

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

Katedra elektroenergetiky a ekologie

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Nulový dům – šance nebo hrozba energetické
budoucnosti rodinných sídel**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Karolína KOPSOVÁ**
Osobní číslo: **E17N0009K**
Studijní program: **N2644 Aplikovaná elektrotechnika**
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**
Název tématu: **Nulový dům - šance nebo hrozba energetické budoucnosti rodinných sídel**
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Charakterizujte pasivní, aktivní a nulový dům z hlediska bilančního energetického hodnocení a kvality obálky budovy.

1. Navrhněte pro (END) možné formy vytápění.
2. Pro daný (END) vypracujte projekt připojení k distribuční síti. Dimenzujte kabel dle ČSN IEC a SICHER.
3. Pro daný (END) vypracujte projekt inteligentní elektro-instalace s využitím moderních technologií.
4. Porovnejte finanční náročnost sídel nízkoenergetických, pasivních a nulových (END).

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah kvalifikační práce: **40 - 60 stran**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.
2. ČSN IEC, katalogové listy, www stránky.


Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Zbyněk Martínek, CSc.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **5. října 2018**

Termín odevzdání diplomové práce: **30. května 2019**


Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 5. října 2018

Abstrakt

Diplomová práce je zaměřená na Nulový dům. Cílem práce je vysvětlit co vlastně Nulový dům je, jak ho vytápět a jak zajistit aby byl „nulový“. Rovněž se budu zabývat připojením tohoto domu k síti, či jak správně dimenzovat přípojku. Dalším bodem je návrh inteligentní elektroinstalace a poté celkové shrnutí finančních nákladů výše uvedených aspektů.

Klíčová slova

Nulový dům, vytápění, SICHR, elektroinstalace, pasivní domy, nízkoenergetické domy

Abstract

This Diploma thesis is focused on Zero house. The goal of the thesis is to explain what Zero House is, how to heat it and how to make it “zero”. I will also deal with connecting this house to the network and how to properly dimension the connection. The next point is the design of the intelligent electrical installation. Then the summary of financial costs of all aspects.

Keywords

Zero house, rating, SICHR, electrical installation, Passive houses, low energy houses

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 24.5.2019

Karolína Kopsová

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu práce doc. Ing. Zbyňkovi Martínkovi, CSc. za cenné rady, připomínky, které mě nutily se nad problémem více zamyslet. A především za nekonečné množství energie, které člověk potřeboval, když se při psaní občas dostal do slepé uličky.

Dále bych velice ráda poděkovala mé rodině, které nikdy nemohu vynahradit trpělivost, kterou se mnou měli po celou dobu mého studia.

Samozřejmě děkuji i svému příteli, který věnoval mnoho energie do podpory mojí osoby pokaždé, když ne vše šlo tak, jak by mělo.

Obsah

Seznam symbolů a zkratek	11
Úvod	13
1. Pasivní dům	15
1.1. Proč je dobré vědět, co je vlastně pasivní dům.....	15
1.2. Nízkoenergetický, pasivní, nulový	15
1.3. Pasivní dům.....	16
1.4. Návrh pasivního domu.....	18
1.4.1. Konstrukce.....	18
1.4.2. Okna	19
1.4.3. Kvalita prostředí	20
1.4.4. Blower door test	20
1.4.5. Rekuperační jednotka	20
1.5. Shrnutí.....	21
2. Pasivní prvky	23
2.1. Možné formy vytápění.....	23
2.1.1. Solární panely	23
2.1.2. Tepelná čerpadla.....	24
2.1.3. Kotle elektrické, plynové, alternativní	25
2.2. Fotovoltaické kolektory	26
2.2.1. Emisní faktor	27
2.2.2. Recyklace a životnost	27
3. Připojení k distribuční síti	28
3.1. Zatížení	28

3.2.	Dimenzování kabelů	28
3.3.	Úbytek napětí	29
3.4.	Zkratové poměry	30
3.4.1.	Síťový napáječ	31
3.4.2.	Transformátor	32
3.4.3.	Kabel č. 1 1-AYKY 3x240+120.....	32
3.4.1.	Kabel č. 1 2-AYKY 3x120+70.....	33
3.4.2.	Kabel č. 3 1-AYKY 4x16	33
3.4.3.	Kabel č. 4 CYKY 4Bx16.....	33
3.4.4.	Celková impedance zkratové smyčky	34
3.4.5.	Třífázový souměrný zkratový proud	34
3.4.6.	Ekvivalentní oteplovací proud.....	34
3.4.7.	Podmínka minimálního průřezu kabelu.....	34
3.5.	Sichr	35
4.	Inteligentní elektroinstalace s využitím moderních technologií.....	36
4.1.	Projekt elektroinstalace	36
4.2.	Rozsah projektu	36
4.3.	Základní údaje.....	36
4.4.	Bezpečnost práce	37
4.5.	Technický popis	37
4.6.	Hromosvod a uzemnění	38
4.7.	Výpis hlavního materiálu.....	38
4.8.	Výkresy.....	40
4.9.	Inteligentní elektroinstalace	40
4.9.1.	Úspory	40

4.9.2.	Instalace	41
5.	Finanční náročnost sídel nízkoenergetických, pasivních a nulových.....	43
5.1.	Dimenzování výkonu fotovoltaických panelů	43
5.1.1.	Fungování elektrické soustavy	45
5.1.2.	Šance nebo hrozba	46
5.2.	Náklady.....	48
5.3.	„Pasivní“ úspory	48
5.3.1.	Vytápění	49
5.3.2.	Elektřina	49
5.3.3.	Celkové úspory.....	50
	Závěr.....	51
	Seznam literatury a informačních zdrojů.....	53
	Seznam příloh.....	58

Seznam symbolů a zkratek

A	počáteční hodnota stejnosměrné složky
c (-)	napěťový součinitel, který je pro $V_N=1,1$
c_0 (J/cm ³ /°C)	specifické teplo při 0°C
DDZ	denní diagram zatížení
E_v (kWh/(m ² a))	měrná potřeba tepla na vytápění
F	místo zkratu
FVE	fotovoltaická elektrárna
G (W/m ²)	součinitel prostupu tepla
I'_{k} (A)	počáteční souměrný rázový zkratový proud (efektivní hodnoty)
I'_{kE} (A)	ekvivalentní oteplovací proud
I'_{kQ} (A)	počáteční souměrný rázový zkratový proud v bodě připojení napáječe $Q=I'_{k}$
I_N (A)	jmenovitá proudová zatížitelnost
I_n (A)	jmenovitý proud
i_p (A)	nárazový zkratový proud
I_T	jmenovitý proud
K	třífázový zkrat
k	koeficient respektující teplotu před zkratem, po zkratu a fyzikální vlastnosti vodiče
k_1	kabel v zemi
k_2	kabel uložen při základní teplotě
k_E	součinitel ekvivalentního oteplovacího proudu
KJ	Kogenerační jednotka
l (m)	délka kabelu
L	vedení
N_{50} (1/h)	Intenzita výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa (1/h)
ND	Nulový dům
NED	Nízkoenergetický dům
NN	nízké napětí
NZÚ	nová zelená úsporám
PD	Pasivní dům
P_i (kW)	Instalovaný výkon
P_k, P_{krT} (W)	jmenovité ztráty transformátoru nakrátko
PVE	přečerpávací vodní elektrárna
P_β (kW)	Soudobý výkon
Q	bod připojení nadřazené soustavy
R (Ω /m)	činná rezistence na jednotku délky

$R_{1,2,3,4}$ (Ω)	rezistence vedení
R_T (Ω)	rezistance transformátoru
S (mm^2)	průřez vodiče
S_k (kVA)	rázový zkratový výkon
S_{\min} (mm^2)	minimální průřez vodiče
S_r, S_{rT} (kVA)	jmenovitý zdánlivý výkon transformátoru
SS	stejnoseměrný
STA	společná televizní anténa
T, TR	transformátor
t_k ($\text{As}^{-1/2}\text{mm}^{-2}$)	doba trvání zkratu
t_r (-)	jmenovitý převod transformátoru, při kterém se přepínač odboček nachází v základní poloze; $t_r \geq 1$
TUV	teplá užitková voda
U, U_w ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)	součinitel prostupu tepla
U_1 (V)	primární napětí transformátoru
U_2 (V)	sekundární napětí transformátoru
u_k, u_{kr} (%)	jmenovité napětí nakrátko transformátoru v %
U_n (V)	jmenovité napětí
U_{nQ} (V)	jmenovité napětí soustavy v bodě připojení napáječe Q
u_{Rr} (%)	činná složka jmenovitého napětí nakrátko transformátoru v %
U_{rT} (V)	jmenovité napětí transformátoru na straně nižšího napětí
U_s (V)	sdužené napětí
UT ($\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$)	součinitel prostupu tepla
V (m^3)	objem
V_{50} (m^3/h)	objemový tok při tlakovém rozdílu 50 Pa
VN	vysoké napětí
X (Ω/m)	reaktance na jednotku délky
$X_{1,2,3,4}$ (Ω)	reaktance vedení
X_T (Ω)	reaktance transformátoru
Z_{Qt} (Ω)	sousledná ekvivalentní zkratová impedance
Z_T (Ω)	sousledná zkratová impedance dvouvinutových transformátorů
$\cos\varphi$	účinník
β (-)	soudobost běhu spotřebičů
γ_{Cu} (S/mm^2)	konduktivita mědi
ΔU_{\max}	maximální úbytek napětí
ϑ ($^{\circ}\text{C}$)	fiktivní teplota Cu vodiče
ϑ_1 ($^{\circ}\text{C}$)	maximální dovolená teplota jádra při normálním provozu
ϑ_K ($^{\circ}\text{C}$)	kritická teplota jádra
ρ_{20} ($\mu\Omega\text{m}$)	měrný odpor

Úvod

Stále zvyšující se náklady na fungování domácnosti v době, kdy v bytě či domě vše běží na elektřinu, plyn či jiná paliva, nás nutí zamyslet se nad novými způsoby, jak proti těmto nárůstům bojovat. Nulový dům sice není návod, jak minimalizovat investici, ale jak minimalizovat ztráty, které normální domy mají v průběhu celého roku. Nulový dům je způsob jak správně byť dražší investici zužitkovat tak, aby se nám vrátila během let, kdy se ceny s největší pravděpodobností budou opět hýbat směrem nahoru.

V první části se chci zaměřit na rozdíly mezi normálním, nízkoenergetickým, pasivním a nulovým domem, a co vše se musí do těchto domů „přidat“, aby splňovaly standardy pro tyto typy domů. Chci uvést spíše základní věci, na které v těchto domech musí být brán ohled, aby se snížila potřeba tepla na vytápění.

V druhé části se již dostanu k pasivním prvkům, které pomohou více snížit ať už tepelnou nebo elektrickou spotřebu. Je podstatné si dobře rozmyslet, jak by měl být dům vytápěn. Někjaké druhy vytápění lze jednoduše doinstalovat do již postaveného domu, ale u jiných je podstatné začít výstavbu současně nebo i před stavbou domu.

Třetí část se zabývá připojením domu k distribuční síti. Výpočty zkratů provedu dle norem a poté porovnáám s hodnotami z programu Sichr. Pokusím se, aby schéma v Sichru co nejvíce odpovídalo realitě místního připojení.

Čtvrtá kapitola se zaměřuje na inteligentní elektroinstalaci s využitím moderních technologií. Nízkoenergetické, pasivní a nulové domy je nutné správně řídit, aby zbytečně nespotřebovaly více energie, než je opravdu nutné. Proto je potřeba upravit elektroinstalaci tak, aby bylo možné řídit většinu činností domu z jednoho místa, nebo dokonce z telefonu.

Pátá a poslední kapitola srovnává finanční náročnost standardního bydlení, oproti nízkoenergetickým, pasivním a nulovým domům. Dále se pokusím spočítat i dobu návratnosti jednotlivých variant, aby bylo zřetelné, že úspory u těchto typů domů opravdu nejsou z dlouhodobého hlediska zanedbatelné.

Už jen název diplomové práce naznačuje, že se částečně bude jednat i o úvahu o tom, co nulový dům může přinést společnosti. Ale ví o takovýchto domech vůbec společnost? Když jsem se zeptala na toto téma přátel, dostalo se mi pouze zvědavých otázek. Mají tedy tyto domy budoucnost, když o nich vlastně nikdo nic neví? Jak se mohou stát šancí či hrozbou?

1. Pasivní dům

1.1. Proč je dobré vědět, co je vlastně pasivní dům

Abychom se dostali k tomu, co je to nulový dům, je podstatné si nejdříve říct, co je to dům pasivní. A proč nás zajímá co je pasivní dům? Protože to zajímá Evropskou unii. Podle Směrnice Evropského parlamentu a rady EU 2010/31/EU je 40% z celkové spotřebované energie v Unii spotřebováno právě budovami. Evropská unie se snaží dlouhodobě snížit emise skleníkových plynů, a proto i spotřebu energií. [1]

Směrnice dává důraz na to, aby nové domy a domy, které se mají renovovat, splňovaly minimální požadavky na energetickou náročnost přizpůsobenou místnímu klimatu. Podmínky, jak toto splnit, si může každý stát unie přizpůsobit dle svých potřeb. Pro obyčejné lidi to ale znamená, že od 1. 1. 2020 každý dům, který se bude stavět, bude muset být nízkoenergetický. [1,2]

Energetická náročnost budov je definována ve Vyhlášce č.78/2013 Sb., kde jsou uvedeny i postupy, jak energetickou náročnost objektu zjistit. Průkaz energetické náročnosti budovy musí být doložen u každé nemovitosti, kterou budete kupovat či prodávat. (Příloha 1 – Průkaz energetické náročnosti budovy) [35]

1.2. Nízkoenergetický, pasivní, nulový

Nízkoenergetický, pasivní i nulový dům jsou založeny na stejném principu. Liší se v potřebě tepla na vytápění a tedy i v pasivních prvcích či alternativních zdrojích energie, nebo alespoň v jejich množství. [3,5]

Nízkoenergetický dům je definován normou ČSN 73 0540-2 jako budova, která má roční plošnou měrnou spotřebu tepla na vytápění menší než 50 kWh/m²rok. Toho můžeme docílit mnoha způsoby, ať už se jedná o využití obnovitelných zdrojů, maximalizace tepelných zisků, či správné umístění objektu do terénu. [3,6]

Pasivní dům má za úkol co nejvíce vylézt z pasivních tepelných zisků. Abychom mohli maximalizovat tepelné zisky, musíme zajistit, aby nám co nejméně tepla unikalo z budovy ven. Pasivní dům musí mít tedy kvalitní izolaci a okna řešená pomocí trojskel. Aby nedocházelo k úniku tepla při větrání, je pasivní dům vybaven větrací jednotkou s rekuperací tepla. [6,12,13]

Nulový dům je v podstatě vylepšený pasivní dům. Aby měl takto nízkou spotřebou tepla, většinou se používá velké množství fotovoltaických panelů. [3,4,5]

Kategorie	Potřeba tepla na vytápění
Starší budovy	často dvojnásobek hodnot pro obvyklé novostavby a více
Obvyklá novostavba (podle aktuálních závazných požadavků)	80 + 140 kWh/m ² .rok v závislosti na faktoru tvaru A/V
Nízkoenergetický dům	≤ 50 kWh/m ² .rok
Pasivní dům	≤ 15 kWh/m ² .rok
Nulový dům	≤ 5 kWh/m ² .rok

Tabulka 1 - Snižování měrné spotřeby tepla na vytápění (převzato z 4)

1.3. Pasivní dům

Pasivní dům je tedy základem pro dům nulový. Pasivní domy se kromě nízké spotřeby energie vyznačují vysokým komfortem bydlení. Díky rekuperaci vzduchu je v těchto domech tepelná pohoda a stále čerstvý vzduch bez nutnosti otevírat okna. [5,6]

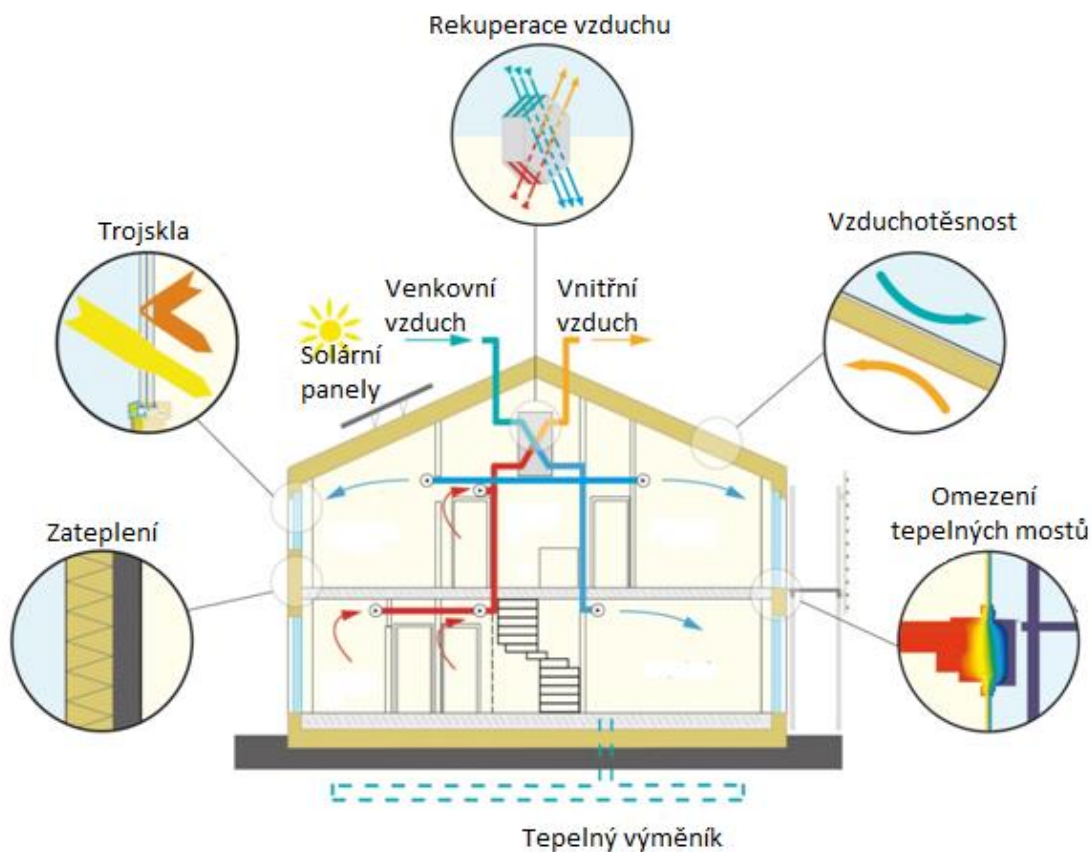
Podmínky, které musí pasivní dům splňovat dle Passive House Institute:

- ✓ Měrná spotřeba tepla na vytápění $E_v \leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ nebo 10 W/m^2 špičkové spotřeby.
- ✓ Celková neprůvzdušnost nesmí přesáhnout 0,6 násobek výměny vzduchu za hodinu při tlaku 50 Pa.

- ✓ Tepelná pohoda v zimě i v létě. V létě nesmí být více než 10% hodin nad 25°C.
- ✓ Celková roční spotřeba primární energie nesmí překročit 60 kW/m²a.

