



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

## ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

## DIAGNOSTIKA VZDUCHOVÉHO JISTIČE NN

DIAGNOSTICS OF AIR CIRCUIT BREAKER FOR LOW VOLTAGE

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Bartoš

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Bohuslav Bušov, CSc.

BRNO 2020

# Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Silnoproudá elektrotechnika a elektroenergetika**

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

**Student:** Jan Bartoš

**ID:** 193657

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2019/20

**NÁZEV TÉMATU:**

## Diagnostika vzduchového jističe nn

### POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Nastudujte normy věnované zkoušení jističů nn.
2. Analyzujte konkrétní vzduchový jistič nn.
3. Teoreticky se připravte na diagnostiku konkrétního jističe podle požadavků zadavatele.
4. Srovnajte výrobcem udávané parametry konkrétního jističe s parametry jističe konkurence.

### DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] Havelka, Otto: Elektrické přístroje. Praha, SNTL, 1985

[2] IEC 60947 Low-voltage switchgear and controlgear

[3] MRAVEC, Ing. Rudolf, KLÍMEK, Ing. Adolf, ed. Elektrické stroje a přístroje: 2. Elektrické přístroje. Praha: SNTL, 1976.

[4] SIEMENS SENTRON 3WL1116 [online]. [cit. 2020-01-02]. Dostupné z:  
<http://support.industry.siemens.com/cs/products?dtp=Catalog&mf=ps&lc=enWW>

**Termín zadání:** 3.2.2020

**Termín odevzdání:** 10.6.2020

**Vedoucí práce:** doc. Ing. Bohuslav Bušov, CSc.

**doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.**  
předseda rady studijního programu

### UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

## **Abstrakt**

Bakalářská práce je zaměřena na jističe nízkého napětí. Součástí je uvedena historie vývoje jističů nízkého napětí a jejich základní dělení. Následně jsou popsány štítkové hodnoty vzduchového jističe Siemens a je provedeno srovnání tohoto jističe s výrobky konkurence. V práci jsou vysvětleny základní postupy diagnostiky. Práce obecně popisuje zkoušky vycházející z normy, a to měření přechodového odporu kontaktu, dielektrické zkoušky, zkoušky zapínacích a vypínacích časů, zkoušky ochran, zkoušky oteplení a zkratové zkoušky.

## **Klíčová slova**

Jistič, kompaktní jistič, diagnostika, vzduchový jistič, elektronická ochrana, nadproud, zkrat

## **Abstract**

This bachelor work is focused on low-voltage circuit breakers. It also includes the history of the low voltage circuit breakers. Subsequently, the label values of the Siemens air circuit breaker are described and the comparison of this circuit breaker with competitors' products is shown. Basic principles of diagnostics is explained in this bachelor work. Work is focused on examination of the standardized type tests such as temperature rise test, tripping limits and characteristics test, dielectric properties test.

## **Keywords**

Circuit breaker, air circuit breaker, compact circuit breaker, diagnostic, temperature-rise test, dielectric test, short circuit, overload

## **Bibliografická citace:**

BARTOŠ, Jan. *Diagnostika vzduchového jističe nn*. Brno, 2020. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/127535>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky. Vedoucí práce Bohuslav Bušov.



## **Prohlášení**

„Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Diagnostika vzduchového jističe nn jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: **10. června 2020**

.....  
podpis autora

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Bohuslavu Bušovovi CSc. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne: **10. června 2020**

.....  
podpis autora

# Obsah

Úvod.....	12
1. Jističe nízkého napětí .....	13
1.1 Vzduchové jističe NN .....	13
1.1.1 Malé jističe.....	13
1.1.2 Střední jističe .....	14
1.1.3 Velké jističe .....	16
1.2 Výkonové kompaktní jističe NN.....	16
1.3 Zhášení oblouku ve vzduchových jističích NN .....	18
2. Ochrany jističů NN .....	20
2.1 Nadproudové spouště .....	20
2.1.1 Elektromagnetické nadproudové spouště .....	21
2.1.2 Zpožďovací nadproudové spouště .....	21
2.1.3 Elektronické nadproudové spouště .....	22
3. Štítkové hodnoty vzduchového jističe .....	25
4. Vzduchový jistič SIEMENS sentron 3WL1116 .....	27
4.1 Všeobecné údaje.....	28
4.2 Elektronické spouště pro jistič Siemens 3WL11 .....	29
4.2.1 ETU45B .....	29
5. Porovnání jističe SIEMENS s výrobky konkurence .....	32
6. Diagnostika .....	34
6.1 Technická genetika a prognostika.....	34
6.2 Technická diagnostika.....	35
6.3 Základní pojmy diagnostiky.....	36
6.3.1 Vyšetřované objekty .....	37
6.3.2 Jevy a stavy diagnostiky .....	37
6.3.3 Poruchy .....	38
6.4 Technická diagnostika stavu objektu .....	38
6.4.1 Diagnostický proces.....	40
6.4.2 Diagnostické podmínky .....	41
7. Měření a zkoušky vzduchového jističe .....	43
7.1 Okolní podmínky zkoušek .....	43

7.2	Zkouška oteplení .....	43
7.3	Zkoušky vypínacích charakteristik nadproudů .....	44
7.3.1	Primární zkoušky ochran .....	44
7.3.2	Sekundární zkoušky ochran .....	45
7.4	Zkoušky zapínacích a vypínacích časů jističe.....	46
7.5	Zkoušky izolačních stavů.....	47
7.6	Zkoušky zkratové odolnosti .....	48
7.7	Měření přechodového odporu kontaktů .....	48
8.	Závěr .....	49

# Seznam symbolů a zkratek

## Zkratky:

FEKT	...	Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
VUT	...	Vysoké učení technické v Brně
NN	...	Nízké napětí
SF <sub>6</sub>	...	Fluorid sírový
ČSN	...	Česká norma
EN	...	Evropská norma
Kč	...	Koruna česká
IEC	...	International Electrotechnical Comision

## Symboly:

U	...	napětí	[V]
I	...	proud	[A]
I <sub>n</sub>	...	jmenovitý proud	[A]
I <sub>R</sub>	...	redukovaný proud	[A]
U <sub>i</sub>	...	izolační napětí	[V]
f	...	frekvence	[Hz]
U <sub>imp</sub>	...	jmenovité impulzní výdržné napětí	[V]
U <sub>e</sub>	...	jmenovité pracovní napětí	[V]
I <sub>cs</sub>	...	jmenovitá provozní zkratová vypínací schopnost	[A]
I <sub>cu</sub>	...	jmenovitá mezní zkratová vypínací schopnost	[A]
I <sub>cw</sub>	...	jmenovitý krátkodobý výdržný proud	[A]
T	...	teplota	[°C]
P	...	činný výkon	[W]
R	...	odpor	[Ω]

