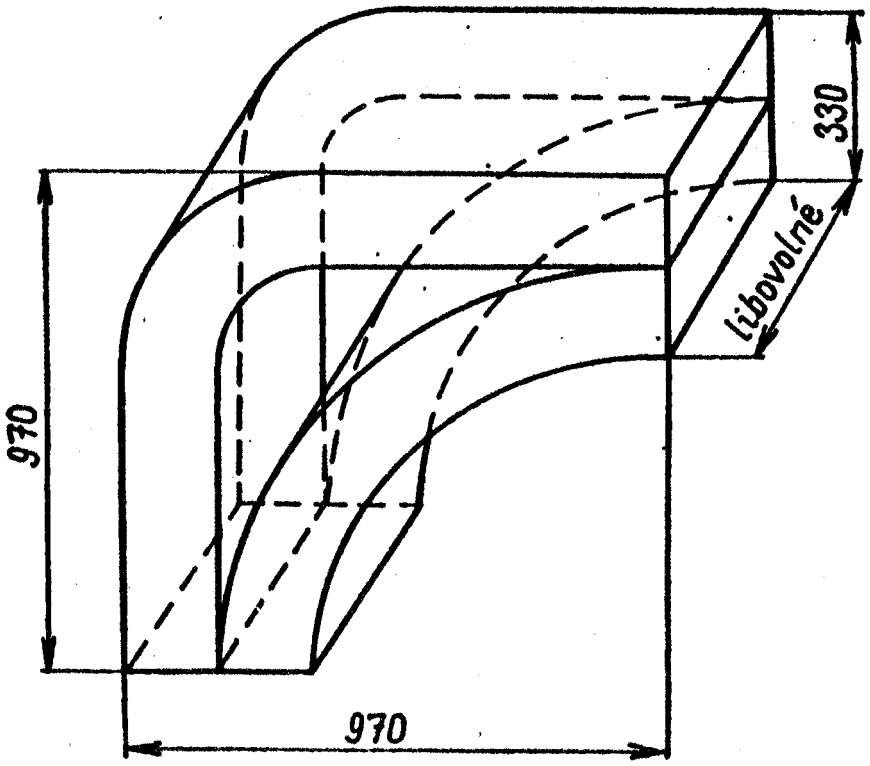
PŘÍLOHA II

Příklady

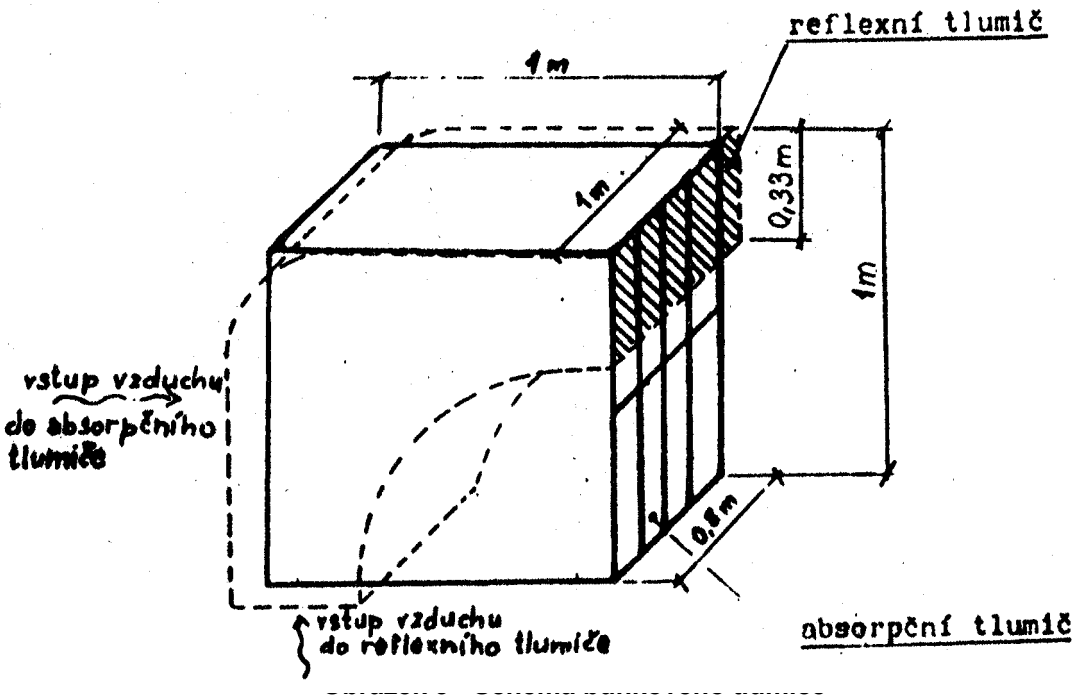


① - Obdélníková mikroporézní pryž 615/5 - nalepit na lemovací lištu Alkaprénem