Těchto podmínek jsme schopni dosáhnout, pokud dodržíme pět základních principů pasivního domu:

- ✓ Kvalitní tepelná izolace
- ✓ Trojskla, dobře izolovaný okenní rám
- ✓ Automatická regulace větrání
- ✓ Vzduchotěsná konstrukce
- ✓ Omezení tepelných mostů [6]



Obrázek 1 – Základní principy pasivního domu (převzato z 6)

1.4. Návrh pasivního domu

Jak již bylo uvedeno výše, dům musí splňovat určité podmínky, aby dosáhl pasivních standardů. Kromě těchto podmínek jsou potřeba dodržet mnohé další doporučení, aby pasivní dům opravdu ušetřil co nejvíce energie.

Některé parametry lze jen těžko ovlivnit. Co můžeme ovlivnit jednoduše, je například orientace budovy: Snažíme se o to, aby bylo co nejvíce oken na jižní straně, abychom mohli maximalizovat solární zisky. Jižní strana by neměla být ničím zastíněna, aby panely, ať už solární či fotovoltaické, pracovaly správně. [5,9,10]

Dále se snažíme o co nejmenší plochu obálky budovy. Snažíme se minimalizovat poměr mezi ochlazovanou vnější plochou A a objemem budovy V . Čím menší plocha, tím méně nám utíká tepla. Všechny pokoje, které jsou určeny k obývání, by měly být situovány na jižní stranu (obývací, ložnice, dětské pokoje). Kuchyň, koupelna, technická místnost patří na stranu severní. Musíme zvolit správné množství oken na jižní straně. V případě velkého množství oken, může v létě docházet k přehřívání a v zimě zase k tepelným únikům. [5,9,10]

Co hůře ovlivníme, je klimatická oblast. Při koupi pozemku nejspíše nikdo neřeší průměrnou roční teplotu, kolik je za rok jasných dnů, či jestli je často mlha. Tyto podmínky ale mají zásadní vliv na energetickou náročnost domu. [5,9]

Z hlediska energetické náročnosti nás zajímá například i nadmořská výška, povětrnostní podmínky, hustota okolní zástavby a územní plán. S klesající nadmořskou výškou klesá teplota o $0,65^{\circ}\text{C}/100\text{m}$. Čím více fouká vítr, tím hůře se udržuje teplota uvnitř domu. V případě, že kvůli špatně vybrané lokalitě nebude na solární či fotovoltaické panely svítit slunce, bude se jejich výkon blížit k nule. [10]

1.4.1. Konstrukce

Pasivní dům by měl mít co nejmenší tloušťku zdiva a co nejlepší izolační schopnosti. Tloušťka izolace je mnohdy až dvakrát větší než tloušťka stěn. Součinitel prostupu tepla

u obvodových stěn by měl být 0,10-0,15 W/(m²K). [5,10]

V letních měsících se snažíme, aby se příliš mnoho tepla nedostalo okny do domu. Vhodným přesahem střechy můžeme zamezit přehřívání v létě, kdy nám střecha částečně zakryje okna, naopak v zimě, kdy je slunce níž, bude svítit přímo do oken. Venkovní rolety mohou být ideálním řešením, vzhledem k možnosti jejich elektrického ovládání a u některých typů můžete mít v domě i v pravé poledne tmu. Navíc oproti klasickým žaluziím, pokud se zvolí vhodný design, neničí vzhled domu zvenku ani zevnitř. [5,10]

1.4.2. Okna

Okna jsou nejčastějším místem, kudy z domu uniká teplo. Doporučuje se poměr prosklené k podlahové ploše 1:6 až 1:4. Unik tepla si můžeme ověřit pomocí termovize (Obrázek 2). [8]



Obrázek 2 – Ukázka měření tepla pomocí termovce (převzato z 7)

U skel se snažíme o co nejnižší hodnotu U_w . Pro pasivní stavby je požadována hodnota

$U_{wmax}=0,8$ W/(m²K). Izolační trojskla se plní Kryptonem nebo Argonem. Skla plněná Argonem jsou tlustší (40-44 mm). Kryptonové trojsko je tenčí, má lepší U_w , ale je dražší než okno plněné Argonem. Váha trojskel se pohybuje okolo 30 kg/m². Hodnota U_w pro trojskla je 0,5-0,8 W/(m²K). [8]

1.4.3. Kvalita prostředí

U pasivních domů se klade velký důraz na kvalitu prostředí. Chceme, aby pasivní dům byl vzduchotěsný, protože při každém otevření oken, dveří, či jinému uniku tepla, může vzniknout kvůli orosení plíseň. Vzduchotěsnicí vrstva je umístěna na vnitřní omítce, omítka musí být celistvá na všech obvodových stěnách. [9,10,12,13]

1.4.4. Blower door test

K ověření vzduchotěsnosti se používá takzvaný „Blower door test“. Tento test spočívá v umělém vyvolání tlakového rozdílu 50 Pa pomocí ventilátoru mezi vnitřkem a vnějškem budovy. Při změně otáček ventilátoru se mění tlak mezi vnitřním a vnějším prostředím. Poté se měří průtok ventilátorem, tento průtok by měl odpovídat netěsnostem v obálce budovy. [9,10,11]

Intenzita výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa (1/h) by měla být maximálně 0,6 1/h.

$$N_{50} = \frac{V_{50}}{V} \left(\frac{1}{h}\right) \quad (1.1)$$

V_{50} - objemový tok při tlakovém rozdílu 50 Pa (m³/h)

V - objem budovy [9,10,11]

1.4.5. Rekuperační jednotka

Dům s nízkou intenzitou výměny vzduchu s vnějším prostředím je potřeba doplnit o větrací jednotku, aby mohl být obyvatelný. Nestačí nám obyčejná větrací jednotka, potřebujeme, aby odvětrávání zvládalo i rekuperaci tepla. [5,9,12,13,29]

Princip rekuperace tepla uvnitř větrací jednotky je poměrně jednoduchý. Zevnitř je nasáván odpadní teplý vzduch a zvenku studený čerstvý vzduch. Vzduch je veden oddělenými kanálky, které jsou střídavě rozmístěny blízko sebe, a mezi nimi probíhá tepelná výměna. Vzduch zvenčí ještě poté prochází prachovými filtry a pylovými filtry, aby byla zajištěna kvalita prostředí. Jednotka může být doplněna o tepelné čerpadlo, které venkovní vzduch dokáže lépe ohřát v zimních měsících. Naopak v letním období se hodí doplnění o zemní výměník vzduchu. Teplota země je ve všech ročních obdobích poměrně stálá. V případě že přijdou velká vedra, nestačí nám pouze výměna vzduchu. Když vnitřní prostory budou mít třeba 20°C a venku bude 35°C, vzduch uvnitř se bude postupně ohřívat nad neúnosnou mez. Pokud systém doplníme o zemní výměník vzduchu, země nám vzduch, který půjde zpět do domu, ochladí na mnohem lepší hodnoty. V létě je teplota země okolo 10-14° C v hloubce dvou metrů, v zimě 4-8°C. [5,9,12,13,29]

Dle dlouhodobých zkušeností uživatelů se dá většinu roku v pasivním domě normálně větrat pomocí oken. V zimě se doporučuje jen krátké intenzivní větrání. [13]

1.5. Shrnutí

Náklady na nulový dům by se neměly lišit od nákladů na dům klasický o více než 10-15 %. Hlavní cenové rozdíly jsou:

- Větrací jednotka s rekuperací tepla
- Ohřev vody solárními panely
- Výrazně větší vrstva tepelné izolace
- Složitější stavební detaily
- Náročnější koordinace stavby [12]

Kvalita větracích jednotek je přímo úměrná její ceně. V případě, že zvolíme zemní výměníky, musíme započítat, že na pozemku budeme muset vykopat základy pro tento výměník a zabezpečit jej, aby ho nešlo lehce poškodit.

Ohřev vody pomocí panelů se využívá čím dál častěji i na domech, které nejsou nízkoenergetické. Zavedení panelů ušetří peníze za vytápění domu, ale tomu se chci

věnovat až později.

Tepelná izolace se již běžně používá i u klasických staveb. Izolace u nízkoenergetických domů bude mít podstatně větší šířku než klasická.

Stavební detaily a koordinace stavby jsou sice finančně náročnější, ale spíše jde o to, aby zodpovědná, zkušená osoba dohlédla na to, aby se vše udělalo správně. Protože každá chyba stojí mnohem více než u běžného domu a to nejen vzhledem k výstavbě ale i k budoucím nákladům za plyn či elektřinu.

2. Pasivní prvky

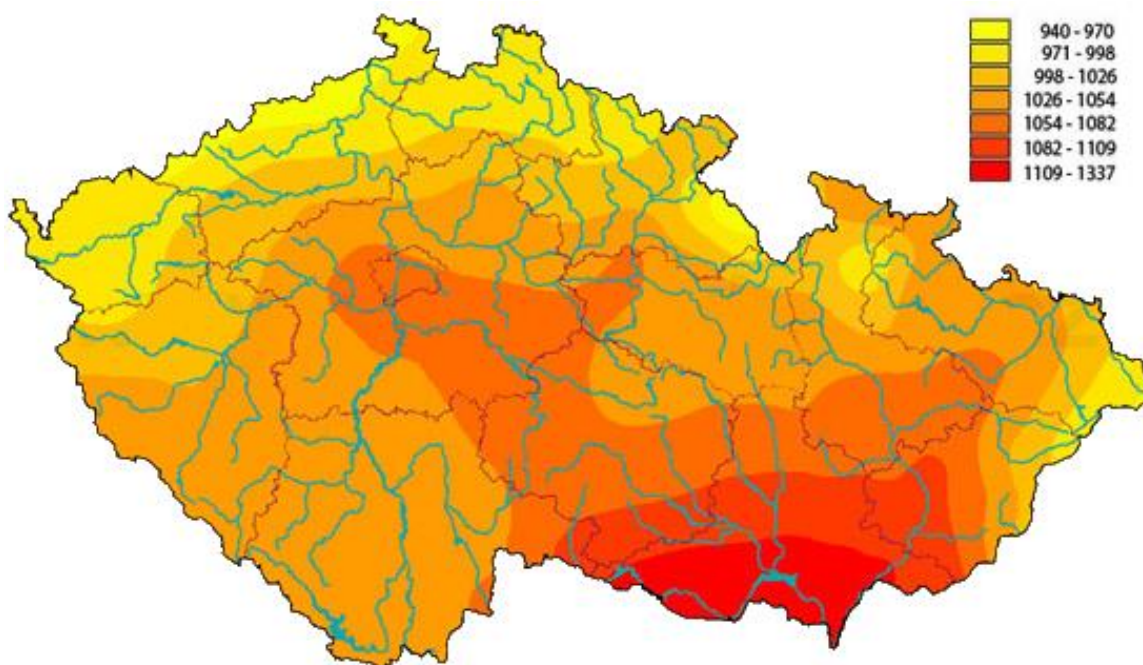
V první části jsme řešila věci nezbytné, aby stavba byla opravdu pasivním domem. Nyní se zaměřím na pasivní prvky, o které stavbu doplním, abych dosáhla co nejmenší celkové spotřeby.

2.1. Možné formy vytápění

Vytápění u nízkoenergetických domů, je ke snížení měrné spotřeby tepla klíčové. Je potřeba zvolit správnou formu vytápění, aby bylo dosaženo co největších úspor.

2.1.1. Solární panely

Rozdíl ve výkonu slunce v České republice je na různých místech až 20%. Na obr. 3 je vidět, kde jsou solární zisky největší. Ideální sklon panelů je 30-45°, umístíme je tak, aby byly otočeny na jih a nebyly nijak zastíněny. [12,13,28,43]



Obrázek 3 – Roční úhrn slunečního záření v ČR [W/m^2] (převzato z 43)

V létě nám panely zajistí teplou vodu na umývání, či do bazénu v zimě pomohou s topením. Paradoxní je, že čím více máme pokrytou potřebu tepla solárními panely, tím méně je soustava účinná. Toto lze jednoduše vysvětlit. Nejvíce tepla je potřeba v zimě, ale pokud budeme dimenzovat solární panely na zimní potřebu teplé vody, budeme mít velký přebytek teplé vody v létě. Pokud nemáme přídatný zásobník vody pro letní období, pak máme zbytečné přebytky teplé vody v létě, kdy nám není vůbec k ničemu. [12,13,28,43]

Pro příklad uvedu dům, ve kterém žiji. Zásobník na vodu pro solární panely byl dimenzován na tři solární panely o velikosti 2 m². Po pár letech byly dokoupeny dva další panely, ale zásobník na vodu zůstal stejně velký. V létě, při dlouhodobých teplotách nad 30° C dochází k přehřívání solárních panelů. Pokud se zásobník ohřeje nad 90° C, přestane voda cirkulovat mezi kolektory a zásobníkem. Panely sice stále ohřívají vodu, ale teplo z ní již nemůžeme nijak použít. Abychom zamezili tomuto problému, je nutné sledovat teplotu v zásobníku v teplejších dnech a buď vodu odpouštět někam, kde je aktuálně potřeba (vana, bazén, sprcha) nebo zapnout cirkulaci se zásobníkem, který ohřívá vodu v zimním období (propojený s plynovým kotlem). [12,13,28,43]

Propojení solárních kolektorů s topením se nazývá Solární kombinovaná soustava. Pokud jsme vyprodukované teplo schopni využít pro klimatizaci, jedná se o Solární kombi-plus soustavu. Solární kolektory mohou být i vzduchové, tím pádem je lze použít na ohřev vzduchu v budově. Tento typ kolektorů má ale využitelnost pouze v zimním období a jeho tepelná kapacita je nižší než u kapaliny. [12,13]

2.1.2. Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla jsou založená na využití nízkopotenciálního tepla. Provozem čerpadel neunikají žádné emise do ovzduší. Čerpadla se dělí na:

- vzduch/vzduch
- vzduch/voda
- voda/voda
- země/voda [12]

Čerpadlo vzduch/vzduch je nejlevnější s rychlou a jednoduchou instalací, nelze jím však

ohřívat teplou vodu. Topný faktor je závislý na venkovní teplotě, ale čerpadlo může pracovat až do teploty -30°C . [33,34]

Čerpadlo vzduch/voda využívá venkovní vzduch k ohřevu vody. Opět poměrně nízké náklady, nevýhodou je hlučnost větší, než u ostatních čerpadel. [33,34]

Čerpadlo voda/voda odebírá teplo ze spodní nebo geotermální vody. Načerpaná voda je po ochlazení vrácena zpět do země. Sice má čerpadlo nejlepší topný faktor, ale lze jej využít pouze v oblastech s dostatkem vody. [33,34]

Čerpadlo země/voda jde realizovat buď vrtem o hloubce 80-250 m, či rozložením zemních kolektorů s nemrznoucí kapalinou pod povrchem. Vrt má lepší topný faktor a stabilnější výkon a obě varianty jsou bezhlučné a bezúdržbové. Kolektory jsou oproti ostatním variantám méně náročné na spotřebu elektřiny. [33,34]

2.1.3. Kotle elektrické, plynové, alternativní

I když postavíme ideálně zateplený pasivní dům, který doplníme solární kombinovanou soustavou či tepelným čerpadlem, když přijde tuhá zima, může se stát, že pasivní zisky tepla nám prostě nebudou stačit. [13]

2.1.3.1. Elektrické kotle

Elektrické kotle jsou dostupné a jejich účinnost přeměny na teplo je 98-100%, ale z principu se chceme oprostít od přílišné závislosti na elektrické energii, proto se nám elektrické kotle ve spojení s pasivním domem příliš nehodí. [13]

2.1.3.2. Plynové kotle

Plynové kotle jsou dodávány ve více variantách:

- standardní
- nízkoteplotní
- kondenzační

Účinnost je opět velmi dobrá 88-100%. Pokud spalujeme bioplyn či skládkový plyn je

možné získat dotace na pořízení kotle a za určitých podmínek i Zelené bonusy za vyrobené MWh. [13,14]

2.1.3.3. Kotle na biopaliva

Další možností jsou kotle ke spalování biopaliv. Biopaliva se dělí na:

- tuhá (dřevo, brikety, pelety, štěpky)
- kapalná (bio oleje, bio líh)

Vzhledem k odlišnému druhu spalovacího procesu u tuhých biopaliv je nutné použít rozdílný druh kotle. Jsou to takzvané zplyňovací kotle, které nejdříve zplyňují tuhé palivo, a poté dojde ke spálení plynů ve spalovací komoře. Opět je možné získat dotace na pořízení a Zelené bonusy. [14,15]

2.1.3.4. Kogenerační jednotky

Kombinovaná výroba elektrické energie a tepla se zdá ideálním řešením pro pasivní dům. Ať bude palivo do kogenerační jednotky jakékoli, oproti ostatním kotlům tu místo jednoho výstupu v podobě tepla, máme ještě druhý výstup v podobě energie. Kogenerační jednotku vždy dimenzujeme dle tepelné spotřeby. Problém však nastává, pokud chceme koupit jednotku tak malého výkonu, aby nám zajistila spotřebu rodinného domu. Kogenerační jednotky se vyrábějí povětšinou ve větších výkonech. Dále je tu cena KJ, návratnost se může rovnat době životnosti, pokud kogenerační jednotku budeme využívat pouze v zimních obdobích. Ovšem na druhou stranu jsou zde pozitiva v podobě Zelených bonusů, kde na každou vyrobenou MWh můžeme získat od 45 do 938 Kč. I když i toto má své omezení, vlastně se nejedná o každou MWh, ale pouze o každou MWh, kterou zároveň zvládneme i spotřebovat. V případě přebytku elektrické energie, je nutné mít systém doplněný o baterie, nebo uzavřít smlouvu s dodavatelem elektrické energie o jejím zpětném odběru. [14,15]

2.2. Fotovoltaické kolektory

Abychom dosáhli standardů Nulového domu, je nutné jej doplnit o fotovoltaiku. Fotovoltaika má však mnohá úskalí, kterým se budu více věnovat v poslední kapitole.

2.2.1. Emisní faktor

Emisní faktor uvádí množství oxidu uhličitého, který připadá na jednotku energie ve spalovaném palivu.

Emisní faktor pro energetický mix v sítích EU	560g CO ₂ /kWh
Emisní faktor pro energetický mix v ČR	680g CO ₂ /kWh
Emisní faktor kompletní analýzy životního cyklu FV systémů v ČR	23-46g CO ₂ /kWh

Z výše uvedených hodnot je jasné, že FV je k životnímu prostředí šetrnější než ostatní zdroje elektrické energie. [13]

2.2.2. Recyklace a životnost

Životnost panelů odpovídá poklesu výkonu panelu o 20%, udává se zpravidla 20 let, ale bývá mnohem vyšší. Doba, za kterou systém vyprodukuje energii potřebnou k jeho výrobě, zprovoznění, údržbě a odstranění, se nazývá dobou energetické návratnosti, bývá od 2 do 13 let. Vzhledem k větší poptávce po fotovoltaice klesá její cena, takže doba návratnosti klesá. Panely jsou až z 95% recyklovatelné, záleží samozřejmě na složení panelů. Někdy je nutné ruční rozebrání, aby se panel dal dále zpracovávat. [16,17]

3. Připojení k distribuční síti

3.1. Zatížení

K návrhu elektrické přípojky potřebujeme znát maximální soudobý příkon domu. Toho dosáhneme tak, že nejprve sečteme výkony všech instalovaných spotřebičů (n) v objektu.

$$P_i = \sum_{k=1}^n P_k \text{ (kW)} \quad (3.2)$$

Hodnoty instalovaných výkonů spotřebičů jsem dohledala v projektu elektroinstalace domu, ve kterém žiji. Předpokládám, že pokrytí základními spotřebiči bude podobné v každém domě, ať se jedná o nulový či normální dům. Samozřejmě záleží na instalovaných pasivních prvcích. V případě instalování tepelného čerpadla je instalovaný výkon podstatně větší. Rekuperační jednotka by neměla mít zásadní vliv na velikost instalovaného výkonu. Součet výkonu spotřebičů v domě je vidět v tabulce č. 2.