## Seznam obrázků

Obr. 1 Trojpólový jistič NN střední velikosti [1] .....	15
Obr. 2 Kompaktní jistič OEZ MODEION [13] .....	17
Obr. 3 Rošt zhášecí komory jističe Siemens Sentron 3WL11, kontakty jističe .....	19
Obr. 4 Vypínací charakteristika jističe NN [4] .....	22
Obr. 5 Obecný průběh vypínací charakteristiky [4].....	23
Obr. 6 Elektronická spoušť ETU45B.....	24
Obr. 7 Štítek vzduchového jističe Siemens 3WL11 16 .....	25
Obr. 8 Vzduchový jistič Siemens SENTRON [7] .....	27
Obr. 9 Popis jednotlivých částí jističe Siemens 3WL11 [12] .....	28
Obr. 10 Panel nadproudové ochrany ETU45B [12].....	30
Obr. 11 Vzájemné vazby základních aspektů technické diagnostiky[14] .....	36
Obr. 12 Vazby při diagnostice [14] .....	39
Obr. 13 Testovací diagnostika [14].....	40
Obr. 14 Primární zkoušky .....	45
Obr. 15 Sekundární zkoušky.....	46
Obr. 16 Vypínací a zapínací časy jističe.....	47

## Seznam tabulek

Tab. 1 Štítkové hodnoty vzduchových jističů.....	26
Tab. 2 Porovnání jističe Siemens Sentron s konkurencí [12] [10] [11].....	32
Tab. 3 Maximální hodnoty oteplení vzduchových jističů [9].....	44

# ÚVOD

Tato bakalářská práce je zaměřena na seznámení se s funkcemi a konstrukcemi jističů pro nízké napětí. Práce má sloužit jako metodický pokyn pro zaměstnance společnosti, která se mimo jiné zaměřuje na diagnostiku a opravy přístrojů NN, včetně vzduchových jističů.

Jističe jsou zařízení, které jsou používány k jištění elektrických obvodů. Na jistič jsou v rámci všech spínacích prvků v rozváděči kladené největší požadavky, a to z důvodu, že jejich primárním účelem je jistit obvod proti zkratu a nadproudu a chránit tak ostatní zařízení zapojené v elektrickém obvodě. Existuje více druhů jističů, které umí pracovat na napětíové hladině nízkého napětí s různými hodnotami jmenovitého proudu. Pro proudy až do 6300 A jsou bezvýhradně používány vzduchové jističe [1].

Jistič zastává v elektrických obvodech velice důležité místo. Proto je zapotřebí dodržovat pravidelnou údržbu, včetně kontroly správné funkce tohoto zařízení. Správná a včasná diagnostika jističe, dokáže pozitivně ovlivnit i ekonomické hledisko. Vždy je lepší závadám předcházet. Příkladem ovlivnění ekonomického hlediska mohou být přechodové odpory na kontaktech jističe, díky kterým se může jistič nadměrně zahřívat, což má za následek degradaci materiálů kontaktu. Tyto skutečnosti mohou mít za následek zkrácení životnosti jističe, jeho možnou poruchu a nemožnost vypnutí zkratového proudu.

Tato práce seznamuje s funkcemi a konstrukcemi jističů nízkého napětí. V práci jsou vysvětleny šítkové parametry uváděné na jističích. V práci jsou vysvětleny základy diagnostiky. Součástí je také srovnání parametrů jističe od firmy Siemens s konkurenčními výrobky.

V rámci normy IEC60947-2 jsou vysvětleny některé zkoušky, které mohou být součástí diagnostiky výkonového vzduchového jističe.



# 1. JISTIČE NÍZKÉHO NAPĚTÍ

Všechny silnoproudé elektrické obvody je nutné chránit před nežádoucími účinky nadproudů nebo zkratových proudů. K tomuto účelu se používají samočinné vypínače. Jističem je tento samočinný vypínač nazýván za předpokladu, že je použit v instalaci nízkého napětí tj. od 50V do 1kV.

Jistič slučuje do jednoho celku funkci vypínače a funkci pojistky. Většinou má schopnost vypínat nadproudy 20 až 100 krát vyšší než je jmenovitý proud jističe. Pokud je jistič zapnut, má díky vestavěnému mechanismu schopnost při zjištění poruchy kdykoli vypnout a to buď ručním povelem, nebo povelem ze spouště jističe.

Mechanismus jističů je jedním z hlavních rozdílů mezi jističem a vypínačem. Jistič musí mít kromě kontaktní soupravy (kontaktů) ještě zámek a spoušť. Zámek jističe je mechanismus, který po zapnutí jističe drží kontakty spojeny potřebnou přítlačnou silou, která působí proti síle vypínacích pružin. Zámek se deaktivuje buď na základě ručního povelu tlačítkem, nebo na základě vnějšího povelu ze spouště. Principem tohoto mechanismu je jednoduchý zámek a to buď západka, nebo prolomené páky. Síla, která je nutná k vybavení zámku musí být velmi malá v závislosti na přítlačné síle kontaktů. Proto se u jističů, kde je z důvodu jmenovitého proudu nutná větší síla na kontaktech, používá spojení několika jednoduchých zámků, které se nazývá volnoběžka.

Moderní výkonové jističe lze vypnout nejenom na základě povelu od nadproudové nebo podpětíové ochrany, které mají vždy svoji samostatnou vypínací cívku, ale i na základě elektrického povelu z velína. Tento povel může být dán buď na základě komunikačního rozhraní, nebo na základě přímého připojení na vybavovací cívku. Totéž platí o zapínání jističe, který lze zapnout buď místně, nebo na základě povelu z komunikačního modulu, nebo přímým připojením na cívku. Aby bylo možné jistič zapnout, nebo vypnout, musí ale být dostatečně nastrádaná pružina. Tohoto nastrádání lze docílit buď mechanicky za pomoci páky, nebo elektricky za pomoci motorového strádače. Ne všechny jističe jsou motorovým strádačem vybaveny.

Jističe NN lze podle typu zhášení oblouku rozdělit na jističe vzduchové (magnetické zhášení oblouku), kdy dojde ke zhašení oblouku v deionové zhašecí komoře a jističe olejové, kde dojde ke zhasnutí oblouku volně v oleji. Olejové jističe se již v dnešní době většinou nepoužívají, za jejich náhradu lze považovat vzduchové jističe[1].

## 1.1 Vzduchové jističe NN

Vzduchové jističe NN se konstruují na proudy od jednotek ampérů do proudů několika tisíců ampérů. Na základě těchto jmenovitých proudů lze vzduchové jističe rozřadit do několika základních skupin a to podle velikosti [1].

### 1.1.1 Malé jističe

Malé jističe jsou přístroje, jejichž jmenovitý proud nepřesahuje 100 A. Většinou se jedná o jednoduché jističe pro jištění bytových rozvodů, světelných rozvodů, malých

motorů a jiných spotřebičů. Jsou charakteristické svou jednoduchou konstrukcí a vysokou spolehlivostí.

Vyrábějí se ve velkých sériích dle typových velikostí jmenovitého proudu. Jsou vyráběny jak jednofázové, tak jako třífázové, v případě třífázových buď jako tři jednofázové celky spojeny mechanicky, nebo jako jeden třífázový celek.