Stupeň neprůzvučnosti dveří R_o = cca 25 dB

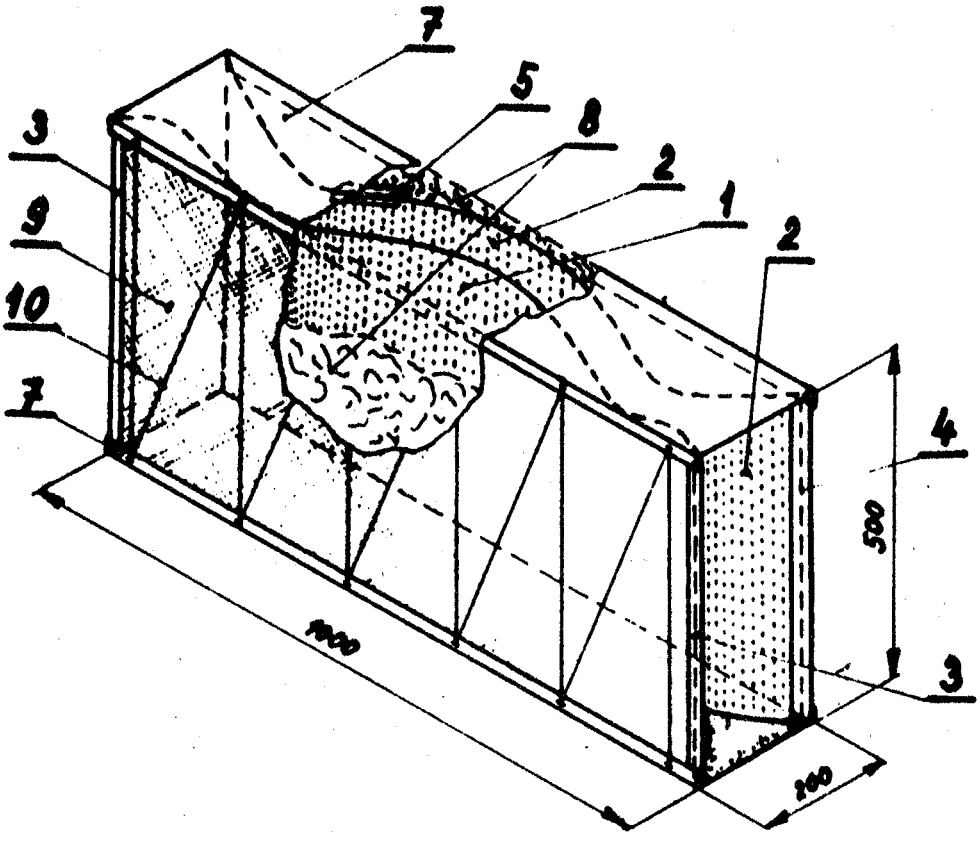
Obrázek 1 - Dvojité dveře se zvýšenou neprůzvučností