Druh spotřebiče	Příkon [kW]
Příprava pokrmů	10,0
Osvětlení	2,5
Motory	3,0
Ostatní spotřebiče	4,0
Celkem	19,5

Tabulka 2 – Instalovaný výkon

Poté celkový instalovaný výkon vynásobím koeficientem soudobosti β , který se obvykle pohybuje v intervalu (0,6-0,8). Zvolím průměrnou hodnotu z intervalu, což je $\beta=0,7$. [18,23]

Předpokládaný soudobý výkon tedy je:

$$P_\beta = P_i \beta = 19,5 \cdot 0,7 = 13,65 \text{ kW} \quad (3.3)$$

3.2. Dimenzování kabelů

Kabel pro přípojku zvolíme CYKY 4Bx16 (C-měď, Y-PVC, K-pevně uložený, 4-počet žil,

16-průřez).

Proud přípojkou stanovíme pomocí rovnice:

$$I_P = \frac{P_\beta}{\sqrt{3}U_S \cos\varphi} = \frac{13,65 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,95} = 20,74 \text{ A} \quad (3.4)$$

$\cos\varphi$ - účinník

U_S - sdružené napětí

Dovolené proudové zatížení:

$$I_Z = k_1 k_2 I_N = 1 \cdot 1 \cdot 67 = 67 \text{ A} \quad (3.5)$$

k_1 – kabel v zemi = 1

k_2 - kabel uložen při základní teplotě = 1

I_N – jmenovitá proudová zatížitelnost

Proud protékající přípojkou musí být menší než dovolené proudové zatížení $I_P < I_Z$, což odpovídá, takže zvolený kabel CYKY 4Bx16 je vyhovující.[18,19,20,21,22,23]

3.3. Úbytek napětí

Úbytek napětí nesmí přesáhnout 2 % jmenovitého U_S , které je 400V. Úbytek tedy nesmí být větší než 8V.

$\Delta U_{\max} = 8\text{V}$ Maximální úbytek napětí

$l = 18\text{m}$ Délka kabelu od přípojky k domu

$P_\beta = 13,65 \text{ kW}$ Soudobý instalovaný příkon

$\gamma_{\text{Cu}} = 56 \text{ S/mm}^2$ Konduktivita mědi

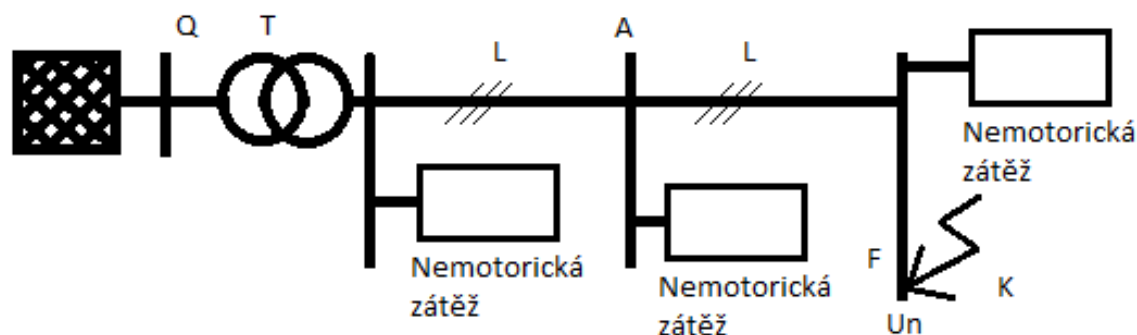
$S = 16\text{mm}^2$ Průřez vodiče

$$\Delta U = \frac{lP_{\beta}}{\gamma_{Cu}SU_S} = \frac{18 \cdot 13,65 \cdot 1000}{56 \cdot 16 \cdot 400} = 0,69 \text{ V} \quad (3.6)$$

Úbytek napětí je menší než úbytek maximální. Kabel CYKY 4Bx16 je z hlediska úbytku napětí vyhovující.

3.4. Zkratové poměry

Dle normy ČSN EN 60909 respektujeme pouze vlastní vnitřní impedanci Z_{Qt} , kterou přepočteme na stranu nižšího napětí.



Obrázek 4 – Schéma soustavy

Q - bod připojení nadřazené soustavy

T - transformátor

A - počáteční hodnota SS složky

L - vedení

F - místo zkratu

K - třífázový zkrat

Un – jmenovité napětí

Na obrázku č. 4 je vidět schéma soustavy, pro kterou budu počítat celkovou impedanci Z_K . Zvolila jsem transformátor Koncar, které svými hodnotami nejlépe odpovídá

transformátoru, z kterého je dům napájen.[24]

Parametry transformátoru Koncar:

$S_r = 630 \text{ kVA}$	jmenovitý zdánlivý výkon zařízení
$u_k = 6 \%$	jmenovité napětí nakrátko transformátoru v %
$I_n = 909 \text{ A}$	jmenovitý proud
$P_k = 8700 \text{ W}$	jmenovité ztráty transformátoru naprázdno
$U_2 = 400 \text{ V}$	sekundární napětí transformátoru
$U_1 = 22 \text{ kV}$	primární napětí transformátoru
$I'_{k} = 14,8 \text{ kA}$	počáteční souměrný rázový zkratový proud (ef. hod.)
$i_p = 31,6 \text{ kA}$	nárazový zkratový proud
$S_k = 500 \text{ MVA}$	rázový zkratový výkon

Jištění na VN straně PM45, 22/25kV, 40A

3.4.1. Síťový napáječ

$$Z_{Qt} = \frac{c \cdot U_{nQ}}{\sqrt{3} \cdot I'_{kQ}} \cdot \frac{1}{t_r^2} = \frac{1,1 \cdot 22000}{\sqrt{3} \cdot 14800} \cdot \frac{1}{\left(\frac{22000}{400}\right)^2} = 0,31 \text{ m}\Omega \quad (3.7)$$

Z_{Qt} - sousledná ekvivalentní zkratová impedance

c - napěťový součinitel, který je pro VN = 1,1

U_{nQ} - jmenovité napětí soustavy v bodě připojení napáječe Q = U_1

I'_{kQ} - počáteční souměrný rázový zkratový proud v bodě připojení napáječe Q = I'_{k}

t_r - jmenovitý převod transformátoru, při kterém se přepínač odboček nachází v základní poloze; $t_r \geq 1$ [24]

3.4.2. Transformátor

$$Z_T = \frac{u_{kr}}{100\%} \cdot \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}} = \frac{6}{100} \cdot \frac{400^2}{630000} = 15,24 \text{ m}\Omega \quad (3.8)$$

$$R_T = \frac{u_{Rr}}{100\%} \cdot \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}} = \frac{P_{krT}}{3 \cdot I_{rT}^2} = \frac{8700}{3 \cdot 909^2} = 3,51 \text{ m}\Omega \quad (3.9)$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = \sqrt{15,24^2 - 3,51^2} = 14,83 \text{ m}\Omega \quad (3.10)$$

Z_T – sousledná zkratová impedance dvouvinuťových trnsformátorů

u_{kr} - jmenovité napětí nakrátko v procentech= u_k

U_{rT} - jmenovité napětí transformátoru na straně nižšího napětí= U_2

S_{rT} - jmenovitý zdánlivý výkon transformátoru = S_r

u_{Rr} - činná složka jmenovitého napětí nakrátko transformátoru v %

P_{krT} – jmenovité ztráty nakrátko transformátoru = P_k

I_{rT} - jmenovitý proud = I_n

R_T – rezistance transformátoru

X_T – reaktance transformátoru [24]

3.4.3. Kabel č. 1 1-AYKY 3x240+120

Z_{TR} ke sběrnici vede kabel AYKY 3x240+120. Hodnoty R, L byly odečteny z katalogu [38]. Délka $l = 63$ m.

$$R_1 = Rl = 0,125 \cdot 0,063 = 7,88 \text{ m}\Omega \quad (3.11)$$

$$X_1 = j2\pi flL_1 = j \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,063 \cdot 0,22 \cdot 10^{-3} = j \cdot 4,35 \text{ m}\Omega \quad (3.12)$$

$$Z_1 = \sqrt{R_1^2 + X_1^2} = \sqrt{7,88^2 + 4,35^2} = 9,00 \text{ m}\Omega \quad (3.13)$$

R - činná rezistence na jednotku délky

X - reaktance na jednotku délky [24]

3.4.1. Kabel č. 1 2-AYKY 3x120+70

Od sběrnice k elektroměru vede kabel AYKY 3x120+70. Hodnoty R, L byly odečteny z katalogu [38]. Délka $l = 295$ m.

$$R_2 = Rl = 0,253 \cdot 0,295 = 74,64 \text{ m}\Omega \quad (3.14)$$

$$X_2 = j2\pi f l L_1 = j \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,295 \cdot 0,228 \cdot 10^{-3} = j \cdot 21,13 \text{ m}\Omega \quad (3.15)$$

$$Z_2 = \sqrt{R_1^2 + X_1^2} = \sqrt{74,64^2 + 21,13^2} = 77,57 \text{ m}\Omega \quad (3.16)$$

3.4.2. Kabel č. 3 1-AYKY 4x16

Z elektroměru k hlavnímu jističi vede kabel AYKY 4x16. Hodnoty R, L byly odečteny z katalogu [38]. Délka $l = 3$ m.

$$R_3 = Rl = 1,91 \cdot 0,003 = 5,73 \text{ m}\Omega \quad (3.17)$$

$$X_3 = j2\pi f l L_1 = j \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,003 \cdot 0,285 \cdot 10^{-3} = j \cdot 0,27 \text{ m}\Omega \quad (3.18)$$

$$Z_3 = \sqrt{R_1^2 + X_1^2} = \sqrt{5,73^2 + 0,27^2} = 5,74 \text{ m}\Omega \quad (3.19)$$

3.4.3. Kabel č. 4 CYKY 4Bx16

Od hlavního jističe do pojistkové skříně domu vede kabel CYKY 4Bx16. Délka $l = 18$ m, hodnoty R, L odečteny z katalogu [39].

$$R_4 = Rl = 1,175 \cdot 0,018 = 21,15 \text{ m}\Omega \quad (3.20)$$

$$X_4 = j2\pi f l L_2 = j \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0,018 \cdot 0,522 \cdot 10^{-3} = j \cdot 2,95 \text{ m}\Omega \quad (3.21)$$

$$Z_4 = \sqrt{R_1^2 + X_1^2} = \sqrt{21,15^2 + 2,95^2} = 21,36 \text{ m}\Omega \quad (3.22)$$

3.4.4. Celková impedance zkratové smyčky

$$Z_K = Z_{Qt} + Z_T + Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 = 0,31 + 15,24 + 9 + 77,57 + 5,74 + 21,36 = 129,22 \text{ m}\Omega \quad (3.23)$$

3.4.5. Třífázový souměrný zkratový proud

$$I''_k = \frac{cU_n}{\sqrt{3}Z_K} = \frac{1,1 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 0,12922} = 1965,9 \text{ A} \quad [24] \quad (3.24)$$

3.4.6. Ekvivalentní oteplovací proud

$$I''_{kE} = I''_K \cdot k_E = 1965,9 \cdot 1 = 1965,9 \text{ A} \quad (3.25)$$

k_E součinitel ekvivalentního oteplovacího proudu

I''_{kE} ekvivalentní oteplovací proud [40]

3.4.7. Podmínka minimálního průřezu kabelu

Průřez kabelu CYKY 4Bx16 musí být větší než průřez minimální, $S \geq S_{\min}$ [40, 42]

Maximální dovolená teplota jádra při normálním provozu $\vartheta_1 = 70^\circ\text{C}$

Kritická teplota jádra $\vartheta_K = 180^\circ\text{C}$

S_{\min} (mm^2) – minimální průřez vodiče

t_k ($\text{As}^{-1/2}\text{mm}^{-2}$) = 1 – doba trvání zkratu

$c_0 = 3,5 \text{ J}/\text{cm}^3/^\circ\text{C}$ teplo při 0°C

$\rho_{20} = 0,0178 \text{ }\mu\Omega\text{m}$ měrný odpor při 20°C

$\vartheta = 234,5^\circ\text{C}$ – fiktivní teplota Cu vodiče

k – koeficient respektující teplotu před zkratem, po zkratu a fyzikální vlastnosti vodiče

$$k = \sqrt{\frac{(\vartheta+20)c_0}{\rho_{20}} \cdot \ln \frac{\vartheta+\vartheta_k}{\vartheta+\vartheta_1}} = \sqrt{\frac{(234,5+20) \cdot 3,5}{0,01786} \cdot \ln \frac{234,5+180}{234,5+70}} = 124 \text{ As}^{-1/2} \text{ mm}^{-2} \quad (3.26)$$

$$S_{\min} = \frac{I_{kE} \sqrt{t_k}}{k} = \frac{1966,21 \cdot \sqrt{1}}{124} = 15,86 \text{ mm}^2 \quad (3.27)$$

Minimální průřez vodiče je menší, než průřez reálný. Zvolený kabel CYKY 4Bx16

vyhovuje z hlediska minimálního průřezu.

3.5. Sichr

Pro modelování vedení jsem použila program Sichr v. 19.01. V tomto programu je možné řešit paprskové sítě TN-C, TN-C-S a IT sítě bez vyvedeného středního vodiče v hladinách nízkého napětí. Program sám kontroluje správnost ochrany proti nadproudům spínačů, chráničů a přepěťových ochran. Program je velmi intuitivní a při sestavování obvodu dokáže automaticky porovnat zkratové proudy s mezní zkratovou vypínací schopností pojistek a jističů. [25]

V Sichru jsem sestavila co nejreálnější cestu od transformátoru k domu s použitím jisticích, napájecích a spojovacích prvků, které jsou uvedeny v databázi. Výpočty v kapitole 3.4. odpovídají parametrům v Sichru. Díky grafickému vykreslení selektivity a impedancí lze jednoduše dohledat případné chyby v návrhu. [23]

Návrh přípojky je v příloze č. 2 Sichr – Nulový dům.

4. Inteligentní elektroinstalace s využitím moderních technologií

V této kapitole se pokusím osvětlit, jak má vypadat technická zpráva z projektu elektroinstalace. Vzhledem k tomu, že NED, PD a ND mají už více elektrických prvků než domy stávající, je podstatné dům doplnit o moderní prvky, které budou vše ovládat. Určitě není od věci zapnout topení přes internet po cestě domů, nebo možnost sledovat dění v domě když se spustí alarm proti zlodějům.

4.1. Projekt elektroinstalace

Při projektování elektroinstalace musíme respektovat všechny příslušné normy, katalogové listy (materiálu, výrobků, strojů), půdorys budovy, schéma hlavního napájecího rozvodu a rozvaděče.

Technická zpráva je opět aplikovatelná na dům, ve kterém žijí, vychází z původního projektu elektroinstalace a je doplněna o informace z literatury. [41,44,48]

4.2. Rozsah projektu

Projekt řeší elektroinstalaci domu včetně hromosvodu a zatrubkování pro počítačovou síť.

4.3. Základní údaje

- a) Soustava TN – C – S
- b) Stupeň důležitosti dodávky 3
- c) Instalovaný příkon 19,5 kW
- d) Soudobý příkon 13,65 kW
- e) Koeficient současnosti $\beta = 0,7$
- f) Roční spotřeba $A = 6300$ kWh
- g) Ochrana proti nebezpečnému dotykovému napětí samočinným odpojením od zdroje, proudovým chráničem a ochranným pospojováním
- h) Ochrana proti přetížení a zkratu pojistkami a jističi
- i) Základní, obyčejné prostředí [41,44,48]

4.4. Bezpečnost práce

Základní ochrana před nebezpečným přepětím bude umístěna v hlavní jistící rozvodnici. Tam kde se počítá s připojením výpočetní techniky, budou zavedeny zásuvky s přepětovou ochranou. Základní ochrana proti nebezpečnému napětí, je zajištěna nulováním, podle normy ČSN 34 1010. Vnitřní elektrorozvody dle ČSN 33 2130. [41,44,48]

4.5. Technický popis

Od elektroměrového rozvaděče vede kabel CYKY 4Bx16 a je propojen s domovním rozvaděčem rodinného domu. Pod hlavní jistící rozvodnicí se umístí 30 cm nad podlahou krabice s ekvipotenciální svorkovnicí. V ní bude umístěn PEN vodič, popřípadě přivedena další přizemnění. Pro přívody a vývody z domu budou přes základy položeny chráničky. Kabele, které budou vedeny pod zpevněnými plochami, budou rovněž uloženy do chrániček. Pro elektroinstalační rozvody se použijí kabele CYKY, CYKYLo. Rozvody budou uloženy pod omítkou, v podlaze a ve stropních konstrukcích. Při uložení rozvodů je nutné dodržovat příslušné ČSN a montážní předpisy. [41,44,48]

Vývody pro svítidla budou ukončeny volným vodičem o délce 20 cm, nebo svítidlovou svorkovnicí, popřípadě závěsným zařízením. Osvětlení pracovní desky kuchyňské linky bude řešeno pomocí zářivkových svítidel s vypínačem max. 1x18W. Digestoř bude napojena ze světelného okruhu, vývod ukončen krabicí 180 cm nad podlahou. [41,44,48]

Vývod pro koupelnová svítidla bude realizován buď vodičovým vývodem, nebo ukončen krabicí. [41,44,48]

Osvětlení vstupu bude provedeno pomocí svítidla s PIR čidlem. Všechny zásuvky budou umístěny ve spodní zóně (400-600mm nad podlahou), mimo zásuvek v koupelnách a kuchyni, které budou umístěny ve střední zóně (1200 mm). V domě bude instalován domovní zvonek s rozvodem v elektroinstalačních trubkách. Ve sklepě bude připraven vývod pro tepelné čerpadlo, který bude ukončen krabicí. [41,44,48]

Na zahradě budou umístěny tři zásuvkové rozvodnice HENSEL. Z jedné rozvodnice bude

vyveden vývod pro napájení automatického otevírání vjezdových vrat. Tyto rozvaděče budou umístěny v ocelové konstrukci s vhodnou antikorozi úpravou (spodní část minimálně 600 mm nad terénem). PE vodič zásuvkové rozvodnice bude přizemněn na zemnicí vodič uložený v kabelovém výkopu. [41,44,48]

V obývacím pokoji a v jídelně bude umístěn podlahový konvektor s ventilátorem. Transformátory sloužící k napájení ventilátorů budou uloženy ve sklepě. Přimo v konvektoru byl přidán příložený termostat, spínací přívod pro ventilátor. [41,44,48]