Mechanismus je jednoduchý většinou kloubový ovládaný ručně. Kontakty plní zároveň funkci hlavních kontaktů a také opalovacích kontaktů, a jsou buď čelní tupé kontakty, nebo smykové. Zhášení oblouku je dosaženo za pomoci elektromagnetického vyfukování, v kombinaci s četnými žebry ve zhášecí komoře. Tento typ jističů je vždy vybaven bimetalovou spouští, která je seřízena již při výrobě a nelze ji nikterak měnit [1] [2].

### 1.1.2 Střední jističe

Jedná se o přístroje pro jmenovité proudy do 630 A. Vyrábějí se v menších počtech než malé jističe. Jsou určeny pro distribuční rozvody při jištění většího počtu spotřebičů.

Tyto přístroje jsou vzhledem k vyšším jmenovitým proudům vybaveny dvoudílným systémem kontaktů, tj. kontakty hlavními a opalovacími. Hlavní kontakty jsou určeny pro trvalý přenos jmenovitého proudu a krátkodobé zatížení zkratovým proudem. Opalovací kontakty musí být dimenzovány na účinky proudu při vypínání a zapínání jak jmenovitých proudů, tak zkratových proudů.

Hlavní kontakty jsou buď z mědi (potom má kontakt smykový dosed) nebo ze stříbra které je ztuženo odolnou složkou. Hlavní kontakty jsou dimenzovány na trvalý přenos jmenovitého proudu a krátkodobé zatížení zkratového proudu. Materiál kontaktů nesmí oxidovat, aby se na jeho povrchu nevytvářel přechodový odpor, který je při přenosu elektrické energie nežádoucí. Opalovací kontakty musí odolávat účinkům oblouku při provozním i zkratovém vypínání a zapínání. Materiál kontaktů je vhodně volen a kontakty vyráběny tak, aby při zapnutí do zkratu nedošlo k jejich svaření. Uchycení kontaktů je provedeno tak, aby je bylo možné snáze vyměnit. Materiály pro opalovací kontakty jsou slitiny mědi a stříbra, které jsou ještě ztuženy odolnými složkami, tak aby byla jejich životnost co největší.

Zhášení oblouku probíhá stejně jako u malých jističů tj. vyfukováním oblouku do kovové roštové zhášecí komory. Umístění kontaktů je odlišné od malých jističů, kdy u středních jističů jsou kontakty umístěny uvnitř zhášecí komory.

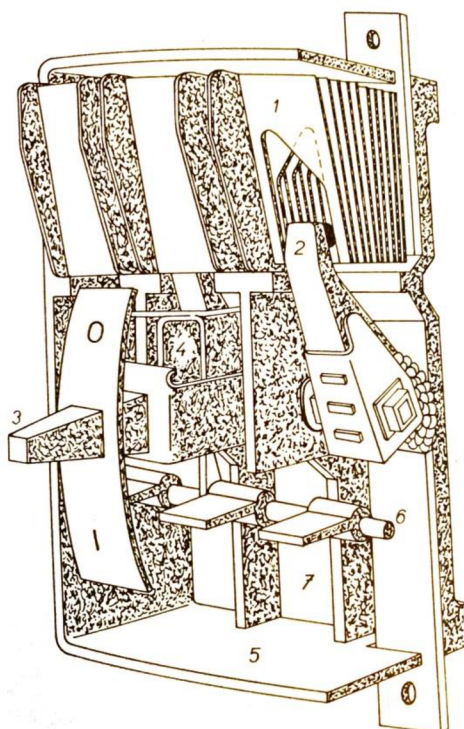
Spouště jsou na rozdíl od malých jističů nastavitelné v určitém proudovém rozsahu a to buď mechanicky, elektronicky nebo programově. Díky možnosti nastavení spouští přístroje lze tímto zajistit nejen jištění, ale i umožnit použití přístroje pro široké spektrum jištěných zařízení. Jističe lze také vybavit tzv. podpěťovou spouští, která je navržena tak, aby reagovala na poklesy napětí v jištěném obvodu.

Jističe středních velikostí lze ovládat jak ručně tak na dálku. V případě dovybavení jističe motorovým pohonem, který nastřádá pružinu, lze využít výhod dálkového ovládání jističe z centrálního pultu. Samozřejmě jsou kontakty pro signalizaci stavu jističe.

Na Obr. 1 je znázorněn perspektivní řez středním jističem, kde jsou patrné jednotlivé základní komponenty jističe, které jsou číselně označeny.

Jedná se o následující prvky:

(1) zhášecí komoru jističe, kde jsou patrné výřezy v ocelovém roštu, do kterých zasahuje měděný (2) pohyblivý kontakt s krátkým opalovacím kontaktem. (3) Ruční pákou je ovládána vypínací pružina, která je blokována v zapnuté poloze prostřednictvím volnoběžky (4). Spouště jsou umístěny v prostoru s číselným označením (5) a působí na vybavovací hřídele (6), která je průběžná přes všechny tři póly. Nos hřídele (7) vybavuje zakloubené páky volnoběžky [1].



**Obr. 1 Trojpólový jistič NN střední velikosti [1]**

### 1.1.3 Velké jističe

Velké jističe jsou určeny pro proudy nad 1000 A. V některých instalacích NN se lze setkat s jističi s krajní možnou velikostí proudu až 100 kA. Vzhledem k rozměrům a hmotnosti těchto jističů se velké jističe většinou stavějí na podvozkovém rámu, kdy kontakty jističe jsou násuvné. Díky podvozku a násuvným kontaktů s nimi lze relativně snadno manipulovat a lze je tedy použít do skříňových rozváděčů.

Provedením se velké jističe od jističů středních příliš neliší. V rámu jsou osazeny hlavní a opalovací kontakty všech tří fází včetně zhášecích komor s ocelovým roštem. Samozřejmostí jsou vypínací pružiny, volnoběžka, nadproudové a zkratové spouště a střádačový pohon.

Z důvodu velikosti jmenovitého proudu těchto jističů, nelze tyto proudy jistit přímo. Přes proudové transformátory, které jsou umístěny na každé fázi, je jmenovitý proud převeden na měřitelné hodnoty a ty se dostávají do nadproudových a zkratových spouští. Tyto proudové transformátory s přesně stanoveným převodem umožňují nastavit nadproudové spouště jističe přesně s ohledem na proud, který protéká sekundárním obvodem proudového transformátoru.

Stejně tak jako u středních jističů, jsou ochrany velkých jističů nastavitelné v širokém rozsahu. Většinou se jedná o výměnné bloky, jejichž výměnou lze jednoduše rozšířit možnosti jističe vzhledem k jeho určení a použití v daném rozvodu [1].

## 1.2 Výkonové kompaktní jističe NN

Výkonové jističe spojují v jeden celek několik samostatných přístrojů, jako jsou spínače, proudové transformátory a odpojovače. Toto spojení je velice výhodné z finančního hlediska, ale také z hlediska úspory místa v rozváděči.

Kompaktní jističe jsou celky, jejichž nosná konstrukce je vylisována z izolační hmoty a tvoří s krytem jističe jeden neoddělitelný celek. V praxi mluvíme o kompaktním jističi u jmenovitých proudů do 1600 A. U proudů od 1600 A do 6300 A hovoříme o vzduchových jističích. Hodnoty proudů platí pro jističe v sítích se střídavým napětím.