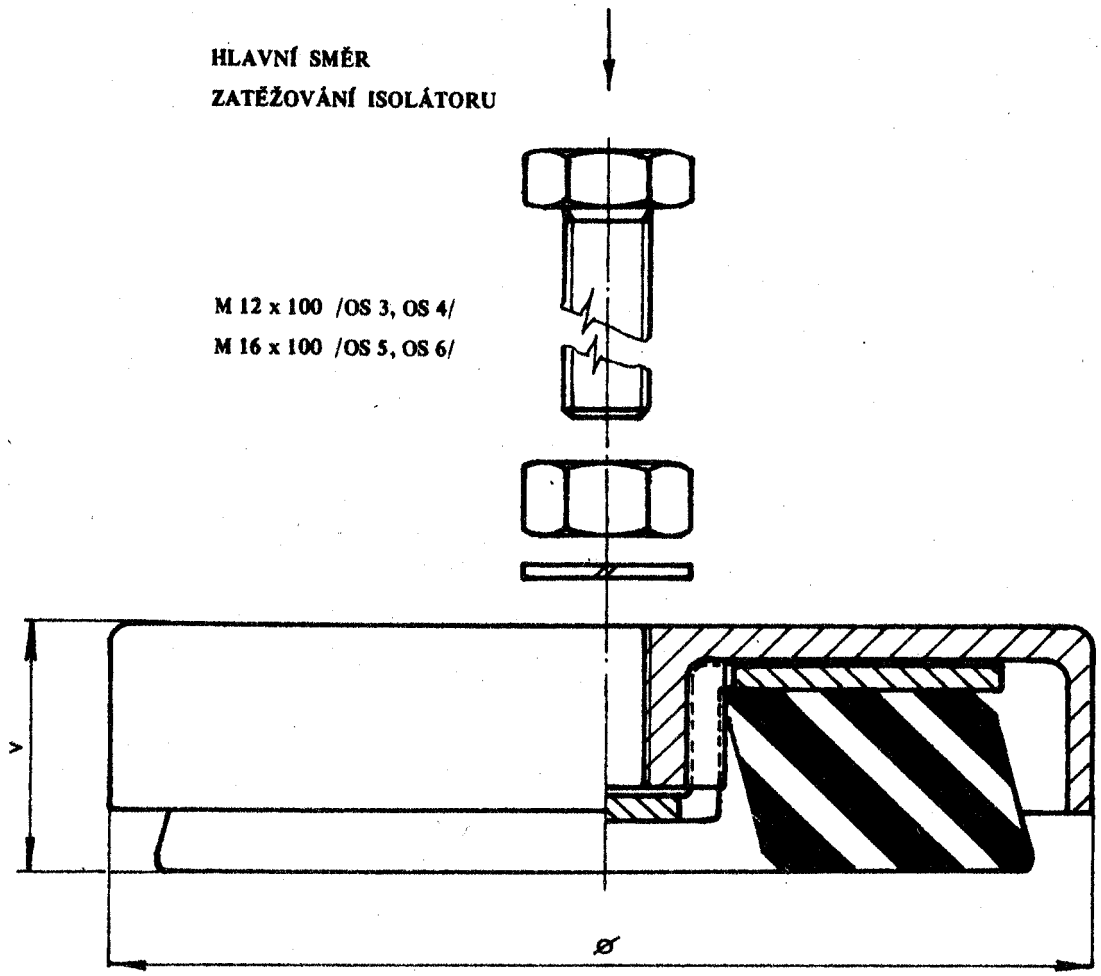
Obrázek 2 - Reflexní tlumič hluku magnetostrikce