V koupelnách v 1. a 2. Podlaží budou rozdělovače podlahového vytápění DUAL, ke kterým se musí přivést napájecí napětí (pohon čerpadel). Vytápění domu bude realizováno kondenzačním plynovým kotlem s přídatným zásobníkem TUV. [41,44,48]

Pro počítačovou síť bude provedeno zatrubkování ($S = 16 \text{ mm}^2$) a v místě počítačové zásuvky bude osazena elektroinstalační krabice. Zatrubkování pro rozvod STA. [41,44,48]

4.6. Hromosvod a uzemnění

Hromosvod bude proveden jako hřebenová soustava s pomocnými jímači. Ke hromosvodu budou připojeny všechny kovové konstrukce vystupující nad střechu. Hromosvod bude mít instalovány dva svody na protilehlých stranách budovy. Uzemnění základovým zemničem, na toto uzemnění bude uzemněn PEN vodič přívodu. V případě použití klempířských prvků z mědi, musí být hromosvodná soustava buď z mědi, nebo z nerez. [41,44,48]

4.7. Výpis hlavního materiálu

1) Rozvodnice jistící	1 ks
2) Rozvodnice zásuvková typizovaná HENSEL	3 ks
3) Ocelová nosná konstrukce	3 ks
4) Svítidlo zářivkové 18 W s vypínačem	2 ks
5) Domovní telefon	1 sada
6) Spínač řaz. 1	5 ks
7) Spínač řaz. 5	11 ks

8) Spínač řaz. 6	12 ks
9) Spínač řaz. 7	3 ks
10) Spínač do vlhka	4 ks
11) Sporáková kombinace	2 ks
12) Zásuvka 230V/16A	43 ks
13) Dvojnásobná zásuvka 230V/16A	16 ks
14) Dvojnásobná zásuvka s přepět'ovou ochranou	6 ks
15) Zásuvka do vlhka	1 ks
16) Krabice přístrojová KP 67/2	112 ks
17) Krabice s víčkem KU 68-1902	10 ks
18) Krabice rozbočná KU 68-1903	22 ks
19) Krabice rozbočná KR 97/5	10 ks
20) Krabice KO 100 E	2 ks
21) Krabice KO125 E s ekvipotenciální rozvodnicí	1 ks
22) Trubka elektroinstalační 1416/1	90 m
23) Trubka KOPOFLEX KF 09040	20 m
24) Trubka KOPOFLEX KF 09063	10 m
25) Kabel CYKY 4Bx16	18 m
26) Kabel CYKY 5Cx6	100 m
27) Kabel CYKY 5Cx4	15 m
28) Kabel CYKY 5Cx2,5	60 m
29) Kabel CYKY 5Cx1,5	10 m
30) Kabel CYKY 3Cx2,5	520 m
31) Kabel CYKY 3Cx1,5	325 m
32) Kabel CYKY 3Ax1,5	90 m
33) Kabel CYKY 4Cx1,5	80 m
34) Kabel JYTY 7x1	18 m
35) Kabel SYKFY 5x2x0,5	30 m
36) Vodič CS 25 žz	5 m
37) Vodič CY 4 žz	35 m
38) Pásek FEZn 30/4	130 m

39) Drát FeZn 8	43 m
40) Svorka univerzální	12 ks
41) Svorka zkušební	2 ks
42) Úhelník ochranný, vč. držáků	2 ks
43) Podpěra do krytiny	25 ks
44) Podpěra do zdi	6 ks
45) Výkop kabelový vč. záhozu	130 m
46) Folie výstražná	130 m [41,44,48]

4.8. Výkresy

V příloze č. 4 je schéma elektroinstalace, pak půdorysy všech pater domu a rozvodů na zahradě.

4.9. Inteligentní elektroinstalace

V poslední době je kladem velký tlak na požadavek automatizace budov. U rodinných domů automatizace výrazně zvyšuje komfort života a jeho bezpečnost. Kromě snadnějšího ovládání jednotlivých prvků v domě se od automatizace očekává úspora energie (asi 10-30 % za rok). [45,46]

4.9.1. Úspory

Způsoby, jak lze uspořit pomocí elektroinstalace, jsou různé. Můžeme řídit vytápění a ohřev vody podle času (o víkendech poběží topení celý den, ale ve všední dny se spouští až podle předpokládaného příchodu z práce/školy). Nebo můžeme regulovat teplotu podle venkovní teploty (pokud je venku tepleji oproti předchozím dnům, není potřeba zatápnět stejně jako ostatní dny). Velmi důležité je správné spínání topení či chlazení, když je nastavená teplota třeba 20°C, kotel by měl spínat, až když spadne teplota na 18°C. Pokud by spínal pokaždé, když klesne teplota pod 20°C, docházelo by k neustálému spínání a vypínání kotle, což může vést až k destrukci spínacích obvodů. [45,46,47]

Dále by bylo praktické automaticky ovládat venkovní žaluzie. V létě je nechat přes den

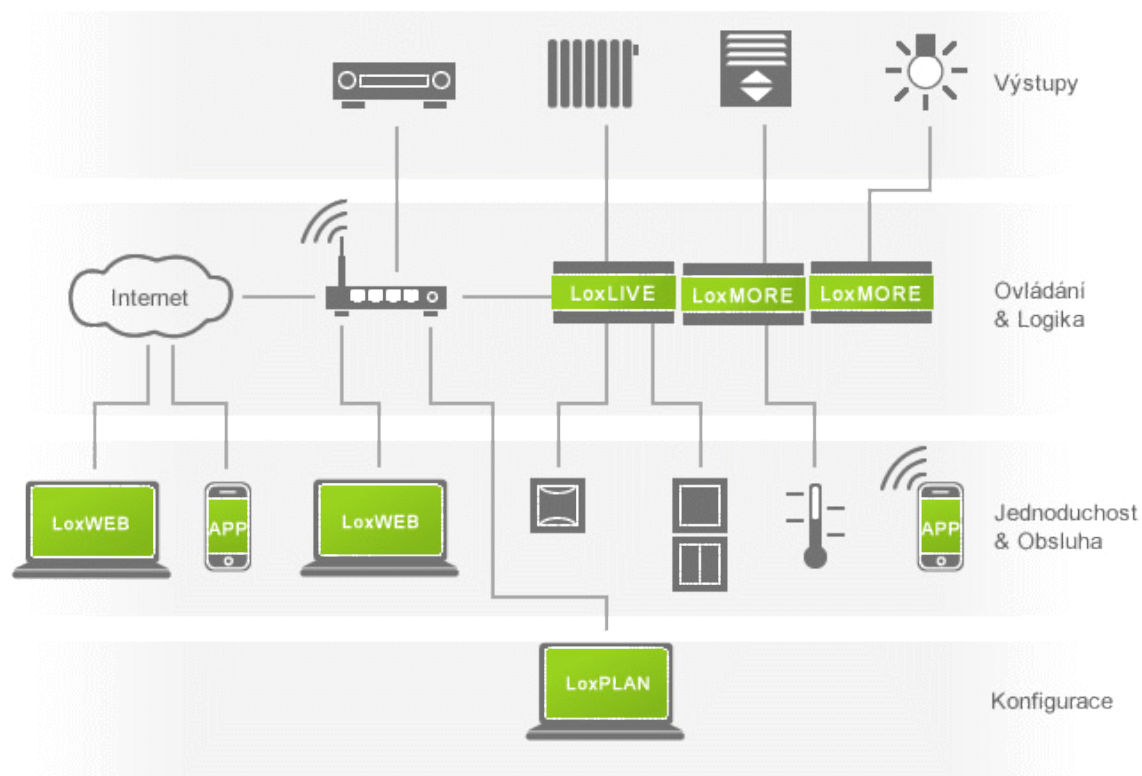
zatažené, pokud nejsme doma, aby nedocházelo k přehřátí domu.

Většinu spotřebičů máme v takzvaném Stand-By režimu, u některých jako například televize, nabíječky k telefonu a další, není nutné, aby byli v tomto režimu, když není nikdo doma. Tato opatření sice nepřinesou mnoho ušetřené energie, ale k celkové úspoře se to stejně počítá.

Bezpečnost by měla být jednou z prvních věcí, na kterou myslíme při zakládání rodiny. V domě se hodí snímače pohybu, a pokud je tu možnost ovládat bezpečnostní systém přes mobil, pak se nikdy nemusíte vracet zpět k domu s vtíravou otázkou, jestli jste opravdu zamkli. Kamerový systém, ač už venkovní či vnitřní, se hodí jako doplněk k bezpečnostnímu systému i když v době GDPR se může stát sporným prvkem. [23,45,46]

4.9.2. Instalace

Rozvodná síť pro inteligentní elektroinstalaci, bude mnohem složitější. Rozvody musí být provedeny hvězdicově (obr. č. 5), aby šlo ovládat všechny systémy najednou. Na obrázku je vidět princip inteligentní elektroinstalace Loxone, s jejíž pomocí lze dům snadno řídit pomocí mobilního telefonu. [23,47]



Obrázek 5 – Inteligentní elektroinstalace (převzato z 47)

Inteligentní elektroinstalace má minimálně dvojnásobnou cenu oproti elektroinstalaci klasické. Otázkou ovšem zůstává, jestli obyčejnou šetrností není člověk schopen ušetřit více, než instalováním inteligentní elektroinstalace. [23]

V příloze č. 3 Excel – Nulový dům, je nastíněno, jaká bude úspora na vytápění a elektřině, když bude v domě inteligentní elektroinstalace. I když inteligentní elektroinstalace sníží spotřebu budovy o 10 %, tak je doba její návratnosti okolo 40 let. Počítám s cenou investice 100 000 Kč, i když předpokládám, že reálná cena bude spíše vyšší.

Ceny elektřiny a plynu stoupají, ale v momentě kdy budete odpojovat přístroje ze zásuvek a poctivě zhasínat světla, když odcházíte z místnosti, možná docílíte stejné úspory, jako když budete mít inteligentní elektroinstalaci.

Jako vhodné řešení se jeví kombinace klasické a inteligentní elektroinstalace. O řízení podstatných částí domů se postará automatika a o zbytek se postará majitel.

5. Finanční náročnost sídel nízkoenergetických, pasivních a nulových

Jak již bylo uvedeno výše, náklady na nízkoenergetický dům by se neměly lišit od běžné výstavby o více než 10-15%. V tom případě je nutné si stanovit základní cenu pro standardní výstavbu. [12]

Cena domu, včetně sklepního podlaží, nádrže na dešťovou vodu, elektroinstalace, kotle na zemní plyn, kuchyně a koupelny bez vybavení je 5 200 000 Kč. Vzhledem k tomu, že dům je již zateplen, snížíme cenový nárůst u nízkoenergetického domu na 5%.

Pro pasivní a nulový dům je nutné použít komplexnější výpočet:

- Solární panely o rozloze 10m^2 (průměrná cena za m^2 je 13 000 Kč) + instalace 25 000 Kč
- Trojskla 30m^2 (oproti dvojsklům navýšení ceny o 25%, $1300\text{Kč}/\text{m}^2$)
- Rekuperační systém - 60 000,- Kč, instalaci zahrnuji do ceny stavby, jako instalaci kuchyňských spotřebičů apod.

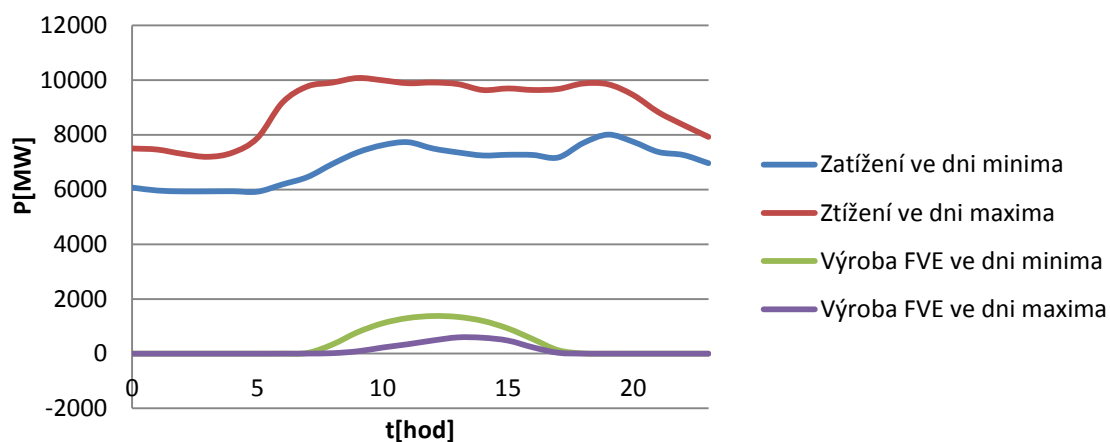
Nulový dům je oproti pasivnímu obohacen o fotovoltaické panely. Cena za metr čtvereční je okolo 7000 Kč. Instalace solárních panelů ovšem může znamenat problém, kterému je třeba se dále věnovat. [26,27,28,29]

5.1. Dimenzování výkonu fotovoltaických panelů

Fotovoltaické elektrárny jsou z hlediska připojení do elektrické sítě poměrně komplikovanou záležitostí. V následujících grafech se pokusím ukázat proč.

Na obrázku č. 6 můžeme vidět spotřebu elektrické energie v ČR z října roku 2018. V grafu jsou vidět hodnoty v říjnový den, kdy byla spotřeba minimální a maximální. Dále je zde vidět výroba elektrické energie z Fotovoltaických elektráren.

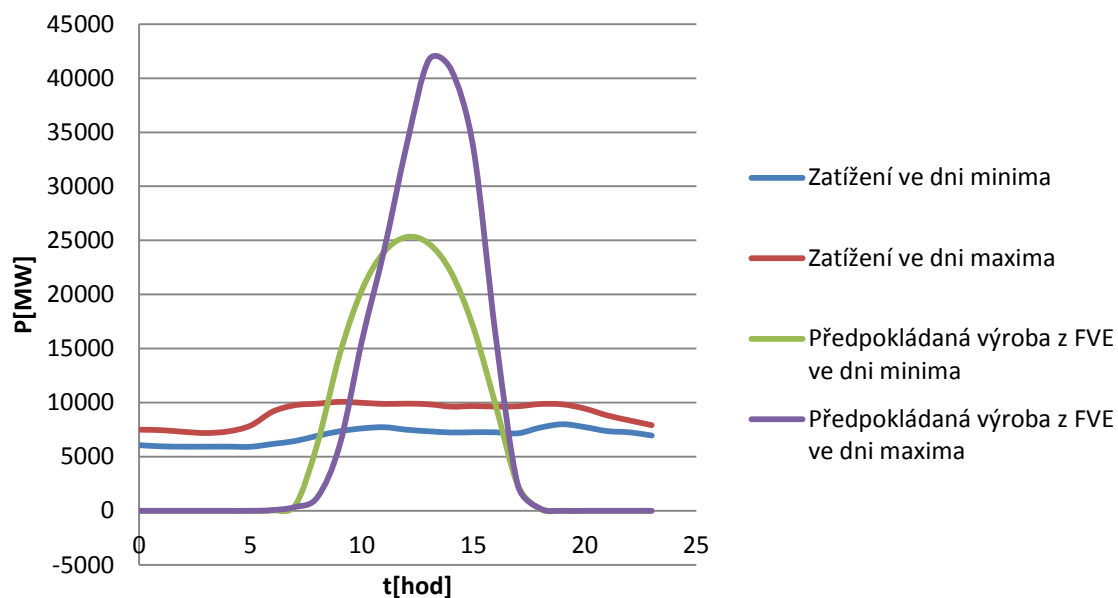
Zatížení ES a výroba z FVE ČR říjen 2018



Obrázek 6 - Zatížení ES a výroba z FVE ČR říjen 2018

Představme si nyní, že celkové zatížení odpovídá zatížení Vašeho domu. Aby byl Váš dům co nejvíce úsporný, je třeba pokrýt co největší zatížení fotovoltaikou. Což nastíním na obrázku č. 7.

Vývoj FVE



Obrázek 7 - Vývoj FVE

Na obrázku je vidět, že je sice možné pokrýt spotřebu pouze fotovoltaickými elektrárnami, ale ve dni minima by bylo nutné mít nainstalováno osmnáctkrát více instalovaného výkonu FVE a ve dni maxima dokonce sedmdesátkrát více.

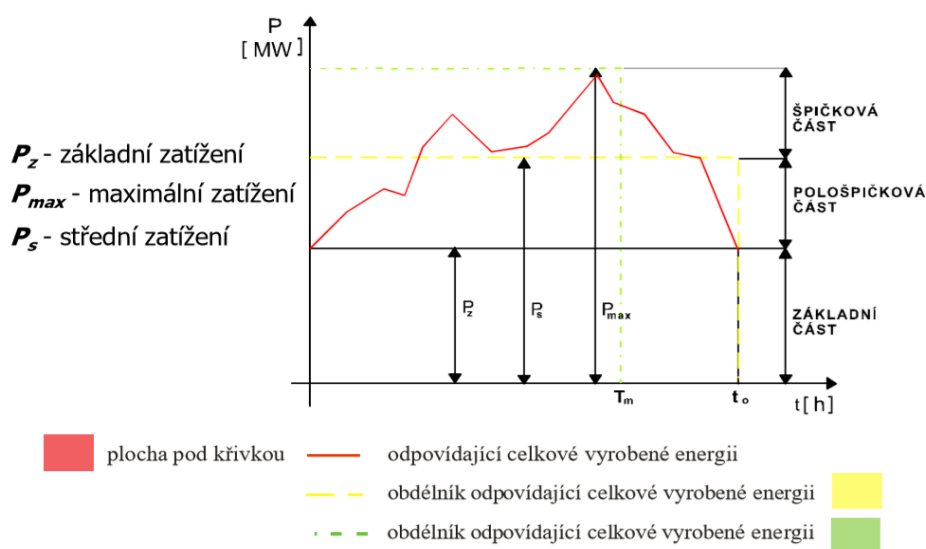
V dalších grafech bych mohla zahrnout, jaký by byl rozdíl v létě a v zimě, ale myslím, že již na tomto porovnání se dostáváme k hlavnímu problému a to, co dělat s elektřinou z FVE, když jí zrovna teď nepotřebuji. [30]

5.1.1. Fungování elektrické soustavy

K správné funkci elektrické soustavy se výroba musí rovnat spotřebě. Zatím neexistují žádné dostatečně efektivní a velikostí adekvátní akumulátory, aby rovnice výroba=spotřeba mohla přestat platit. Proto máme přečerpávací elektrárny, které v postatě fungují jako obří baterie, ale PVE je stále spíše spotřebič než akumulátor.

Aby se mohla výroba co nejlépe přiblížit ke spotřebě, je potřeba zjistit, jaká spotřeba vlastně bude, a k tomu nám slouží denní diagram zatížení. Diagram lze rozdělit na několik částí dle obrázku č. 8.