Výkonový kompaktní jistič bývá vybaven pomocnými spínači, které signalizují jeho stav, motorovým pohonem a elektronickou digitální spouští, kterou lze v některých případech připojit ke komunikační síti. Jedná se tedy o přístroj, který lze plně použít pro průmyslovou automatizaci.

Výkonové jističe mají tedy široké uplatnění a to zejména jako jištění průmyslových rozvodů, jištění elektrických strojů nebo zařízení s velkými výkony případně jištění obvodů, kde lze předpokládat velké zkratové proudy. Díky elektronickým digitálním spouštím, které lze v mnoha směrech naprogramovat, zabezpečuje kompaktní jistič jištění složitých zátěží a také umožňuje zajistit selektivitu jištění [5] [6].



**Obr. 2 Kompaktní jistič OEZ MODEION [13]**

### 1.3 Zhášení oblouku ve vzduchových jističích NN

Elektrický oblouk vzniká při zapínání nebo vypínání obvodů, kterými protéká mezní proud pro vznik oblouku. Oblouk vzniká i v případě, že je mezi kontakty mezní napětí. Tyto dvě mezní veličiny jsou dány materiálem kontaktů. V případě mezního nebo menšího napětí je možné vypínat i velmi značné proudy i bez přítomnosti oblouku. V případě vypínání obvodů s vyšším napětím je naopak rozhodující mezní proud, který je závislý na materiálu.

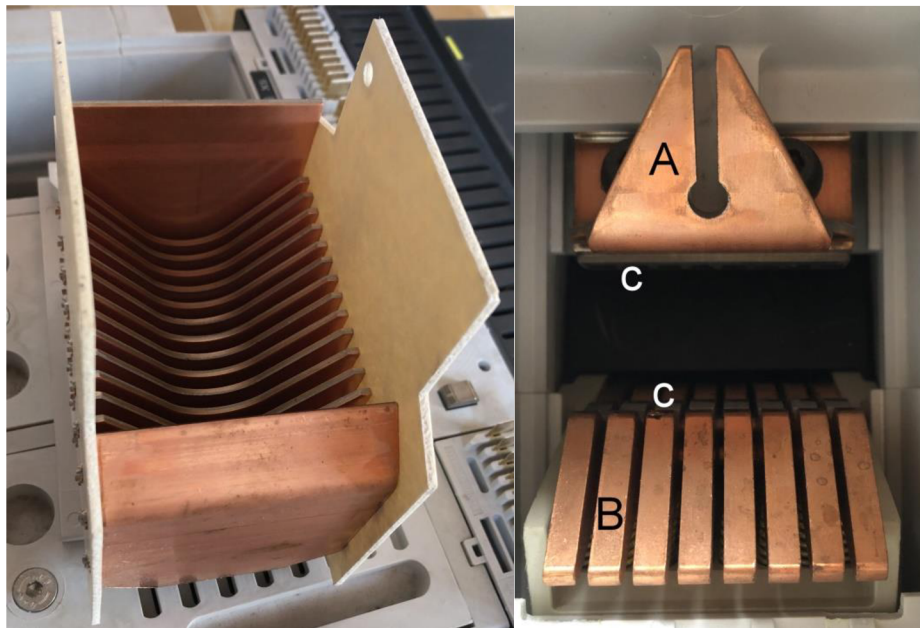
Ve většině silnoproudých obvodů vzniká oblouk velice často. Je to dáno indukčností silnoproudých obvodů, která není zanedbatelná. Z tohoto důvodu oblouk v silnoproudých obvodech NN vzniká jak při zapínání tak především při vypínání obvodu. Energie oblouku závisí na indukčnosti, na rychlosti oddalování kontaktu a na velikosti vypínaného proudu. Délka oblouku je určena vzdáleností kontaktů ve vypnutém stavu a rozměrem zhášecí komory. Z důvodu úspory místa i materiálu je třeba vypínací dráhy zkrátit, tak, aby vznikající tepelná energie hoření oblouku byla co nejmenší. Proto se snažíme také zkrátit dobu hoření oblouku nuceným chlazením oblouku.

U jističů vzduchových, jak již bylo uvedeno v kapitole 1, se nepoužívá žádné specifické zhášecí médium, jako například olej nebo elektronegativní plyn SF<sub>6</sub>. U vzduchový jističů je použito kombinace několika prostředků k rychlému zhášení oblouku [3] [8].

Zhášení oblouku bez použití cizích zhášecích prostředků můžeme urychlit následujícími způsoby:

- a) Zvětšením vypínací rychlosti – u nízko napěťových vypínačů se vypínací rychlost zvýší prostřednictvím silných pružin. Tyto pružiny musí být předem napnuty (nastřádány) tak, aby bylo zajištěno, že se kontakty po impulzu spouště rychle oddálí od sebe.
- b) Vhodnou úpravou kontaktů – úprava kontaktů v kombinaci s mžikovým vypínáním je dostačující pro použití u vypínačů na nízké napětí a menší proudy. Například u nožových kontaktů se kontaktní pera v horní části rozšíří, takže se oblouk roztrhne a rychle zhasne.
- c) Několikanásobným přerušením proudu – proud je sériově přerušen na více místech, čímž se zkrátí potřebné vypínací vzdálenosti a rychlosti.
- d) Dělením oblouku – díky několika vhodným kovovým elektrodám, které jsou umístěny nad opalovacími kontakty vypínače ve zhášecí komoře, je oblouk rozdělen na několik menších oblouků v sérii, čímž se oblouk jednak prodlouží a také se zvýší obloukové napětí díky četným katodovým a anodovým úbytkům na kovových elektrodách.
- e) Vlastním vyfukováním – správné natvarování kontaktů spolu s obloukem vytvoří proudovou smyčku, která svými elektrodynamickými účinky prohne oblouk směrem do zhášecí komory. Tímto se dráha oblouku prodlouží a dochází k nárůstu obloukového napětí.

- f) Magnetickým vyfukováním – jedná se o velice účinné řešení zhášení oblouku. Je použito především u vypínačů, kde je nutno mít krátké vypínací dráhy. Zhášecí komora je ze dvou stran sevřena plechovými póly, které jsou spojeny ocelovým jádrem, kolem kterého je tzv. vyfukovací cívka, která je spojena do série s kontakty. Prochází jí tedy vypínaný proud. Magnetické pole vyvolané cívkou směřuje kolmo vůči hořícímu oblouku, a vhání jej intenzivně do zhášecí komory [3] [8].



**Obr. 3 Rošt zhášecí komory jističe Siemens Sentron 3WL11, kontakty jističe**

U vzduchových jističů, zejména v případech vypínání větších zkratových proudů, lze nalézt kombinace výše uvedených způsobů zhášení. U výkonového kompaktního jističe Siemens Sentron 3WL11 je použito kombinace zhášecí komory s roštem (dělení oblouku), mžikového vypínání, několikanásobného přerušení proudu, úpravu kontaktů a vlastní vyfukování.