Obrázek 3 - Absorpční buňkový tlumič hluku



Obrázek 4 - Schéma buňkového tlumiče hluku



Typ isolátoru	Rozměr [mm]		Pryž	Deformace [mm]	Tuhost [kNm^{-1}]		Únosnost [N]	Hmotnost [kg]
	Ø	V			Cy	Cx Cz	Py	
OS 3	140	50	42 – 161	2,8	5 000	1 100	5 000	2,75
OS 4	160	50		2,6	7 000	1 500	8 000	3,22
OS 5	190	50		2,4	9 000	1 800	12 000	4,36
OS 6	205	50		1,8	11 000	2 200	15 000	5,64

Údaje tuhosti a deformace jsou informativní.
Údaje dynamické tuhosti jsou při frekvenci 16,6 Hz a amplitudě odpovídající 10 % statické deformace.
Ø - průměr isolátoru
V - výška isolátoru

Obrázek 5 – Příklad izolátoru chvění

PŘÍLOHA III

PŘÍKLAD VÝPOČTU EMISE HLUKU Z TRANSFORMOVNY

Následující příklad může sloužit jako vzor výpočtu emise hluku jak z transformovny volně stojící, tak z transformovny umístěné uvnitř obytného domu nebo v podzemí. Podmínkou výpočtu je znalost hladiny akustického výkonu každého transformátoru v transformovně instalovaného. Nový transformátor dodávaný bez tohoto údaje by neměl kupující převzít.

Výchozí údaje

Vnitřní rozměry transformovny : Půdorys 4,8 × 6,8 m, výška 3,4 m. Vnitřní objem V= 111m^3.

Provedení stěn **:** Stěny z plných cihel, tloušťka 0,19 m, oboustranně omítnuté. Plošná hmotnost σ = 300 kg/m^2

Provedení stropu **:** Betonové stropnice, plošná hmotnost σ = 350 kg/m^2

Provedení dveří: Plné, ocelový plech tloušťky 2 mm, plošná hmotnost σ = 16 kg/m^2.
Rozměry 1,45 x 2,50 m

Větrací otvory : Dva vstupní otvory jsou zřízeny v kratší stěně, každý o průřezu 1,25 × 0,40 m. Dva výstupní otvory jsou zřízeny v kratší stěně nade dveřmi, každý o průřezu 1,25 × 0,40 m

Instalované transformátory :Dva starší vzduchové transformátory 22/0,4 kV, 630 kVA. Podle katalogu výrobce je hladina L_{PA} akustického výkonu A každého z nich 67 dB(PA). Jeden transformátor je umístěn v rohu transformovny (jeho akustický výkon se proto do vzorce dosazuje zvětšený o 3 dB), druhý uprostřed u stěny

Výpočet emise hluku

1. Maximální hladina $L_{pA\ max}$ [dB(A)] akustického tlaku A v transformovně

Musí se předpokládat současný provoz obou transformátorů. Součtová maximální hladina $L_{pA\ max}$ akustického tlaku A uvnitř transformovny při takovém provozu je dána vzorcem (2) :

$$L_{pA\ max} = 26 + 20 \cdot \log \left(10^{\frac{L_{pd}}{20}} + 10^{\frac{L_{PA2}}{20}} \right) - 13 \cdot \log V =$$

$$= 26 + 20 \cdot \log \left(10^{\frac{67+3}{20}} + 10^{\frac{67}{20}}\right) - 13 \cdot \log 111 = 26 + 20 \cdot \log 5401 - 13 \cdot \log 111 =$$

$$= 26 + 75 - 27 = 74 \text{ dB(A)}$$

2. Emise hluku z větracích otvorů

Hladina $L_{pA\ ot}$ [dB(A)] akustického tlaku A ve vzdálenosti 0,5 m vně kratší stěny s větracími otvory (vstupními nebo výstupními) je dána vzorcem (3) :

$$L_{pA\ ot} = L_{pA\ max} - 7 \cdot \log V + 10 \cdot \log A_{ot} + 5 =$$

$$= 74 - 7 \cdot \log 111 + 10 \cdot \log (2 \times 1{,}25 \times 0{,}4) + 5 = 74 - 14 + 0 + 5 = 65 \text{ dB}$$