Diagram zatížení ES



Obrázek 8 – DDZ (převzato z 31)

Základní část:	Vodní průtočné elektrárny
	Jaderné elektrárny
	Tepelné elektrárny
	Fotovoltaika
	Větrné elektrárny
Pološpičková část:	Tepelné elektrárny
	Akumulační vodní elektrárny
Špičková část:	Přečerpávací vodní elektrárny
	Paroplynové elektrárny

Pokud chceme dimenzovat fotovoltaiku na střeše, buď ji dimenzujeme v rámci základního zatížení, nebo musíme zařídit zpětný odkup elektřiny do sítě, který není výhodný, nebo musíme pořídit baterie, které ale nejsou vůbec levné a ty kvalitnější jsou náchylné na časté vybíjení a nabíjení. [31]

5.1.2. Šance nebo hrozba

Průměrná denní spotřeba domu je 16 kW za den. V přepočtu na kWh je to 0,667 kWh. Jeden metr čtvereční fotovoltaického panelu vyrobí průměrně 16 Wh. Ty by znamenalo, že pro pokrytí celkové spotřeby, za předpokladu, že se v zimě netopí elektřinou a spotřeba je tím pádem každý den téměř konstantní, potřebujete 42m² fotovoltaických panelů.

Cena za metr čtvereční je asi 7000 Kč, takže celková cena by byla 294 000 Kč + instalace. Předpokládám, že standardnímu domu se na střechu tolik panelů nevejde. Pokud bychom je i přes to umístili třeba na zahradu a chtěli bychom k nim najít baterii, která by zvládla přenést výkon ze dne do noci (zhruba 7kW a to nezahrnuje rozdíly mezi zimou a létem), brzy zjistíme, že tato investice se nám opravdu nevyplatí. Baterie BMZ Li-Ion 8,5 kWh stojí aktuálně 123 900 Kč a počítá se s výdrží 5000 cyklů. Vzhledem k častému nabíjení

a vybití baterie je dost pravděpodobné, že bude potřeba ji pravidelně po pár letech měnit. [32]

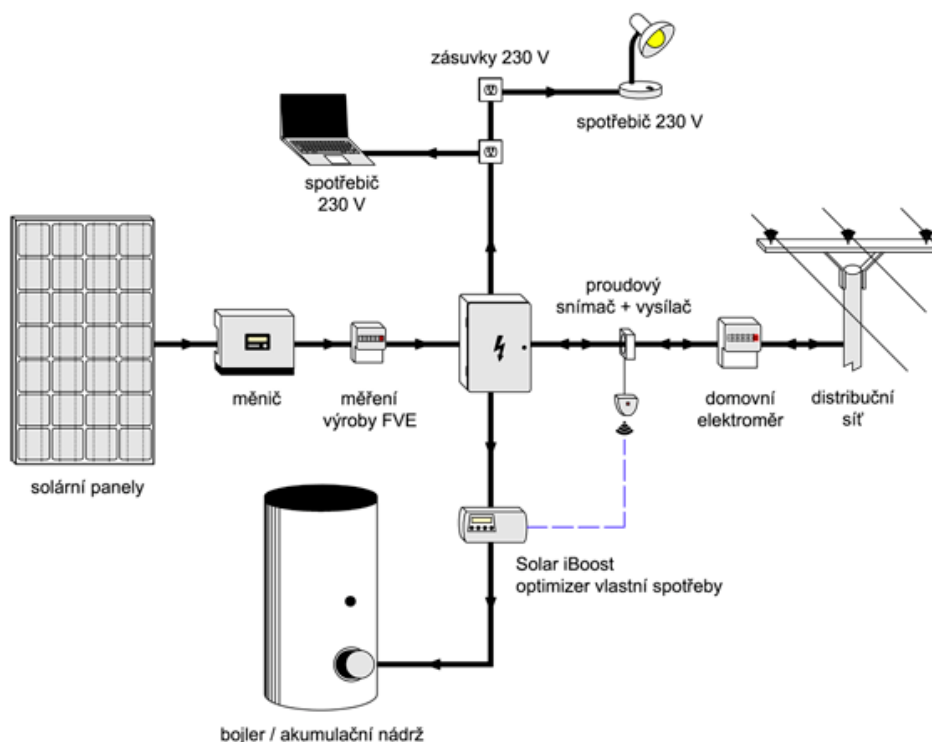
Nainstalujeme tedy 42 m² panelů a chceme přebytečnou energii prodat do sítě. Máme sice dimenzováno přesně na spotřebu domu a vyrobíme přesně tolik, kolik spotřebujeme, ale takhle to v žádném případě nevidí dodavatel energie.

Za energii, kterou dodáme do sítě, nám dodavatel dá 0,3-0,8 Kč/kWh, zatímco cena za energii, kterou si od něj zpátky koupíme, bude pěti až desetinásobná. Tato cena má své důvody, na rozdíl od nás dodavatel musí řešit výše uvedenou rovnici výroba=spotřeba. To, že za Vás tuto rovnici vyřeší, si také nechá zaplatit.

Pokud by každý dům v České republice byl nulový a měl okolo sebe postavených 42 m² fotovoltaických panelů, měl by najednou dodavatel v momentě, kdy svítí slunce stovky mnohdy i tisíce MWh, které by najednou přebývaly a když slunce zapadne tak by MWh najednou zase chyběly. Tyto hodnoty už nelze jen tak přehlížet, už se nedají pokrýt pomocí ostatních zdrojů energie, protože elektrárny nelze zapínat a vypínat jako zářivku v koupelně. A to je ta chvíle kdy se nulový dům může stát hrozbou.

Základní zatížení rodinného domu je okolo 0,3-0,4 kWh. Když zakoupíme panel, který odpovídá tomuto zatížení, cena je 13 100 Kč + instalace. Ale v tomto případě bude zase komplikované dosáhnout standardů nulového domu. [36]

Díky modelovému příkladu z [37] se pokusím najít kompromis mezi oběma variantami. Cena za FVE i s instalací je 60 000 Kč. Z ceny je odečtena dotace NZÚ 60 000 Kč. FVE má špičkový výkon 2,6 kWp. Vyrobenou energii lze využít k ohřevu teplé vody a přebytky dodávat do sítě. Schéma zapojení FVE je na obrázku č. 9.



Obrázek 9 – Schéma FVE s řízením vlastní spotřeby (převzato z 37)

5.2. Náklady

Celkové náklady jsou uvedeny v tabulce 2:

Náklady na standardní dům	5 200 000,00 Kč
Náklady na nízkoenergetický dům	5 460 000,00 Kč
Náklady na pasivní dům	5 714 000,00 Kč
Náklady na nulový dům	5 774 000,00 Kč

Tabulka 3 – Celkové náklady na různé typy domů

5.3. „Pasivní“ úspory

Abych mohla porovnat návratnosti investic do jednotlivých typů domů, musím porovnat úspory, které tyto možnosti přinesou. Standardně by se úspora měla počítat dle předpokládaného růstu cen energií do budoucnosti. Já jsem zvolila poněkud odlišný způsob. Prošla jsem si náklady za vytápění a elektřinu (2008-2018) v domě, ve kterém žiji, a počítala nové ceny energií tak, jako by dům byl vystavěn jako nízkoenergetický, pasivní

či nulový. Konkrétní výpočty lze nalézt v Příloze 3 – Excel – Nulový dům.

5.3.1. Vytápění

Nebrala jsem v úvahu cenu za MWh stanovenou dodavateli, brala jsem v potaz cenu reálnou, která se opravdu objevila na vyúčtování. Cenu za vytápění jsem počítala vzhledem k potřebě tepla na vytápění, která je u NED, PD a ND dána maximálními hodnotami v tabulce 1. Takže při méně tuhých zimách, či kvalitě pasivních prvků takové, že maximální potřeba tepla na vytápění je nižší než deklarovaná, by úspory mohly být ještě mnohem vyšší. [Příloha 3 – Excel – Nulový dům - Kalkulace úspor vytápění]

Úspora	Celková úspora za 10 let
Standardní dům	0
Nízkoenergetický dům	216 479,43 Kč
Pasivní dům	289 113,94 Kč
Nulový dům bez FVE	309 866,66 Kč

Tabulka 4 – Úspory za teplo 2008 – 2018

Z tabulky č. 3 je vidět, že v průběhu deseti let opravdu dosáhneme značných úspor na účtech za plyn.

5.3.2. Elektřina

U ND je nutné do úspor zahrnout ještě úspory za elektrickou energii, která je vyrobena pomocí FVE. [Příloha 3 – Excel – Nulový dům - Kalkulace úspor elektřiny]. Výpočet opět provádím oproti reálným cenám elektrické energie. Výroba z FVE pokryje 40-50 % spotřeby. Nejsou zahrnuty rozdíly v zimě a v létě, takže reálná čísla se mohou dosti lišit. Počítala jsem s průměrnými hodnotami tak, abych získala graf, který průběhem odpovídá grafu z ERÚ. Výpočty a grafy jsou v [Příloha 3 – excel Nulový dům – FVE ND]

Úspora za 10 let ze solárních panelů	97 605,45 Kč
Cena FVE	60 000,00 Kč
Návratnost investice do solárních panelů (roky)	6 let, 2 měsíce

Tabulka 5 – Úspory za elektřinu 2008 - 2018

Návratnost fotovoltaických panelů je dle tabulky č. 5 šest let a dva měsíce. V případě, že

bychom panely nepoživovali přes dotace, bude návratnost více než 12 let, vzhledem k deklarované životnosti 20 let a předpokládané životnosti 30 let se investice do fotovoltaických panelů vyplatí.

5.3.3. Celkové úspory

	Nízkoenergetický	Pasivní	Nulový
Úspory vytápění za 10 let (Kč)	216 479,43 Kč	289 113,94 Kč	309 866,66 Kč
Úspory elektřiny za 10 let (Kč)	0,00 Kč	0,00 Kč	97 605,45 Kč
Celková úspora za 10 let (Kč)	216 479,43 Kč	289 113,94 Kč	407 472,11 Kč
Investice (Kč)	260 000,00 Kč	514 000,00 Kč	574 000,00 Kč
Návratnost investice (roky)	12,01	17,78	14,09

Tabulka 6 – Celkové úspory

V tabulce č. 6 jsou vidět celkové úspory NED, PD a ND. Jako nejvýhodnější řešení se díky době návratnosti investice zdá Nízkoenergetický dům. Vzhledem k tomu, že dům je investice povětšinou na celý zbytek života, je jasné, že doby návratnosti u všech možností jsou přijatelné.

Když ovšem propočítáme ceny energií na dalších deset let a budeme počítat se zvyšováním cen energie každý rok o 1 %, doba návratnosti se významně zkrátí (viz tabulka 7).

Růst cen o 1 %	Nízkoenergetický	Pasivní	Nulový
Úspory na vytápění za 10 let (Kč)	328 603,22 Kč	400 357,12 Kč	420 858,23 Kč
Úspory elektřiny (Kč)	0,00 Kč	0,00 Kč	96 061,63 Kč
Celková úspora (Kč)	328 603,22 Kč	400 357,12 Kč	516 919,86 Kč
Investice (Kč)	260 000,00 Kč	514 000,00 Kč	574 000,00 Kč
Návratnost investice (roky)	7,91	12,84	11,10

Tabulka 7 – Celkové úspory na dalších 10 let, s ročním nárůstem cen 1 %

Pokud by zvyšování cen pokračovalo i nadále nebo bylo rychlejší, než nárůst o 1% stávají se NED, PD a ND opravdu velmi výhodnou investicí do budoucna.

Závěr

V první části jsem se snažila osvětlit, co je to nulový dům a že toto téma je pro každého z nás poměrně aktuální, pokud máme někdy v plánu stavět. Dále jsem se snažila popsat rozdíly mezi nízkoenergetickým, pasívním a nulovým domem a také zásady, které se musí při jejich návrhu a stavbě dodržovat. Uvedla jsem nezbytné prvky pasivních domů a pokusila jsem se alespoň zmínit prvky volitelné, které se do domu dají přidat dle uvážení majitele.

V druhé části jsem se soustředila na vytápění nízkoenergetických domů. Mě osobně přijde nejzajímavější forma vytápění pomocí kogenerační jednotky, ale bohužel se zatím nedělají jednotky o tak malých výkonech, aby to pro nízkoenergetické domy bylo cenově zajímavé. V případě řešení vytápění u rodinného domu bych zvolila nejpravděpodobněji tepelné čerpadlo země/voda provedené hloubkovým vrtem a solární panely. Pokud by se stavěl u domu bazén, nemyslím, že by se obě možnosti nedali využít současně. V této kapitole jsem dále řešila fotovoltaiku pro nulový dům. Častou diskuzi vzbuzuje recyklovatelnost FVE a to, jak je náročná na životní prostředí. Proto jsem se tomuto tématu dále věnovala a myslím, že když se člověk bude k životnímu prostředí chovat zodpovědně a nezhodí své nefunkční fotovoltaické panely někde u cesty místo toho, aby je správně recykloval, nebude dopad fotovoltaických panelů na životní prostředí nijak kritický.

Třetí kapitola je o připojení domu k distribuční síti. Práce v Sichru pro mě byla novou zkušeností, která mě jistě inspiruje, až budu stavět svůj vlastní dům. Snažila jsem se schéma připojení v Sichru co nejvíce přiblížit reálnému připojení od transformátoru až k domu. Výpočty zkratových proudů vyžadovaly práci s normami a katalogy kabelů, či studijními materiály z minulých let.

Čtvrtá kapitola pojednává o inteligentní elektroinstalaci. Jako podklad jsem použila elektroinstalaci domu, ve kterém žiji. V základu se inteligentní a klasická elektroinstalace moc neliší. Jen je potřeba větší množství kabelů a ovládacích prvků a také se liší jejich pospojování, které se u inteligentní elektroinstalace provádí do hvězdy, aby spolu systémy mohly jednoduše komunikovat. Ovládání domu přes mobil je sice velice lákavé, ale

v momentě výpadku elektřiny je potřeba buď záložní zdroj, nebo najednou bude dům téměř nepoužitelný. Nejsem si jistá, jestli je inteligentní elektroinstalace vhodná pro obyčejné lidi, spíše ji vidím jako vymoženost vyšších tříd, které si mohou

více připlatit (například automatické zalévání, audio v celém domě). Nějaké prvky je samozřejmě dobré mít automatizované a snadno ovladatelné, ale nemyslím si, že je to nutné u všeho.

Poslední kapitola je o porovnání nízkoenergetických sídel z hlediska ceny. Abych se dopracovala k cenovým návrhům jednotlivých domů, musela jsem nejprve zvolit, jaké prvky do nich budu instalovat. V případě nulového domu bylo podstatné osvětlit, jakým způsobem se určuje spotřeba elektrické energie a jaký by fotovoltaika mohla mít dopad na síť, kdyby si jí nainstaloval úplně každý. Po určení cen jednotlivých domů jsem propočítala návratnosti investic. Úspory jsem určila zpětně od roku 2008, dle cen elektřiny a plynu, z reálných hodnot na vyúčtování. Nejvýhodnější variantou z hlediska návratnosti investice byl nízkoenergetický dům. S ohledem na to, že domy jsou investicí na celý život, doby návratnosti u všech domů přijatelné (Nízkoenergetický, 12 let, Pasivní 18 let, Nulový 14 let). Dále jsem počítala dobu návratnosti při každoročním růstu energie o jedno procento. Doba návratnosti se celkem významně snížila (Nízkoenergetický 8 let, Pasivní 13 let, Nulový 11 let).

Téma práce mi přišlo velmi zajímavé a zkušenosti jistě použiji při stavbě vlastního domu.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] Směrnice Evropského parlamentu rady EU 2010/31/EU. *TZB-INFO* [online]. 2010 [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/smernice-evropskeho-parlamentu-a-rady-2010-31-eu-o-energeticke-narocnosti-budov-prepracovani>
- [2] Nové stavby už téměř vyhovují legislativě platné od roku 2020. *BVV* [online]. 2018 [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://www.bvv.cz/stavebni-veletrh-brno/aktuality/nove-stavby-uz-temer-vyhovuji-legislative-r-2020/>
- [3] *Pasivní domy* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2>
- [4] *Pozemní stavitelství* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps4/14.html>
- [5] MARTÍNEK, Zbyněk. *Návrh vytápění a větrání u pasivního rodinného sídla včetně projektu elektroinstalace a připojení na distribuční síť*. 2015. Diplomová. ZČU Plzeň. Vedoucí práce Jan Škorpil.
- [6] *Passive house* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: https://passivehouse.com/02_informations/02_passive-house-requirements/02_passive-house-requirements.htm
- [7] *Snímky z termovize* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <http://www.dnesnibydeni.cz/termovizni-mereni-vaseho-domu-odhali-nedostatky/>
- [8] *Izolační trojskla* [online]. 2019 [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <http://www.izolacniskla.cz/produkt.php?skupina=Izolacni-trojskla>
- [9] HÁJEK, Jan. *Zásady návrhu pasivních domů v souvislosti s jejich energetickou náročností*. 2017. Bakalářská práce. ZČU. Vedoucí práce Rostislav Šulc.

- [10] JIROVSKÝ, Jan. *Technicko-ekonomická analýza pasivního domu*. 2016. ZČU. Vedoucí práce Zbyněk Martínek.
- [11] *Test Blowerdoor* [online]. [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: http://www.test-blowerdoor.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=4&Itemid=4
- [12] SMOLA, Josef. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. 2011. Grada, 2011.
- [13] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy 3*. 2012. Grada, 2012.
- [14] *Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 3/2018* [online]. [cit. 2019-05-06]. Dostupné z: http://www.eru.cz/documents/10540/4697359/ERV_6_2018.pdf/b19eac97-d73e-472d-8105-d4e119a69cb8
- [15] KOPSOVÁ, Karolína. *Dimenzování výkonu kogenerační jednotky a její energetický audit*. 2016. Bakalářská práce. ČVUT.
- [16] *Recyklace fotovoltaických panelů* [online]. 2016 [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/fve-panely-recyklace>
- [17] *Recyklace fotovoltaických panelů* [online]. 2011 [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/7868-recyklace-fotovoltaickych-panelu-na-konci-zivotnosti>
- [18] JIROVSKÝ, Jan. *Návrh elektroinstalace rodinného sídla*. 2014. Diplomová práce. ZČU. Vedoucí práce Zbyněk Martínek.
- [19] ELEKTRICKÁ INSTALACE BUDOV - ČÁST 5: VÝBĚR A STAVBA ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ. ČSN 33 2000-5-523 ed. 2: 332000. 2003. 2003.
- [20] VORÁČ, Jiří. *Návrh moderní elektroinstalace do rodinného sídla*. 2009. Bakalářská práce. ZČU. Vedoucí práce Zbyněk Martínek.
- [21] *Značení kabelů* [online]. 2011 [cit. 2019-04-05].