Na Obr. 3 jsou pohledy do zhášecí komory jističe Siemens a na jeho kontakty. Vlevo je rošt zhášecí komory pro dělení oblouku, napravo měděný opalovací kontakt (A), který je uchycen na dvou šroubech M6 a je tak snadno vyměnitelný, a opalovací segmentovaný měděný pohyblivý kontakt (B) v rozepnuté poloze. Pracovní hlavní kontakty, jsou ze slitiny stříbra (C).

U jističů s vyššími proudovými hodnotami, jako je příklad jističe Siemens Sentron 3WL11, výrobce použil segmentovaný pohyblivý kontakt, který má četné výhody.

## 2. OCHRANY JISTIČŮ NN

Jističe byly vyvinuty pro jištění výkonových obvodů jako náhrada za pojistku. V porovnání s pojistkou jsou, ale jističe složitějšími přístroji a pro správnou funkci potřebují získat a vyhodnotit informace o průběhu proudu a případných poruchových stavech v obvodu. Na základě parametrů jednotlivých poruchových stavů byly postupem času vyvinuty jednotlivé nadproudové spouště. Elektrický proud svými tepelnými a elektromagnetickými účinky umožňuje celkem jednoduchým způsobem vyhodnocovat jeho vlastnosti a následně nastavit jednotlivé parametry spouští. Základem jsou tedy tepelné a elektromagnetické spouště, které se postupem času vyvíjely a zdokonalovaly. Vzhledem k aplikacím bylo nutné tyto spouště jednotlivě přizpůsobovat a zdokonalovat. V dnešní době jsou ve většině kompaktních jističů obsaženy elektronické spouště, které nabízí široké možnosti nastavení pro požadovanou aplikaci [3].

### 2.1 Nadproudové spouště

Každá používaná elektrická síť vyžaduje potřebnou ochranu, která má za úkol zabránit škodám na elektrickém zařízení, a to z důvodu nežádoucích provozních stavů. Obecně lze říci, že ochrany lze zajistit buď použitím pojistek, nebo za použití spouští, které jsou spojeny se samočinným vypínačem – jističem. Použití pojistek je možné v případě, kdy je potřeba chránit elektrickou síť před nežádoucími účinky zkratového proudu. V případě přetížení síť chrání pojistky síť nedokonale.

Spouště jsou složeny z proudové dráhy a vlastního mechanismu spouště. Proud ve vinutí vyvolává tepelné nebo elektromagnetické pole, které lze přeměnit na sílu spouštějící volnoběžku mechanismu jističe. Vinutí nadproudových spouští je připojeno sériově k jištěnému obvodu. V případě velkých jmenovitých proudů je do série na místo přímého připojení vinutí připojen proudový transformátor. V tomto případě se pak jedná o tzv. sekundární připojení spouště.

Nejllepší možností ochrany elektrické sítě je použití spouště s vhodným samočinným vypínačem, který na povel spouště přeruší dodávku elektrické energie. V hladině nízkého napětí je tato soustava nazývána jističem. Spoušť je tedy takový prvek jističe, který při abnormálních provozních stavech (nadproud, zkrat) způsobí samočinné vypnutí kontaktů jističe.

Nadproudové spouště můžeme rozdělit na spouště elektromagnetické, zpoždovací a elektronické.

Obecně lze říci, že z časového hlediska můžeme nadproudové spouště rozdělit na tři základní druhy:

- a) Závislé – doba vybavení je nepřímo úměrná proudu, při nadproudu spouště vypínají tím dříve, čím je proud větší.
- b) Nezávislá – doba vybavení spouště nezávisí na velikosti proudu, ale na předem nastaveném čase.



- c) Polozávislé – po určité velikosti proudu působí závisle, při větších proudech nezávisle.

V případě závislých spouští se uplatňuje charakteristika spouště, která určuje dobu, kdy dojde k vypnutí v závislosti na velikosti zatížení. Jednotlivé vypínací charakteristiky musí být přizpůsobeny oteplovací křivce chráněného zařízení. Charakteristiky lze rozdělit na charakteristiky motorové (rychlá, pomalá) a charakteristiky vedení. Základní průběhy a informace poskytují normy ČSN EN 62019 a ČSN EN 60898-1 [1] [2] [3].

### **2.1.1 Elektromagnetické nadproudové spouště**

Proud ve vinutí elektromagnetické spouště vyvolává tepelné nebo elektromagnetické pole. Každé z těchto polí lze přeměnit na sílu, která spustí mechanismus jističe a jistič vybaví. Slouží k ochraně před zkratovými účinky elektrického proudu. Pole, které vytváří procházející proud, se v případě elektromagnetické spouště přetvoří na sílu, která sepne mechanismus jističe, za pomoci cívky.

Elektromagnetická spoušť se připojuje k proudové dráze sériově, kdy cívkou prochází buď plný proud hlavního obvodu (přímá spoušť), nebo proud odebíraný z pomocného přístrojového transformátoru, kterým prochází hlavní proud (nepřímá spoušť).

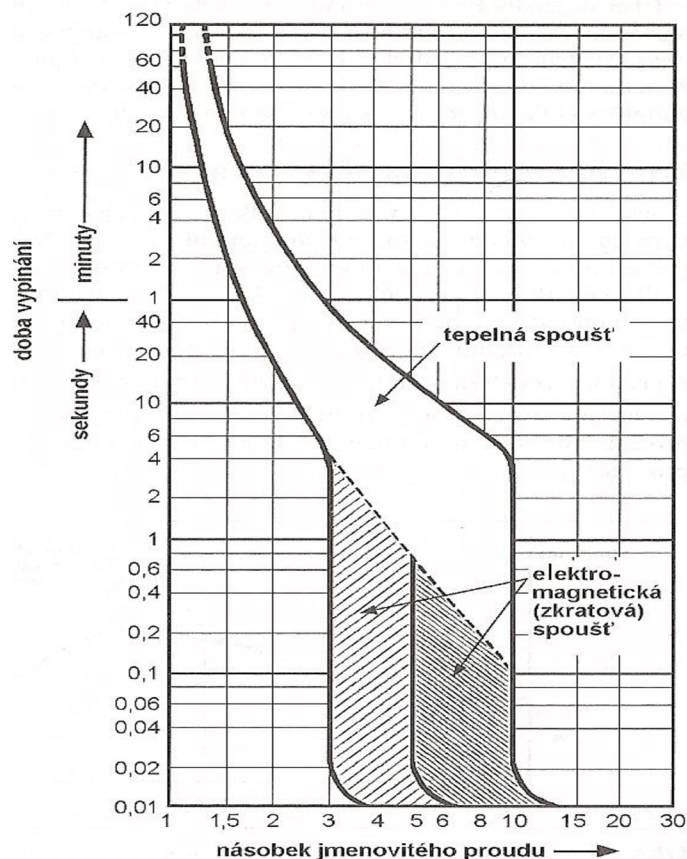
Nadproudová elektromagnetická spoušť je časově nezávislá. Hodnotu, při které spoušť sepne je možno nastavit a zaručit tak selektivitu jištění obvodu. Spoušť je pak buď mžiková, nebo časově zpožděná. Zpoždění se dosahuje zpomalením pohybu kotvy [3].