3. Emise hluku ze stavebního pláště

3.1 Emise ze stěny bez vzduchových otvorů

Stupeň R vzduchové neprůzvučnosti stěny je dán vzorcem (5)

$$R = 18 \,.\, \log\sigma = 18\cdot.\ \log 300 = 45 \text{ dB}$$

Ve volném, nestíněném okolí volně stojící transformovny je úroveň akustického tlaku, $L_{pA\,r}$ [dB(A)], do vzdálenosti r = 2 m od transformovny rovna, podle vztahu (6

$L_{pA\,r} = L_{pA\ max} - R + 8{,}2\cdot.\ \log S - 16{,}5\ .\ \log r - 7 =$
$= 74 - 45 + 8{,}2\cdot.\ \log (3{,}4\times 6{,}8) - 16{,}5\ .\ \log 2 - 7 =$
$= 74 - 45 + 11 - 5 - 7 = 28$ dB(A)

3.2 Emise přes dveře

Stupeň R vzduchové neprůzvučnosti dveří (za předpokladu dobrého utěsnění spár u veřejí a prahu) je dán vzorcem (5) :

$$R = 18 \,.\, \log \quad \sigma = 18\cdot.\ \log 16 = 22 \text{ dB}$$

Hladina $L_{pA\,r}$ [dB(A)] akustického tlaku A, přenášeného dveřmi do vzdálenosti r = 2 m ve volném nestísněném venkovním okolí, je dána vzorcem (6) :

$L_{pA\,r} = L_{pA\ max} - R + 8{,}2\cdot \log S - 16{,}5\ .\ \log r - 7 =$
$= 74 - 22 + 8{,}2\cdot \log (1{,}45\times 2{,}50) - 16{,}5\ .\ \log 2 - 7 =$
$= 74 - 22 + 5 - 5 - 7 = 45$ dB(A)

3.3 Emise přes střechu

Stupeň R vzduchové neprůzvučnosti střechy je dán vzorcem (5) :

$$R = 18 \,.\, \log\ \sigma = 18\cdot.\ \log 350 = 46 \text{ dB}$$

Hladina $L_{pA\,r}$ [dB(A)] akustického tlaku A, přenášeného nad střechu do vzdálenosti r = 2 m ve volném nestísněném venkovním okolí, je dána vzorcem (6) :

$L_{pA\,r} = L_{pA\ max} - R + 8{,}2\cdot.\ \log S - 16{,}5\ .\ \log r - 7 =$
$= 74 - 46 + 8{,}2\cdot.\ \log (4{,}8\times 6{,}8) - 16{,}5\ .\ \log 2 - 7 =$
$= 74 - 46 + 12 - 5 - 7 = 28$ dB(A)

4. Zhodnocení výsledků výpočtu

Největší emise hluku z transformovny je z větracích otvorů. Pokud otvory nebudou osazeny tlumičem hluku, musí být od nejbližších obytných staveb (kde nejvyšší přípustná ekvivalentní hladina $L_{Aeq\,T}$ akustického tlaku A je 40 dB, viz *PŘÍLOHU I, čl.3.* vzdálena nejméně (vzorec (8)) :

$$r_{min} = 10^{\frac{L_{pAot} - L_{AeqT} - 3}{16{,}5}} + 2 \qquad = 10^{\frac{65 - 40 - 3}{16{,}5}} + 2 = 21{,}5 + 2 = 23{,}5 \text{ m}$$

Na malých dvorech , v ulicích a všude tam, kde ve volném prostoru nelze toto r_{min} zajistit, větrací otvory musí být osazeny vhodnými a dostatečně účinnými tlumiči hluku (viz č. 5.2.1 až 5.2.3).

Emisi z ostatních prvků stavebního pláště lze proti emisi z větracích otvorů zanedbat. Pokud se však větrací otvory nad dveřmi transformovny osadí tlumiči hluku, je účelné použít dveře dvojité.