- Dostupné z: <http://www.mbest.cz/wp-content/uploads/2013/01/T2.1a-Kabely.pdf>
- [22] *Dimenzování rozvodného zařízení* [online]. [cit. 2019-04-05].
Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~hejtman/PEC/Prednasky/pred4.pdf>
- [23] SEDLÁČEK, Pavel. *Návrh inteligentní elektrické instalace v RD za možnosti využití alternativních zdrojů energie*. 2017. Bakalářská práce. ZČU. Vedoucí práce Zbyněk Martínek.
- [24] ZKRATOVÉ PROUDY V TROJFÁZOVÝCH STRÍDAVÝCH SOUSTAVÁCH - ČÁST 0: VÝPOČET PROUDŮ. *ČSN EN 60909: 333022*. 6/2002. 2002.
- [25] Výpočtový program Sichr - manuál. *OEZ* [online]. 2015 [cit. 2019-05-09].
Dostupné z: <http://www.oez.cz/file/801>
- [26] Cena solárních panelů. *EON* [online]. [cit. 2019-05-09].
Dostupné z: <https://www.eon.cz/radce/solarni-panely-cena>
- [27] Cena dvojskel a trojskel. *Nazeleno* [online]. 2018 [cit. 2019-05-09].
Dostupné z: <https://www.nazeleno.cz/stavba/okna-a-dvere/dvojskla-nebo-trojskla-okna-a-uspory.aspx>
- [28] Solární ohřev - ceník. *Enerfinplus* [online]. [cit. 2019-05-09].
Dostupné z: <https://www.enerfinplus.cz/solarni-ohrev-vody-cenik-katalogove-listy.html>
- [29] Ceník větracích jednotek. *Zehnder* [online]. [cit. 2019-05-09].
Dostupné z: <https://www.zehnder.cz/downloads/csy>
- [30] Čtvrtletní zpráva o provozu ES ČR. *Zehnder* [online]. 2019 [cit. 2019-05-09].
Dostupné z: http://www.eru.cz/documents/10540/4580207/Ctvrtletni_zprava_2018_IV_Q.pdf/f47bc2a0-05e3-4402-a1db-5b6e2b0a44a4
- [31] HEJTMÁNKOVÁ, Pavla. *1. přednáška - 2019* – dostupné po přihlášení [online]. [cit. 2019-05-13]. Dostupné

- z: <https://portal.zcu.cz/portal/studium/courseware/kee/een/prednasky.html>
- [32] Baterie pro solární panely. *Solar-eshop* [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: https://www.solar-eshop.cz/c/fotovoltaika-1/solarni-akumulatory/lithiove-baterie/#pF=1415;pT=123900;p=1;sort=price_desc;
- [33] Tepelná čerpadla. *Cerpadla-ivt* [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/typy-tepelnych-cerpadel>
- [34] Tepelná čerpadla vzduch-vzduch a vzduch-voda. *Lupa*[online]. 2013 [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://www.lupa.cz/clanky/tepelna-cerpadla-vzduch-vzduch-a-vzduch-voda-jak-funguji-a-kam-se-hodi/>
- [35] Vyhláška č. 78/2013 Sb. Vyhláška o energetické náročnosti budov. *Zákony pro lidi* [online]. 2013 [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-78?text=energetick%C3%A1+n%C3%A1ro%C4%8Dnost+budov>
- [36] SUNPOWER SPR-327NE-WHT. *Eshop.terms* [online]. 2013 [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <http://eshop.terms.eu/cz/e-shop/1025655/c68811-fotovoltaicke-panely/sunpower-spr-327ne-wht.html>
- [37] Solární elektrárna o výkonu 2,6 kWp na klíč. *Solární experti* [online]. [cit. 2019-05-09]. Dostupné z: <https://www.solarniexpert.cz/solarni-systemy/fotovoltaika/fotovoltaicka-elektrarna-fve-o-vykonu-26-kwp-na-klic/>
- [38] Kabel AYKY. *NKT* [online]. [cit. 2019-05-13]. Dostupné z: https://www.nkt.cz/fileadmin/user_upload/Products/Data_sheets/1-AYKY+DS+CZ+EN.pdf
- [39] Kabel CYKY . *KVELEKTRO* [online]. [cit. 2019-05-13]. Dostupné z: https://www.kvelektro.cz/wp-content/uploads/2015/11/06_PRAKAB_katalog_vyrobku.pdf
- [40] ČSN 33 3015: *Elektrotechnické předpisy. Elektrické stanice a elektrická zařízení.*

- Zásady dimenzování podle elektrodynamické a tepelné odolnosti při zkratech.* 1993.
- [41] MARTÍNEK, Zbyněk. *Projektování elektroinstalací: Syllabus pro cvičení.* 1995. ISBN 80-7082-197-3.
- [42] NOHÁČ, Karel. *Dimenzování vodičů* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~nohac/EE1/TepelneUcinkyZkratovehoProudu/index.php?pg=teorie>
- [43] *Fotovoltaika* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <http://www.isofenenergy.cz/Slunecni-zareni-v-CR.aspx>
- [44] MARTÍNEK, Zbyněk, Lucie KUČEROVÁ a Karel NOHÁČ. *Projektování elektroinstalací I.* 1994. ISBN 80-7082-129-9.
- [45] AULICKÝ, Tomáš. *Návrh elektroinstalace v rodinném sídle s využitím smart technologií.* 2018. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce Zbyněk Martínek.
- [46] *Inteligentní elektroinstalace* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.inels.cz/reference#>
- [47] *Inteligentní elektroinstalace* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <http://clr-czech.com/inteligentni-elektroinstalace-loxone/>
- [48] VANIŠ, Luboš. *Projekt elektroinstalace.*

Seznam příloh

1. Průkaz energetické náročnosti budov
2. Sichr – Nulový dům – výstup z programu přiložen, zdrojový kód na přiloženém CD
3. Excel – Nulový dům – na přiloženém CD
4. Elektroinstalace – na přiloženém CD

Příloha 1:

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. xxx/2012 Sb., o energetické náročnosti budov

<p>Ulice, číslo:</p> <p>PSČ, místo:</p> <p>Typ budovy:</p> <p>Plocha obálky budovy: m²</p> <p>Objemový faktor tvaru A/V: m²/m³</p> <p>Celková energeticky vztažná plocha: m²</p>	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> FOTO </div>
--	--

ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

Celková dodaná energie (Energie na vstupu do budovy)	Neobnovitelná primární energie (Vliv provozu budovy na životní prostředí)																																																																				
Měrné hodnoty kWh/(m²·rok)																																																																					
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">A</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">Dop.</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">A</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">Mimofádně úsporná</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">← XXX</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">← XXX</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">B</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">XXX</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">B</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">Velmi úsporná</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">← XXX</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">← XXX</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">C</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">C</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">Úsporná</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">← XXX</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">← XXX</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">D</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">D</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">Méně úsporná</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">← XXX</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">← XXX</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">E</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">E</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">Nehospodárna</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">← XXX</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">← XXX</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">F</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">F</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">Velmi nehospodárna</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">← XXX</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">← XXX</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">G</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">G</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">Mimofádně nehospodárna</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">← XXX</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">← XXX</td> </tr> </table>	A	Dop.	A	Mimofádně úsporná	← XXX	← XXX	B	XXX	B	Velmi úsporná	← XXX	← XXX	C		C	Úsporná	← XXX	← XXX	D		D	Méně úsporná	← XXX	← XXX	E		E	Nehospodárna	← XXX	← XXX	F		F	Velmi nehospodárna	← XXX	← XXX	G		G	Mimofádně nehospodárna	← XXX	← XXX	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">Dop.</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">A</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">← XXX</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">← XXX</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">XXX</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">B</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">← XXX</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">← XXX</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">C</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">← XXX</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">← XXX</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">D</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">← XXX</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">← XXX</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">E</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">← XXX</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">← XXX</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">F</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">← XXX</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">← XXX</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"></td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">G</td> </tr> </table>	Dop.	A	← XXX	← XXX	XXX	B	← XXX	← XXX		C	← XXX	← XXX		D	← XXX	← XXX		E	← XXX	← XXX		F	← XXX	← XXX		G
A	Dop.	A																																																																			
Mimofádně úsporná	← XXX	← XXX																																																																			
B	XXX	B																																																																			
Velmi úsporná	← XXX	← XXX																																																																			
C		C																																																																			
Úsporná	← XXX	← XXX																																																																			
D		D																																																																			
Méně úsporná	← XXX	← XXX																																																																			
E		E																																																																			
Nehospodárna	← XXX	← XXX																																																																			
F		F																																																																			
Velmi nehospodárna	← XXX	← XXX																																																																			
G		G																																																																			
Mimofádně nehospodárna	← XXX	← XXX																																																																			
Dop.	A																																																																				
← XXX	← XXX																																																																				
XXX	B																																																																				
← XXX	← XXX																																																																				
	C																																																																				
← XXX	← XXX																																																																				
	D																																																																				
← XXX	← XXX																																																																				
	E																																																																				
← XXX	← XXX																																																																				
	F																																																																				
← XXX	← XXX																																																																				
	G																																																																				
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	XX,X	XX,X																																																																			


DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

Opatření pro	Stanovena
Vnější stěny:	<input checked="" type="checkbox"/>
Okna a dveře:	<input checked="" type="checkbox"/>
Střechu:	<input checked="" type="checkbox"/>
Podlahu:	<input type="checkbox"/>
Vytápění:	<input checked="" type="checkbox"/>
Chlazení/klimatizaci:	<input type="checkbox"/>
Větrání:	<input checked="" type="checkbox"/>
Přípravu teplé vody:	<input type="checkbox"/>
Osvětlení:	<input checked="" type="checkbox"/>
Jiné:	<input type="checkbox"/>

Popis opatření je v protokolu průkazu a vyhodnocení jejich dopadu na energetickou náročnost je znázorněno šipkou **Doporučení**

PODÍL ENERGO NOSITELŮ NA DODANÉ ENERGII

Hodnoty pro celou budovu
MWh/rok



- Elektřina ze sítě - XX,X
- Slunce a en. prostředí - XX,X
- Zemní plyn - XX,X

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	U_{ext} W/(m² K)	Dílčí dodané energie					
		Měrné hodnoty kWh/(m²·rok)					
Množství opama	      						
Množství neopama							
	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: green; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: green; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: green; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: yellow; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: orange; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: orange; margin-bottom: 2px;"></div> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: red; margin-bottom: 2px;"></div> </div>						
	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Dop.</div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Dop.</div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Dop.</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Dop.</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Dop.</div>
	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">XX,XX</div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">XX</div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">XX</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">XX</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">XX</div>
		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Dop.</div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">XX</div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Dop.</div>	
		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">XX</div>			<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">XX</div>		
					<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">XX</div>		
						<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">XX</div>	
							<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">XX</div>
	Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	XX,X	XX,X	XX,X	XX,X	XX,X	XX,X

Zpracovatel: Osvědčení č.:

Kontakt: Vyhотовeno dne:

..... Podpis:

Příloha č. 2: Sích

**Nulový dům - šance nebo hrozba energetické budoucnosti rodinných sídel**

Autor : Karolína Kopsová

Datum : 29.02.2019

Všeobecné informace a soupiska materiálu

Soubor : ND

Síť TN, jmenovité napětí AC 230 / 400 V.

K ověření selektivity byly použity údaje výrobce

K výpočtu byly použity následující normy : ČSN 33 2000-4-41 ed. 3, PNE 33 0000-1 ed. 6, ČSN 33 2000-4-43 ed. 2 a ČSN 33 2000-5-52 ed. 2.

K zobrazení vypínacích charakteristik byly použity údaje výrobce

Charakteristiky jsou vedeny v 75% proudového rozptylového pásma

Pro výpočty zkratů byla použita ČSN EN 60909-0

Soupiska strojů, přístrojů a vodičů

Veškeré přístroje jsou uvedeny pouze v základním provedení

Doplňkové příslušenství naleznete v katalogu nebo Konfiguratoru OEZ

Přístroje označené * nemají úplné typové označení a je nutné je vyhledat v katalogu nebo Konfiguratoru OEZ

1F0	PM45 40A	3 ks
PY 0167	5TBND 630-24/ED 22/0.40, In = 909 A, Sr = 630 kVA	1 ks
1000 A	* BL1600SE3... + SE-BL-1000-DTVE	1 ks
315 A	* FSD2-3...	1 ks
315 A	PNA2 315A gG	3 ks
63 m	1-AYKY 3x240+120	63 m
250 A	* FH2-3...	1 ks
250 A	PNA2 250A gG	3 ks
160 A	* FH2-3...	1 ks
160 A	PNA2 160A gG	3 ks
55 m	1-AYKY 3x120+70	55 m
25 m	1-AYKY 3x120+70	25 m
15 m	1-AYKY 3x120+70	15 m
35 m	1-AYKY 3x120+70	35 m
15 m	1-AYKY 3x120+70	15 m
20 m	1-AYKY 3x120+70	20 m
130 m	1-AYKY 3x120+70	130 m
50 A	* FH2-3...	1 ks
50 A	PNA2 50A gG	3 ks
3 m	AYKY 4x16	3 m
25 A	LTN-25B-3	1 ks
12 m	CYKY4x16	12 m
6 m	CYKY4x16	6 m

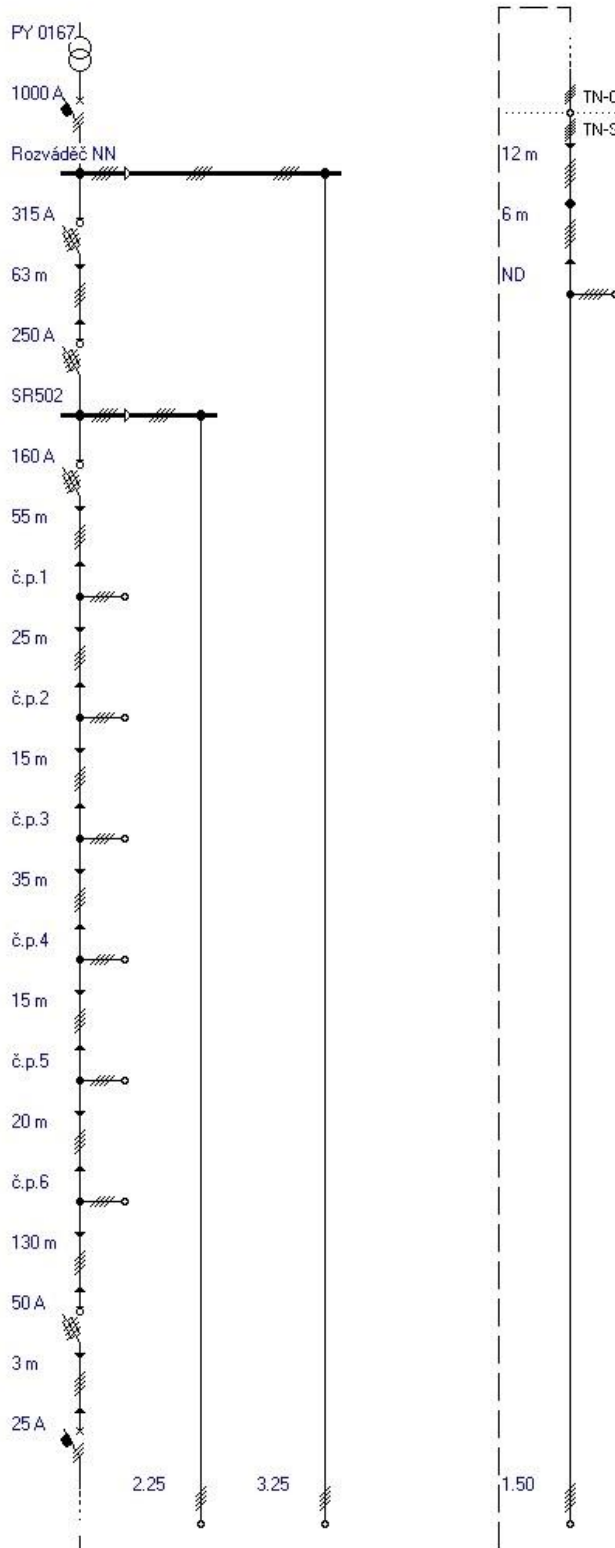


Nulový dům - šance nebo hrozba energetické budoucnosti rodinných sídel
Celkové schéma

Datum : 29.02.2019

Soubor : ND

Sít TN, Un = 230 / 400 V





Nulový dům - šance nebo hrozba energetické budoucnosti rodinných sídel

Přehled parametrů a výpočtů (TN, Un = 230/400 V)

Datum : 29.02.2019

Soubor : ND

PY 01675TBNO 630-24/ED 22/0.40

U2 = 231/400 V Sr = 630 kVA Ik'' = 14.8 kA
In = 909 A uk = 6 % ip = 31.6 kA
dU = 0.2 %

Parametry VN sítě : Sk = 500 MVA, X/R = 10
VN pojistky PM45, 22/25kV, 40A
Zs(0,4s) = 15 mΩhm, Ia = 15.91 kA, R(50V/5s) = 4 mΩhm

1000 A BL1600SE3... + SE-BL-1000-DTVE

In = 1000 A IR = 909 A Icu = 65 kA
ip = 31.6 kA

Ii = 11362.50 A
Zs(0,4s) = 25 mΩhm, Ia = 9.25 kA, R(50V/5s) = 10 mΩhm
1F0-1000 A selektivní minimálně do 22.3 kA > Ik'' = 14.8 kA
1F0-1000 A zaručena plná selektivita

RozváděSběrnice

B = 1 Ik'' = 14.8 kA
U = 399 V (Un - 0.2%) ip = 31.6 kA

O.K. Zsv < Zs(0,4s) (15.6 mΩhm < 25.0 mΩhm)

315 A PNA2 315A qG

In = 315 A Icc = 120 kA
1000 zaručena plná selektivita io = 18.5 kA

Připojeno pomocí FSD2
Zs(0,4s) = 65 mΩhm, Ia = 3.56 kA, R(50V/5s) = 27 mΩhm
1000 A-315 A selektivní minimálně do 65.0 kA > Ik'' = 14.8 kA

63 m 1-AYKY 3x240+120

Iz = 355 A tm = 57 ° C (Ik'' = 9.88 kA)
dU = 0.2 % I2t < k2S2 io = 16.6 kA

63 m v zemi (D)
O.K. Zsv < Zs(0,4s) (40.5 mΩhm < 65.0 mΩhm)
k = 0.990

250 A PNA2 250A qG

In = 250 A Icc = 120 kA
io = 13.8 kA

Připojeno pomocí FH2
Zs(0,4s) = 86 mΩhm, Ia = 2.68 kA, R(50V/5s) = 34 mΩhm
315 A-250 A selektivní minimálně do 5.9 kA

SR502 Sběrnice

B = 1 io = 13.8 kA
U = 398 V (Un - 0.4%)

(Ik'' = 9.88 kA, ip = 16.7 kA)
O.K. Zsv < Zs(0,4s) (40.4 mΩhm < 86.2 mΩhm)

160 A PNA2 160A qG

In = 160 A Icc = 120 kA
250 zaručena plná selektivita io = 9.34 kA

Připojeno pomocí FH2
Zs(0,4s) = 162 mΩhm, Ia = 1.43 kA, R(50V/5s) = 64 mΩhm
250 A-160 A selektivita ověřena do 10.0 kA > Ik'' = 9.88 kA

55 m 1-AYKY 3x120+70

Iz = 243 A tm = 57 ° C (Ik'' = 6.46 kA)
dU = 0.4 % I2t < k2S2 io = 8.43 kA

55 m v zemi (D)
Ochrana automatickým odpojením od zdroje zde není požadována
k = 0.990

č.p.1 Vývod

P = 6.0 kWxB=4.5 kcos fi = 0.95 io = 8.43 kA
I = 6.84 A B = 0.75
U = 397 V (Un - 0.8%)

(Ik'' = 6.46 kA, ip = 9.70 kA)
Ochrana automatickým odpojením od zdroje zde není požadována

25 m 1-AYKY 3x120+70

Iz = 243 A tm = 57 ° C (Ik'' = 5.51 kA)
dU = 0.2 % I2t < k2S2 io = 8.11 kA

25 m v zemi (D)
O.K. Zsv < Zs(0,4s) (98.0 mΩhm < 162 mΩhm)
k = 0.990

č.p.2 Vývod

P = 6.0 kWxB=4.5 kcos fi = 0.95 io = 8.11 kA
I = 6.84 A B = 0.75
U = 396 V (Un - 0.9%)