### **2.1.2 Zpožd'ovací nadproudové spouště**

Tento typ nadproudové spouště je určen pro ochranu před dlouhodobým přetížením jištěného obvodu. Je tvořena tepelným relé, jehož bimetalový pásek je napojen a zároveň vyhříván přímo hlavním proudem, který teče obvodem. V případě, že jsou proudy v obvodu natolik velké, že by toto vyhřívání napřímo nebylo vhodné, jsou použity pro každou fázi opět proudové transformátory, které přes odporový drát tento bimetalový pásek vyhřívají. Časové zpoždění je dáno použitým dvojkovem. Vlastnosti tepelné spouště jsou závislé na vnější teplotě. Pro omezení vlivu kolísání teploty jsou tepelné spouště vybaveny tepelnou kompenzací.

Závislé nadproudové spouště lze regulovat změnou volné dráhy mezi bimetalem a lištou. V případě nezávislé nadproudové spouště lze regulaci provést změnou síly pružiny a to buď jejím natažením, nebo uvolněním.

Speciálním případem zpožd'ovací nadproudové spouště je spoušť kataraktová. Tato spoušť využívá hydraulického zpoždění, díky tomu, že je kotva elektromagnetu spojena s pístem, který je ve válci olejového tlumiče. Tyto válce se plní silikonovým olejem a jsou tedy nezávislé na vnější teplotě [3].



Obr. 4 Vypínací charakteristika jističe NN [4]

### 2.1.3 Elektronické nadproudové spouště

V dnešní době se u středních a velkých jističů nejvíce používají elektronické nadproudové spouště, a to především z důvodu variability nastavení jednotlivých parametrů spouště. Elektronické spouště fungují na zcela jiném principu, než tepelné a elektromagnetické spouště. Hlavními prvky jsou zde proudové transformátory, které jsou umístěny na každém pólu jističe.

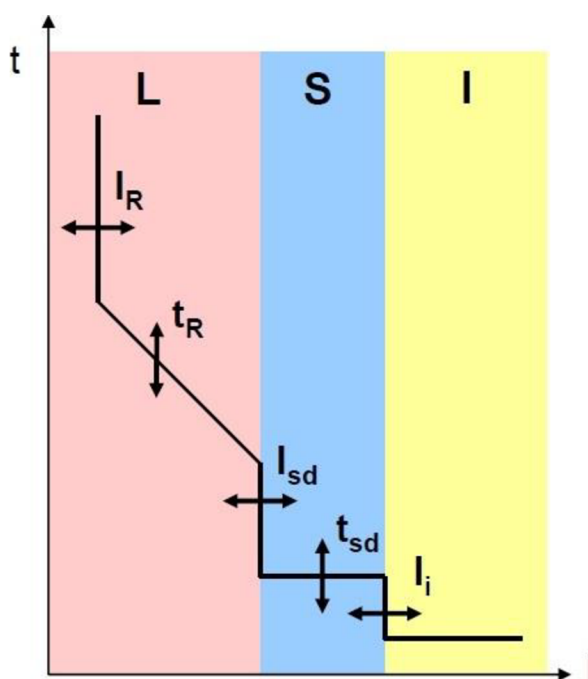
Proudové transformátory měří proud procházející jednotlivými fázemi a dále informace o velikosti tohoto proudu posílají do vyhodnocovací elektroniky spouště. Tyto transformátory zároveň slouží i jako napájení elektronické spouště. Vinutí proudového transformátoru je tvořeno na primární straně pouze provlečením měřeného vodiče, na sekundární straně je závitů více. Výrobce je vždy určen přenos transformátoru, který je uveden v informacích o jističi.

Vyhodnocovací elektronika spouště je provedena jako samostatný výměnný blok, ve kterém je obsažen vyhodnocovací mikroprocesor s pomocnou elektronikou. Vše je osazeno na desce plošného spoje, do které jsou zapracovány i otočné přepínače případně potenciometry, kterými lze nastavit potřebné parametry spouště. Výstupem spouště je vývod na vybavovací cívku, která vybaví kontakty jističe.

Hlavní výhodou elektronické spouště je kvalita zpracování signálu. Mikroprocesor vyhodnocuje okamžité hodnoty proudu z proudových transformátorů ve velmi krátkých intervalech (stovky  $\mu\text{s}$ ). Mikroprocesor je pak schopný vyhodnotit efektivní hodnotu proudu  $i$  v případě že jeho průběh není sinusový. Z tohoto důvodu můžeme jistič s digitální spouští použít i v případech, kdy proud v rozvodech nebude sinusový, například za frekvenčními měniči motorů, nebo za řízenými usměrňovači.

Díky elektronice a jednoduchosti výměny bloku s elektronickým jištěním lze jednoduše přizpůsobit jistič aktuálním požadavkům, bez toho aniž by bylo třeba měnit jistič jako celek. Většinou jsou hlavní spínací prvky dimenzovány na větší jmenovitý proud (až 1600 A) a pouhou výměnou spouště lze tento proud změnit. Lze tak lépe nastavit jištění obvodu a jisticí prvek lépe přizpůsobit protékajícímu proudu.

Za pomoci přepínačů a softwaru můžeme jistič efektivně nastavit pro dané použití a vyřešit i selektivitu jištění. Tvar jisticí křivky lze základním nastavením nastavit ve třech pásmech, a to jako závislou (L), nezávislou (S) a nezávislou okamžitou spoušť (I) [4].



**Obr. 5** Obecný průběh vypínací charakteristiky [4]

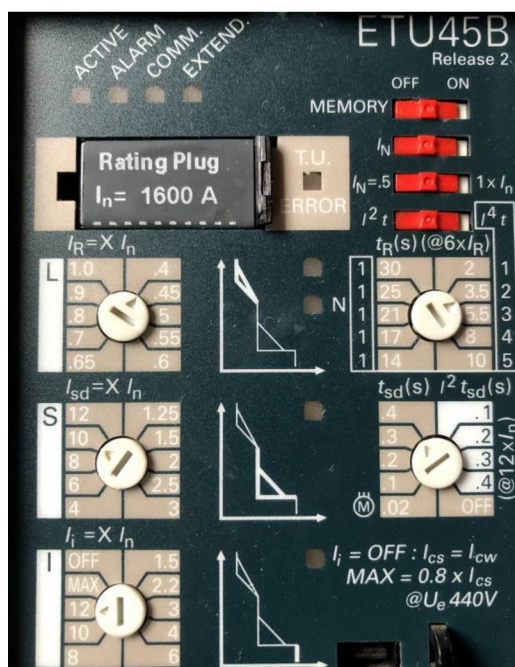
První pásmo L chrání proti přetížení. V praxi se používá označení jako tepelná spoušť. Mez přetížení je dána jmenovitým proudem  $I_n$  respektive redukováným proudem  $I_R$ , který lze na spoušti nastavit. Hodnota  $I_R$  nesmí být nikdy vyšší než jmenovitý proud jištěného zařízení. Hodnota  $t_R$  udává zpožděný náběh spouště, například při spouštění motorů [4].