(Ik'' = 5.51 kA, ip = 8.15 kA)
O.K. Zsv < Zs(0,4s) (98.0 mΩhm < 162 mΩhm)

15 m 1-AYKY 3x120+70

Iz = 243 A tm = 57 ° C (Ik'' = 5.05 kA)
dU = 0.1 % I2t < k2S2 ip = 7.43 kA

15 m v zemi (D)
Ochrana automatickým odpojením od zdroje zde není požadována
k = 0.990

č.p.3 Vývod

P = 6.0 kWxB=4.5 kcos fi = 0.95 Ik'' = 5.05 kA

O.K. Zsv < Zs(0,4s) (109 mΩhm < 162 mΩhm)

	$I = 6.84 \text{ A}$ $U = 396 \text{ V (} U_n - 1.0\% \text{)}$	$B = 0.75$	$i_p = 7.43 \text{ kA}$	
35 m	1-AYKY 3x120+70 $I_z = 243 \text{ A}$ $dU = 0.2 \%$	$t_m = 57 \text{ }^\circ \text{C}$ $I_{2t} < k_{2S2}$	$I_k'' = 4.22 \text{ kA}$ $i_p = 6.16 \text{ kA}$	35 m v zemi (D) O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ (135 mΩhm < 162 mΩhm) $k = 0.990$
č.p.4	Vývod $P = 6.0 \text{ kW}$ \times $B = 4.5 \text{ kcos } \phi_i = 0.95$ $I = 6.84 \text{ A}$ $U = 395 \text{ V (} U_n - 1.2\% \text{)}$		$I_k'' = 4.22 \text{ kA}$ $i_p = 6.16 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ (135 mΩhm < 162 mΩhm)
15 m	1-AYKY 3x120+70 $I_z = 243 \text{ A}$ $dU = 0.1 \%$	$t_m = 57 \text{ }^\circ \text{C}$ $I_{2t} < k_{2S2}$	$I_k'' = 3.94 \text{ kA}$ $i_p = 5.74 \text{ kA}$	15 m v zemi (D) O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ (146 mΩhm < 162 mΩhm) $k = 0.990$
č.p.5	Vývod $P = 6.0 \text{ kW}$ \times $B = 4.5 \text{ kcos } \phi_i = 0.95$ $I = 6.84 \text{ A}$ $U = 395 \text{ V (} U_n - 1.2\% \text{)}$		$I_k'' = 3.94 \text{ kA}$ $i_p = 5.74 \text{ kA}$	Ochrana automatickým odpojením od zdroje zde není požadována
20 m	1-AYKY 3x120+70 $I_z = 243 \text{ A}$ $dU = 0.1 \%$	$t_m = 57 \text{ }^\circ \text{C}$ $I_{2t} < k_{2S2}$	$I_k'' = 3.62 \text{ kA}$ $i_p = 5.26 \text{ kA}$	20 m v zemi (D) O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ (161 mΩhm < 162 mΩhm) $k = 0.990$
č.p.6	Vývod $P = 6.0 \text{ kW}$ \times $B = 4.5 \text{ kcos } \phi_i = 0.95$ $I = 6.84 \text{ A}$ $U = 395 \text{ V (} U_n - 1.3\% \text{)}$		$I_k'' = 3.62 \text{ kA}$ $i_p = 5.26 \text{ kA}$	Ochrana automatickým odpojením od zdroje zde není požadována
130 m	1-AYKY 3x120+70 $I_z = 243 \text{ A}$ $dU = 0.3 \%$	$t_m = 10 \text{ }^\circ \text{C}$ $I_{2t} < k_{2S2}$	$I_k'' = 2.35 \text{ kA}$ $i_p = 3.40 \text{ kA}$	130 m v zemi (D) Ochrana automatickým odpojením od zdroje zde není požadována $k = 0.990$
50 A	PNA2 50A qG $I_n = 50 \text{ A}$		$I_{cc} = 120 \text{ kA}$ $i_o = 2.68 \text{ kA}$	Připojeno pomocí FH2 $Z_s(0,4s) = 678 \text{ m}\Omega\text{hm}$, $I_a = 340 \text{ A}$, $R(50V/5s) = 264 \text{ m}\Omega\text{hm}$ 160 A-50 A selektivita ověřena do 100.0 kA > $I_k'' = 2.35 \text{ kA}$ Selektivita jistiění zde není požadována
3 m	AYKY 4x16 $I_z = 41 \text{ A}$ $dU = 0.1 \%$	$t_m = 56 \text{ }^\circ \text{C}$ $I_{2t} < k_{2S2}$	$(I_k'' = 2.23 \text{ kA})$ $i_o = 2.65 \text{ kA}$	3 m v izolační stěně (A) O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ (272 mΩhm < 678 mΩhm) Teplota okolí [st. C]: 30 Způsob uložení : V izolační stěně Počet seskupených obvodů : 1 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené
25 A	LTN-25B $I_n = 25 \text{ A}$		$I_{cn} = 50 \text{ kA}^*$ $i_o = 2.65 \text{ kA}$	$I_i = 112.50 \text{ A}$ $Z_s(0,4s) = 1.86 \text{ }\Omega\text{hm}$, $I_a = 124 \text{ A}$, $R(50V/5s) = 402 \text{ m}\Omega\text{hm}$ 50 A-25 A selektivita ověřena do 1.7 kA
2.25	Vývod $S = 0 \text{ VA}$ $U = 398 \text{ V (} U_n - 0.4\% \text{)}$		$i_o = 13.8 \text{ kA}$	$(I_k'' = 9.88 \text{ kA, } i_p = 16.7 \text{ kA})$ O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ (40.4 mΩhm < 86.2 mΩhm)
3.25	Vývod $S = 0 \text{ VA}$ $U = 399 \text{ V (} U_n - 0.2\% \text{)}$		$I_k'' = 14.8 \text{ kA}$ $i_p = 31.6 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ (15.6 mΩhm < 25.0 mΩhm)
12 m	CYKY4x16			

	$I_z = 65 \text{ A}$ $dU = 0.1 \%$	$t_m = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ $I_{2t} < k2S2$	$I_k'' = 1.98 \text{ kA}$ $i_p = 2.85 \text{ kA}$	12 m v zemi (D) O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ (303 m Ω hm < 1.86 Ω hm) Teplota okolí [st. C] : 20 Měrný tepelný odpor [K.m ² /W] : 2.5 = suchá půda, velmi řídké deště Uspořádání seskupených obvodů : 1 x přímo v zemi
6 m	<u>CYKY4x16</u> $I_z = 52 \text{ A}$ $dU = 0.1 \%$	$t_m = 44 \text{ }^\circ\text{C}$ $I_{2t} < k2S2$	$I_k'' = 1.87 \text{ kA}$ $i_p = 2.70 \text{ kA}$	6 m v izolační stěně (A) O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ (318 m Ω hm < 1.86 Ω hm) Teplota okolí [st. C] : 30 Způsob uložení : V izolační stěně Počet seskupených obvodů : 1 Uspořádání seskupených obvodů : Seskupené ve svazku, zapuštěné nebo uzavřené
ND	<u>Vývod</u> $P = 20 \text{ kW}$ $I = 20.7 \text{ A}$ $U = 393 \text{ V (} U_n - 1.9\% \text{)}$	$\cos \phi = 0.95$ $B = 0.7$	$I_k'' = 1.87 \text{ kA}$ $i_p = 2.70 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ (318 m Ω hm < 1.86 Ω hm)
1.50	<u>Vývod</u> $S = 0 \text{ VA}$ $U = 393 \text{ V (} U_n - 1.9\% \text{)}$		$I_k'' = 1.87 \text{ kA}$ $i_p = 2.70 \text{ kA}$	O.K. $Z_{sv} < Z_s(0,4s)$ (318 m Ω hm < 1.86 Ω hm)



Nulový dům - šance nebo hrozba energetické budoucnosti rodinných sídel

Nastavení nadproudových spouští

Datum : 29.02.2019

Soubor : ND

1000 A

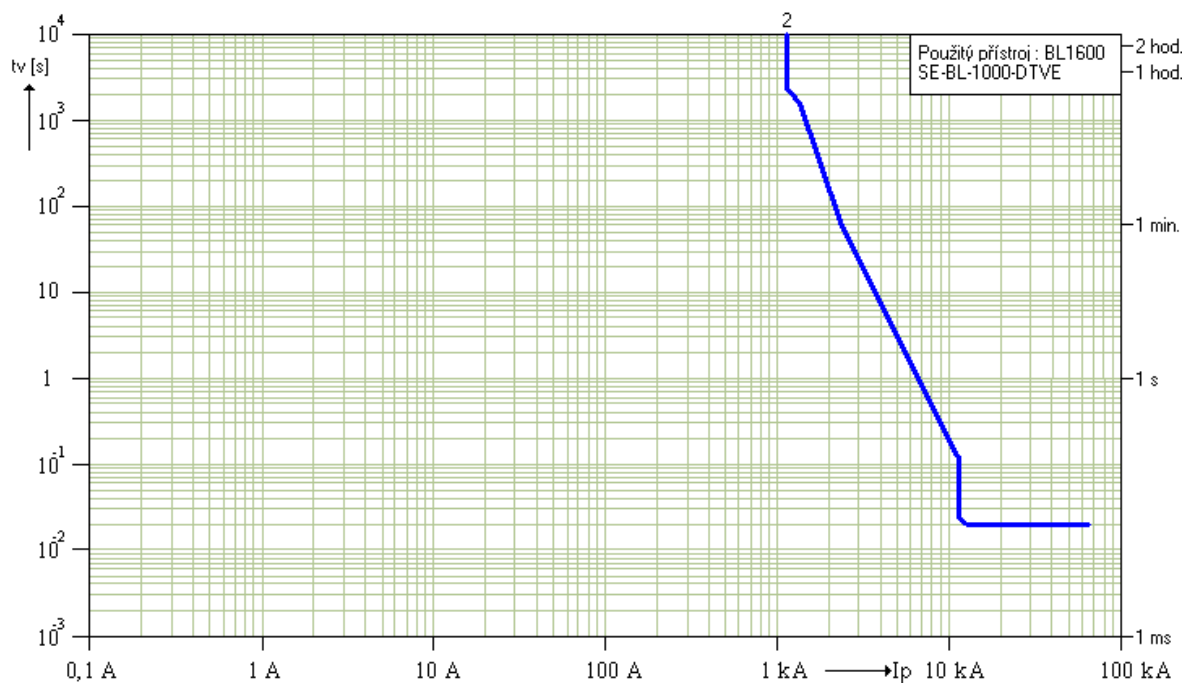
BL1600SE3... + SE-BL-1000-DTVE

I_{cu} = 65 kA

I_n = 1000 A

I_R = 909 A

I_i = 11362.50 A





Nulový dům - šance nebo hrozba energetické budoucnosti rodinných sídel
Selektivita jištění

Datum : 29.02.2019

Soubor : ND

Sít TN, Un = 230 / 400 V

1F0	Přístroj	Poznámka
PY 0167	STBNO 630-24/ED 22/0.40 In = 909 A Sr = 630 kVA Ik'' = 14.8 kA	VN pojistky PM45, 22/25kV, 40A
1000 A	U2 = 231/400 V dU = 0.2 % uk = 6 % ip = 31.6 kA	
	BL1600S-DTVE In = 1000 A IR = 909 A Icu = 65 kA li = 11362.50 A	
	1F0-1000 zaručena plná selektivita	
Rozváděč NN	Sběrnice B = 1 Ik'' = 14.8 kA	
	U = 399 V (Un - 0.2%) ip = 31.6 kA	
315 A	PNA2qG In = 315 A Icc = 120 kA	Připojeno pomocí FSD2
	1000 zaručena plná selektivita	
63 m	1-AYKY 3x240+120 Iz = 355 A tm = 57 ° C (Ik'' = 9.88 kA) 63 m v zemi (D)	
	dU = 0.2 % I ² t < k ² S ² io = 16.6 kA	
250 A	PNA2qG In = 250 A Icc = 120 kA	Připojeno pomocí FH2
	315 A-250 A selektivní minimálně do 5.9 kA	
SR502	Sběrnice B = 1 (Ik'' = 9.88 kA, ip = 16.7 kA)	
	U = 398 V (Un - 0.4%) io = 13.8 kA	
160 A	PNA2qG In = 160 A Icc = 120 kA	Připojeno pomocí FH2
	250 zaručena plná selektivita	
55 m	1-AYKY 3x120+70 Iz = 243 A tm = 57 ° C (Ik'' = 6.46 kA) 55 m v zemi (D)	
	dU = 0.4 % I ² t < k ² S ² io = 8.43 kA	
č.p.1	Vývod P = 6.0 kWxB=4.5 kW cos fi = 0.95 (Ik'' = 6.46 kA, ip = 9.70 kA)	
	I = 6.84 A U = 397 V (Un - 0.8%) B = 0.75io = 8.43 kA	
25 m	1-AYKY 3x120+70 Iz = 243 A tm = 57 ° C (Ik'' = 5.51 kA) 25 m v zemi (D)	
	dU = 0.2 % I ² t < k ² S ² io = 8.11 kA	
č.p.2	Vývod P = 6.0 kWxB=4.5 kW cos fi = 0.95 (Ik'' = 5.51 kA, ip = 8.15 kA)	
	I = 6.84 A U = 396 V (Un - 0.9%) B = 0.75io = 8.11 kA	
15 m	1-AYKY 3x120+70 Iz = 243 A tm = 57 ° C Ik'' = 5.05 kA 15 m v zemi (D)	
	dU = 0.1 % I ² t < k ² S ² ip = 7.43 kA	
č.p.3	Vývod P = 6.0 kWxB=4.5 kW cos fi = 0.95 Ik'' = 5.05 kA	
	I = 6.84 A U = 396 V (Un - 1.0%) B = 0.75ip = 7.43 kA	
35 m	1-AYKY 3x120+70 Iz = 243 A tm = 57 ° C Ik'' = 4.22 kA 35 m v zemi (D)	
	dU = 0.2 % I ² t < k ² S ² ip = 6.16 kA	
č.p.4	Vývod P = 6.0 kWxB=4.5 kW cos fi = 0.95 Ik'' = 4.22 kA	
	I = 6.84 A U = 395 V (Un - 1.2%) B = 0.75ip = 6.16 kA	
15 m	1-AYKY 3x120+70 Iz = 243 A tm = 57 ° C Ik'' = 3.94 kA 15 m v zemi (D)	
	dU = 0.1 % I ² t < k ² S ² ip = 5.74 kA	
č.p.5	Vývod P = 6.0 kWxB=4.5 kW cos fi = 0.95 Ik'' = 3.94 kA	
	I = 6.84 A U = 395 V (Un - 1.2%) B = 0.75ip = 5.74 kA	
20 m	1-AYKY 3x120+70 Iz = 243 A tm = 57 ° C Ik'' = 3.62 kA 20 m v zemi (D)	
	dU = 0.1 % I ² t < k ² S ² ip = 5.26 kA	
č.p.6	Vývod P = 6.0 kWxB=4.5 kW cos fi = 0.95 Ik'' = 3.62 kA	
	I = 6.84 A U = 395 V (Un - 1.3%) B = 0.75ip = 5.26 kA	
130 m	1-AYKY 3x120+70 Iz = 243 A tm = 10 ° C Ik'' = 2.35 kA 130 m v zemi (D)	
	dU = 0.3 % I ² t < k ² S ² ip = 3.40 kA	
50 A	PNA2qG In = 50 A Icc = 120 kA	Připojeno pomocí FH2
	Selektivita jištění zde není požadována	
3 m	AYKY 4x16 Iz = 41 A tm = 56 ° C (Ik'' = 2.23 kA) 3 m v izolační stěně (A)	
	dU = 0.1 % I ² t < k ² S ² io = 2.65 kA	
25 A	LTN-25B In = 25 A Icn = 50 kA* li = 112.50 A	
	50 A-25 A selektivita ověřena do 1.7 kA	
		(Ik'' = 2.23 kA, ip = 3.22 kA)
	U = 393 V (Un - 1.7%) io = 2.65 kA	



Nulový dům - šance nebo hrozba energetické budoucnosti rodinných sídel

Impedanční smyčky

Datum : 29.02.2019

Soubor : ND

Sít TN, Un = 230 / 400 V

Přístroj	Poznámka
1F0	
PY 0167	STBNO 630-24/ED 22/0.40 In = 909 A Sr = 630 kVA Ik''= 14.8 kA VN pojistky PM45, 22/25kV, 40A Zs(0,4s) = 15 mΩhm, Ia = 15.91 kA, R(50V/5s) = 4 mΩhm
1000 A	BL1600S-DTVE In = 1000 A IR = 909 A Icu = 65 kA li = 11362.50 A Zs(0,4s) = 25 mΩhm, Ia = 9.25 kA, R(50V/5s) = 10 mΩhm
Rozváděč NN	Sběrnice B = 1 Ik''= 14.8 kA O.K. Zsv < Zs(0,4s) (15.6 mΩhm < 25.0 mΩhm) U = 399 V (Un - 0.2%) ip = 31.6 kA
315 A	PNA2qG In = 315 A Icc = 120 kA Připojeno pomocí FSD2 Zs(0,4s) = 65 mΩhm, Ia = 3.56 kA, R(50V/5s) = 27 mΩhm
63 m	1-AYKY 3x240+120 Iz = 355 A tm = 57 ° C (Ik''= 9.88 kA) O.K. Zsv < Zs(0,4s) (40.5 mΩhm < 65.0 mΩhm) 63 m, (D) dU = 0.2 % I ² t < k ² S ² io = 16.6 kA
250 A	PNA2qG In = 250 A Icc = 120 kA Připojeno pomocí FH2 Zs(0,4s) = 86 mΩhm, Ia = 2.68 kA, R(50V/5s) = 34 mΩhm
SR502	Sběrnice B = 1 O.K. Zsv < Zs(0,4s) (40.4 mΩhm < 86.2 mΩhm) U = 398 V (Un - 0.4%) io = 13.8 kA
160 A	PNA2qG In = 160 A Icc = 120 kA Připojeno pomocí FH2 Zs(0,4s) = 162 mΩhm, Ia = 1.43 kA, R(50V/5s) = 64 mΩhm
55 m	1-AYKY 3x120+70 Iz = 243 A tm = 57 ° C (Ik''= 6.46 kA) Ochrana automatickým odpojením od zdroje zde není požadována 55 m, (D) dU = 0.4 % I ² t < k ² S ² io = 8.43 kA
č.p.1	Vývod P = 6.0 kWxB=4.5 kW cos fi = 0.95 Ochrana automatickým odpojením od zdroje zde není požadována I = 6.84 A U = 397 V (Un - 0.8%) B = 0.75io = 8.43 kA
25 m	1-AYKY 3x120+70 Iz = 243 A tm = 57 ° C (Ik''= 5.51 kA) O.K. Zsv < Zs(0,4s) (98.0 mΩhm < 162 mΩhm) 25 m, (D) dU = 0.2 % I ² t < k ² S ² io = 8.11 kA
č.p.2	Vývod P = 6.0 kWxB=4.5 kW cos fi = 0.95 O.K. Zsv < Zs(0,4s) (98.0 mΩhm < 162 mΩhm) I = 6.84 A U = 396 V (Un - 0.9%) B = 0.75io = 8.11 kA
15 m	1-AYKY 3x120+70 Iz = 243 A tm = 57 ° C Ik''= 5.05 kA Ochrana automatickým odpojením od zdroje zde není požadována 15 m, (D) dU = 0.1 % I ² t < k ² S ² ip = 7.43 kA
č.p.3	Vývod P = 6.0 kWxB=4.5 kW cos fi = 0.95 Ik''= 5.05 kA O.K. Zsv < Zs(0,4s) (109 mΩhm < 162 mΩhm) I = 6.84 A U = 396 V (Un - 1.0%) B = 0.75ip = 7.43 kA
35 m	1-AYKY 3x120+70 Iz = 243 A tm = 57 ° C Ik''= 4.22 kA O.K. Zsv < Zs(0,4s) (135 mΩhm < 162 mΩhm) 35 m, (D) dU = 0.2 % I ² t < k ² S ² ip = 6.16 kA
č.p.4	Vývod P = 6.0 kWxB=4.5 kW cos fi = 0.95 Ik''= 4.22 kA O.K. Zsv < Zs(0,4s) (135 mΩhm < 162 mΩhm) I = 6.84 A U = 395 V (Un - 1.2%) B = 0.75ip = 6.16 kA
15 m	1-AYKY 3x120+70 Iz = 243 A tm = 57 ° C Ik''= 3.94 kA O.K. Zsv < Zs(0,4s) (146 mΩhm < 162 mΩhm) 15 m, (D) dU = 0.1 % I ² t < k ² S ² ip = 5.74 kA
č.p.5	Vývod P = 6.0 kWxB=4.5 kW cos fi = 0.95 Ik''= 3.94 kA Ochrana automatickým odpojením od zdroje zde není požadována I = 6.84 A U = 395 V (Un - 1.2%) B = 0.75ip = 5.74 kA
20 m	1-AYKY 3x120+70 Iz = 243 A tm = 57 ° C Ik''= 3.62 kA O.K. Zsv < Zs(0,4s) (161 mΩhm < 162 mΩhm) 20 m, (D) dU = 0.1 % I ² t < k ² S ² ip = 5.26 kA
č.p.6	Vývod P = 6.0 kWxB=4.5 kW cos fi = 0.95 Ik''= 3.62 kA Ochrana automatickým odpojením od zdroje zde není požadována I = 6.84 A U = 395 V (Un - 1.3%) B = 0.75ip = 5.26 kA
130 m	1-AYKY 3x120+70 Iz = 243 A tm = 10 ° C Ik''= 2.35 kA Ochrana automatickým odpojením od zdroje zde není požadována 130 m, (D) dU = 0.3 % I ² t < k ² S ² ip = 3.40 kA
50 A	PNA2qG In = 50 A Icc = 120 kA Připojeno pomocí FH2 Zs(0,4s) = 678 mΩhm, Ia = 340 A, R(50V/5s) = 264 mΩhm
3 m	AYKY 4x16 Iz = 41 A tm = 56 ° C (Ik''= 2.23 kA) O.K. Zsv < Zs(0,4s) (272 mΩhm < 678 mΩhm) 3 m, (A) dU = 0.1 % I ² t < k ² S ² io = 2.65 kA
25 A	LTN-25B In = 25 A Icn = 50 kA* li = 112.50 A Zs(0,4s) = 1.86 Ωhm, Ia = 124 A, R(50V/5s) = 402 mΩhm O.K. Zsv < Zs(0,4s) (275 mΩhm < 1.86 Ωhm)

U = 393 V (Un - 1.7%)



Nulový dům - šance nebo hrozba energetické budoucnosti rodinných sídel

Vypínací charakteristiky a nastavení spouští

Datum : 29.02.2019

Soubor : ND

Sít TN, Un = 230 / 400 V

1F0	Přístroj	Poznámka
PY 0167	STBNO 630-24/ED 22/0.40 In = 909 A Sr = 630 kVA Ik'' = 14.8 kA	VN pojistky PM45, 22/25kV, 40A
1000 A	U2 = 231/400 V dU = 0.2 % uk = 6 % ip = 31.6 kA	
	BL1600S-DTVE In = 1000 A IR = 909 A Icu = 65 kA li = 11362.50 A	
		ip = 31.6 kA
Rozváděč NN	Sběrnice B = 1 Ik'' = 14.8 kA	
	U = 399 V (Un - 0.2%) ip = 31.6 kA	
315 A	PNA2qG In = 315 A Icc = 120 kA Připojeno pomocí FSD2	
		io = 18.5 kA
63 m	1-AYKY 3x240+120 Iz = 355 A tm = 57 ° C (Ik'' = 9.88 kA) 63 m v zemi (D)	
	dU = 0.2 % I ² t < k ² S ² io = 16.6 kA	
250 A	PNA2qG In = 250 A Icc = 120 kA Připojeno pomocí FH2	
		io = 13.8 kA
SR502	Sběrnice B = 1 (Ik'' = 9.88 kA, ip = 16.7 kA)	
	U = 398 V (Un - 0.4%) io = 13.8 kA	
160 A	PNA2qG In = 160 A Icc = 120 kA Připojeno pomocí FH2	
		io = 9.34 kA
55 m	1-AYKY 3x120+70 Iz = 243 A tm = 57 ° C (Ik'' = 6.46 kA) 55 m v zemi (D)	
	dU = 0.4 % I ² t < k ² S ² io = 8.43 kA	
č.p.1	Vývod P = 6.0 kWxB=4.5 kW cos fi = 0.95 (Ik'' = 6.46 kA, ip = 9.70 kA)	
	I = 6.84 A U = 397 V (Un - 0.8%) B = 0.75io = 8.43 kA	
25 m	1-AYKY 3x120+70 Iz = 243 A tm = 57 ° C (Ik'' = 5.51 kA) 25 m v zemi (D)	
	dU = 0.2 % I ² t < k ² S ² io = 8.11 kA	
č.p.2	Vývod P = 6.0 kWxB=4.5 kW cos fi = 0.95 (Ik'' = 5.51 kA, ip = 8.15 kA)	
	I = 6.84 A U = 396 V (Un - 0.9%) B = 0.75io = 8.11 kA	
15 m	1-AYKY 3x120+70 Iz = 243 A tm = 57 ° C Ik'' = 5.05 kA 15 m v zemi (D)	
	dU = 0.1 % I ² t < k ² S ² ip = 7.43 kA	
č.p.3	Vývod P = 6.0 kWxB=4.5 kW cos fi = 0.95 Ik'' = 5.05 kA	
	I = 6.84 A U = 396 V (Un - 1.0%) B = 0.75ip = 7.43 kA	
35 m	1-AYKY 3x120+70 Iz = 243 A tm = 57 ° C Ik'' = 4.22 kA 35 m v zemi (D)	
	dU = 0.2 % I ² t < k ² S ² ip = 6.16 kA	
č.p.4	Vývod P = 6.0 kWxB=4.5 kW cos fi = 0.95 Ik'' = 4.22 kA	
	I = 6.84 A U = 395 V (Un - 1.2%) B = 0.75ip = 6.16 kA	
15 m	1-AYKY 3x120+70 Iz = 243 A tm = 57 ° C Ik'' = 3.94 kA 15 m v zemi (D)	
	dU = 0.1 % I ² t < k ² S ² ip = 5.74 kA	
č.p.5	Vývod P = 6.0 kWxB=4.5 kW cos fi = 0.95 Ik'' = 3.94 kA	
	I = 6.84 A U = 395 V (Un - 1.2%) B = 0.75ip = 5.74 kA	
20 m	1-AYKY 3x120+70 Iz = 243 A tm = 57 ° C Ik'' = 3.62 kA 20 m v zemi (D)	
	dU = 0.1 % I ² t < k ² S ² ip = 5.26 kA	
č.p.6	Vývod P = 6.0 kWxB=4.5 kW cos fi = 0.95 Ik'' = 3.62 kA	
	I = 6.84 A U = 395 V (Un - 1.3%) B = 0.75ip = 5.26 kA	
130 m	1-AYKY 3x120+70 Iz = 243 A tm = 10 ° C Ik'' = 2.35 kA 130 m v zemi (D)	
	dU = 0.3 % I ² t < k ² S ² ip = 3.40 kA	
50 A	PNA2qG In = 50 A Icc = 120 kA Připojeno pomocí FH2	
		io = 2.68 kA
3 m	AYKY 4x16 Iz = 41 A tm = 56 ° C (Ik'' = 2.23 kA) 3 m v izolační stěně (A)	
	dU = 0.1 % I ² t < k ² S ² io = 2.65 kA	
25 A	LTN-25B In = 25 A Icn = 50 kA* li = 112.50 A	
		io = 2.65 kA
		(Ik'' = 2.23 kA, ip = 3.22 kA)
	U = 393 V (Un - 1.7%) io = 2.65 kA	



Nulový dům - šance nebo hrozba energetické budoucnosti rodinných sídel

Ekonomická optimalizace

Datum : 29.02.2019

Soubor : ND

Sít TN, Un = 230 / 400 V

1F0	Přístroj	Poznámka
PY 0167	STBND 630-24/ED 22/0.40 In = 909 A Sr = 630 kVA Ik'' = 14.8 kA U ₂ = 231/400 V dU = 0.2 % uk = 6 % ip = 31.6 kA	VN pojistky PM45, 22/25kV, 40A
1000 A	BL1600S-DTVE In = 1000 A IR = 909 A Icu = 65 kA li = 11362.50 A ip = 31.6 kA	
Rozváděč NN	Sběrnice B = 1 Ik'' = 14.8 kA U = 399 V (Un - 0.2%) ip = 31.6 kA	
315 A	PNA2qG In = 315 A Icc = 120 kA io = 18.5 kA	Připojeno pomocí FSD2
63 m	1-AYKY 3x240+120 Iz = 355 A	
250 A	PNA2qG In = 250 A Icc = 120 kA io = 13.8 kA	Připojeno pomocí FH2
SR502	Sběrnice B = 1 U = 398 V (Un - 0.4%) io = 13.8 kA	(Ik'' = 9.88 kA, ip = 16.7 kA)
160 A	PNA2qG In = 160 A Icc = 120 kA io = 9.34 kA	Připojeno pomocí FH2
55 m	1-AYKY 3x120+70 Iz = 243 A	
č.p.1	Vývod P = 6.0 kWxB=4.5 kW cos fi = 0.95 I = 6.84 A U = 397 V (Un - 0.8%) B = 0.75io = 8.43 kA	(Ik'' = 6.46 kA, ip = 9.70 kA)
25 m	1-AYKY 3x120+70 Iz = 243 A	
č.p.2	Vývod P = 6.0 kWxB=4.5 kW cos fi = 0.95 I = 6.84 A U = 396 V (Un - 0.9%) B = 0.75io = 8.11 kA	(Ik'' = 5.51 kA, ip = 8.15 kA)
15 m	1-AYKY 3x120+70 Iz = 243 A	
č.p.3	Vývod P = 6.0 kWxB=4.5 kW cos fi = 0.95 I = 6.84 A U = 396 V (Un - 1.0%) B = 0.75ip = 7.43 kA	Ik'' = 5.05 kA
35 m	1-AYKY 3x120+70 Iz = 243 A	
č.p.4	Vývod P = 6.0 kWxB=4.5 kW cos fi = 0.95 I = 6.84 A U = 395 V (Un - 1.2%) B = 0.75ip = 6.16 kA	Ik'' = 4.22 kA
15 m	1-AYKY 3x120+70 Iz = 243 A	
č.p.5	Vývod P = 6.0 kWxB=4.5 kW cos fi = 0.95 I = 6.84 A U = 395 V (Un - 1.2%) B = 0.75ip = 5.74 kA	Ik'' = 3.94 kA
20 m	1-AYKY 3x120+70 Iz = 243 A	
č.p.6	Vývod P = 6.0 kWxB=4.5 kW cos fi = 0.95 I = 6.84 A U = 395 V (Un - 1.3%) B = 0.75ip = 5.26 kA	Ik'' = 3.62 kA
130 m	1-AYKY 3x120+70 Iz = 243 A	
50 A	PNA2qG In = 50 A Icc = 120 kA io = 2.68 kA	Připojeno pomocí FH2
3 m	AYKY 4x16 Iz = 41 A	
25 A	LTN-25B In = 25 A Icn = 50 kA* Ili = 112.50 A io = 2.65 kA	(Ik'' = 2.23 kA, ip = 3.22 kA)
	U = 393 V (Un - 1.7%) io = 2.65 kA	



Nulový dům - šance nebo hrozba energetické budoucnosti rodinných sídel

Selektivita jištění

Datum : 29.02.2019

Soubor : ND

Sít TN, Un = 230 / 400 V

Zapojení	Přístroj	Poznámka
		Ik''= 2.23 kA ip = 3.22 kA
	U = 393 V (Un - 1.7%)	
	TN-C	
	TN-S	
12 m	CYKY4x16 Iz = 65 A tm = 30 ° C dU = 0.1 % I ² t < k ² S ²	Ik''= 1.98 kA 12 m v zemi (D) ip = 2.85 kA
6 m	CYKY4x16 Iz = 52 A tm = 44 ° C dU = 0.1 % I ² t < k ² S ²	Ik''= 1.87 kA 6 m v izolační stěně (A) ip = 2.70 kA
ND	Vývod P = 20 kWxB=14 kW cos φi = 0.95 I = 20.7 A U = 393 V (Un - 1.9%) B = 0.7	Ik''= 1.87 kA ip = 2.70 kA
1.50	Vývod S = 0 VA U = 393 V (Un - 1.9%)	Ik''= 1.87 kA ip = 2.70 kA



Nulový dům - šance nebo hrozba energetické budoucnosti rodinných sídel
Impedanční smyčky

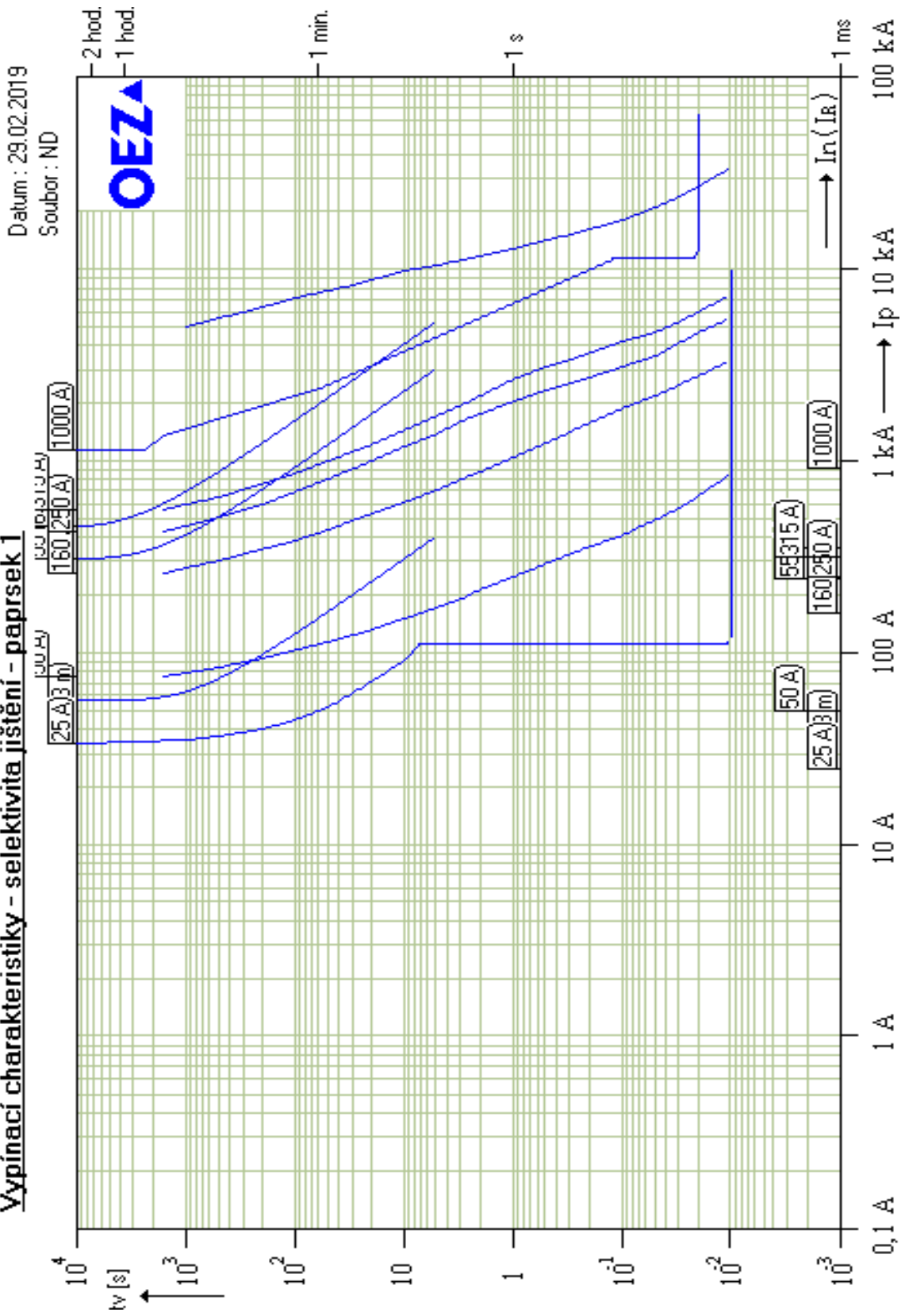
Datum : 29.02.2019

Soubor : ND

Sít TN, Un = 230 / 400 V

Zapojení	Přístroj	Poznámka
		$I_k'' = 2.23 \text{ kA}$
		$U = 393 \text{ V (} U_n \cdot 1.7\% \text{)} I_a = 124 \text{ A, } R(50\text{V}/5\text{s}) = 402 \text{ m}\Omega$
		TN-C
		TN-S
12 m	CYKY4x16 12 m, (D)	$I_z = 65 \text{ A}$ $t_m = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ $I_k'' = 1.98 \text{ kA}$ $I_p = 2.85 \text{ kA}$ $dU = 0.1 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$
6 m	CYKY4x16 6 m, (A)	$I_z = 52 \text{ A}$ $t_m = 44 \text{ }^\circ\text{C}$ $I_k'' = 1.87 \text{ kA}$ $I_p = 2.70 \text{ kA}$ $dU = 0.1 \%$ $I^2 t < k^2 S^2$
ND	Vývod $P = 20 \text{ kW} \times B = 14 \text{ kW}$ $I = 20.7 \text{ A}$	$\cos \phi_i = 0.95$ $I_k'' = 1.87 \text{ kA}$ $I_p = 2.70 \text{ kA}$ $U = 393 \text{ V (} U_n \cdot 1.9\% \text{)}$ $B = 0.7$
1.50	Vývod $S = 0 \text{ VA}$	$I_k'' = 1.87 \text{ kA}$ $I_p = 2.70 \text{ kA}$ $U = 393 \text{ V (} U_n \cdot 1.9\% \text{)}$

Nulový dům – šance nebo hrozba energetické budoucnosti rodinných sídel
Vypínací charakteristiky – selektivita jištění – paprsek 1



Nulový dům – šance nebo hrozba energetické budoucnosti rodinných sídel
Vypínací charakteristiky – impedanční smyčky – paprsek 1