Norma ČSN EN 60 947-2 udává dvě pevné hodnoty času a proudu, které musí být splněny u všech jističů. Jedná se o smluvený nevypínaný proud a smluvený vypínací proud [9].

- Jistič nesmí vypnout 1,05 násobek  $I_n$  nebo  $I_R$  do 2 hodin.
- Jistič musí vypnout 1,3 násobek  $I_n$  nebo  $I_R$  do 2 hodin (pro jištění motorů platí 1,2 násobek  $I_n/I_R$ )
- Jističe s  $I_n/I_R$  menším než 63 A mají smluvený nevypínací čas na 1 hodinu

Charakteristika v pásnu S nabízí možnost selektivity jištění. Je součástí zkratového pásma I a je nazývána nezávislá časově zpožděná spoušť. Charakterizuje ji parametr  $I_{sd}$  a parametry  $t_{sd}$ . Parametrem  $t_{sd}$ , který může dosáhnout zpoždění až 1000 ms, lze zajistit vyšší nebo úplnou selektivitu jištění [4].

V pásnu I je charakteristika, která chrání jištěné zařízení proti zkratu. Parametrem proudu  $I_i$  je toto pásmo označeno jako nezávislá časová spoušť. Čas vypnutí je tedy nezávislý na velikosti proudu, ale pokud proud dosáhne nastavené velikosti, jistič ihned vypíná. Hodnotu proudu  $I_i$  lze nastavit a přizpůsobit se tak impedanční smyčce nebo umožnit spouštění motoru [5] [6].



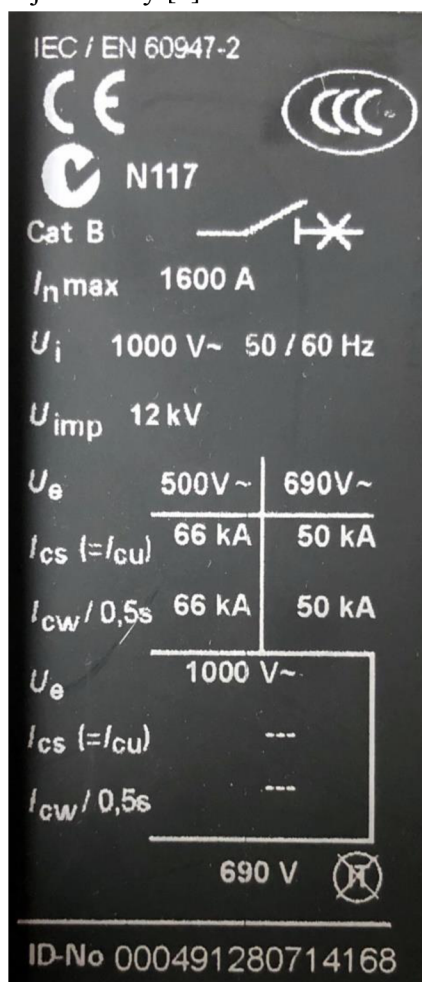
Obr. 6 Elektronická spoušť ETU45B

Na Obr. 6 je znázorněn panel elektronické spouště Siemens ETU45B, která je součástí jističe Siemens Sentron 3WL11. Spoušť je možno nastavit dle výše popsanych parametrů.

### 3. ŠTÍTKOVÉ HODNOTY VZDUCHOVÉHO JISTIČE

Pro výběr jističího přístroje musí výrobce jističího přístroje uvádět potřebné vlastnosti. Tyto vlastnosti jsou dány parametry. Základní parametry jsou uvedeny na štítku přístroje a jsou doplněny parametry obsaženými v datovém listu, který je dodáván s jističím přístrojem.

V této kapitole bakalářské práce jsou uvedeny a vysvětleny základní štítkové hodnoty vzduchového jističe. Číselné hodnoty jsou parametrem vzduchového jističe Siemens SENTRON řady 3WL11. Výběr štítkových hodnot byl proveden na základě hodnot uvedených na jističi Siemens, u jiných výrobců mohou být štítky doplněny o další hodnoty. Ke každému přístroji je vždy k dispozici datový list, kde jsou všechny hodnoty charakterizující přístroj uvedeny [4].



Obr. 7 Štítek vzduchového jističe Siemens 3WL1116

**Tab. 1 Štítkové hodnoty vzduchových jističů**

Údaj	Zkratka	Hodnota	Vysvětlivka
Norma	-	IEC/EN 60947	Norma, jejímž požadavkům přístroj vyhovuje
Jmenovitý proud	$I_n$	1600 A	Proud, který je schopen z provozního hlediska přenášet
Izolační napětí	$U_i$	1000 V AC	Hodnota napětí, ke které se vztahují zkoušky napětím a povrchové cesty
Frekvence	F	50 Hz/60 Hz	Frekvence jištěné sítě
Jmenovité impulzní výdržné napětí	$U_{imp}$	12 kV	Vrcholová hodnota napěťového impulzu předepsaného tvaru a polaritu, který musí přístroj vydržet bez poruchy
Jmenovité pracovní napětí	$U_e$	690 V	Hodnota napětí, ke které se vztahují příslušné zkoušky a případně kategorie použití
Jmenovitá provozní zkratová vypínací schopnost	$I_{cs}$	50 kA	Po provedení zkoušky s proudem $I_{cs}$ , musí být přístroj schopen další funkce za omezených podmínek
Jmenovitá mezní zkratová vypínací schopnost	$I_{cu}$	50 kA	Efektivní hodnota zkratového proudu, který je schopen jistič vypnout. Nemusí být schopen další funkce.
Jmenovitý krátkodobý výdržný proud	$I_{cw}$	50 kA/0,5s	Hodnota zkratového proudu, který je schopen přístroj bez poškození po výrobcem určenou dobu přenášet

Součástí každého přístroje je výrobcem vytvořený datový list, ve kterém uvádí všechny parametry přístroje, které by mohl zákazník potřebovat. Jedná se například o rozsah provozní teploty, maximální jmenovité provozní zatížení pro dané teploty okolí, stupeň krytí IP, rozměry a váhu přístroje nebo například ztráty činného výkonu při jmenovitém proudu.



## 4. VZDUCHOVÝ JISTIČ SIEMENS SENTRON 3WL1116

Vzduchový jistič typu 3WL1116 od firmy Siemens vyžaduje velice málo místa. Má vysoký počet elektrických i mechanických provozních cyklů a vysoké hodnoty jmenovitého krátkodobého výdržného zkratového proudu, díky čemuž jej lze použít v širokém rozsahu aplikací. Díky výstupům pro připojení k elektronickému systému umožňuje tento jistič širokou škálu možností pro monitorování elektrické sítě. Jistič Sentron lze použít pro spínání a ochranu motorů, kondenzátorů, generátorů, přípojnic a kabelů. Je vybaven moderní ochranou, kterou lze nastavit v širokém spektru, a přizpůsobit tak jistič požadavkům instalace.

Jistič lze i v pozdější době dovybavit pomocnými spouštěmi, motorizovaným ovládním, elektronickými spouštěcími jednotkami, nebo proudovými senzory, což umožňuje přizpůsobit jistič dodatečným požadavkům a potřebám. Všechny hlavní prvky mohou být jednotlivě vyměněny, takže lze prodloužit životnost jističe. Jistič má také široký provozní rozsah teplot, od - 40 °C do 70 °C [12].



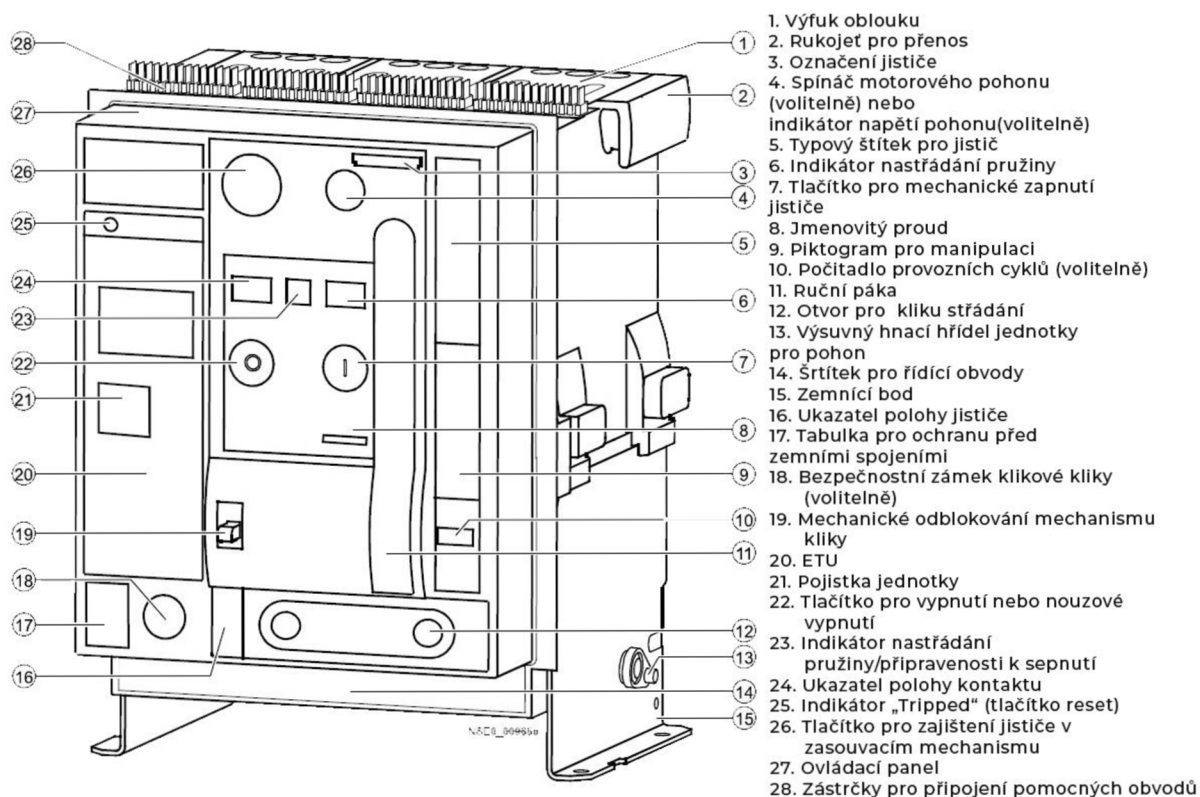
Obr. 8 Vzduchový jistič Siemens SENTRON [7]

## 4.1 Všeobecné údaje

Vzduchové jističe Siemens řady 3WL1 jsou dodávány ve třech provedeních, které se liší nejenom rozměry, ale i schopnostmi vypínat rozdílné velikosti zkratových proudů. Dodávají se v provedení, jak se 3 póly, tak se 4 póly. Jejich modifikace lze použít i v elektrických stejnosměrných rozvodech, kdy jmenovitý proud je ale na rozdíl od provedení na střídavé elektrické rozvody omezen pouze na 4000 A. Výrobce rozlišuje vzduchové jističe řady 3WL1 koncovým číslem, které označuje velikost a to buď I, II nebo III. V případě jističe od zadavatele práce se jedná o typ 3WL11, který dle dokumentace odpovídá velikosti I. Rozměry tohoto jističe jsou pak 434x291x320 mm. Jistič splňuje podmínky krytí proti prachu a vodě IP55.

Připojení jističe do rozvodu se provádí horizontálně umístěnými přípojnici na zadní straně jističe, kdy tyto přípojnice jsou zapojeny do obvodu sériově. Přípojnice jsou schopny odolat proudu až do velikosti 1,6 kA. Minimální rozměr měděných přípojníc pro připojení jističe do rozvodu je dle výrobce udáván na 2x50x10 mm a to jak v případě holé tak natřené přípojnice [12].

Na Obr.9 je detailní popis všech základních ovládacích prvků vzduchového jističe Siemens Sentron 3WL11, přitom některé prvky jsou dodávány volitelně dle požadavků odběratele.



Obr. 9 Popis jednotlivých částí jističe Siemens 3WL11 [12]



Všechny vzduchové jističe řady 3WL1 jsou standardně vybaveny následujícími prvky:

- Mechanické tlačítko ON/OFF
- Ruční střídací mechanismus pružiny

Indikátor velikosti nastřádání pružiny

- Indikátor sepnutého stavu včetně indikace připravenosti jističe
- Připojovací kontakty s možností použití zásuvné verze jističe
- U čtyřpólových jističů je čtvrtý pól možno zatížit 100% jmenovitého proudu
- Zásuvný systém pomocného obvodu se šroubovými svorkami SIGUT
- Možnost mechanicky vypnout indikátor zapnutí/vypnutí pro elektronický vypínací (řídící) systém
- Mechanické blokování opětovného zapnutí po vypnutí
- Blokování v sejmutí ovládacího panelu v případě že je vypínač zapnut [12]

## 4.2 Elektronické spouště pro jistič Siemens 3WL11

Elektronické spouště (ETU – Electronic Trip Unit) dodávané se vzduchovými jističi Siemens 3WL11 jsou řízeny mikroprocesorem a jsou nezávislé na vnějším napětí. Tím je umožněno adaptovat systém pro různé typy aplikace ochrany například distribuční systémy, motory, transformátory a generátory.

Při vývoji elektronických spouští byl kladen velký důraz na modularitu. Tyto řídicí jednotky jističe lze kdykoli dovybavit různými moduly, jako například komunikačním a měřicím modulem, nebo modulem ochrany proti zemnímu spojení. Tato schopnost tak umožňuje snadné přizpůsobení jističe novým podmínkám instalace.

Součástí každé jednotky je i tzv. Rating plug. Jedná se o vyměnitelný modul, který uživateli umožňuje snížit proud, na který bude zařízení nastaveno a tím optimálně jistič nastavit do dané instalace [12].

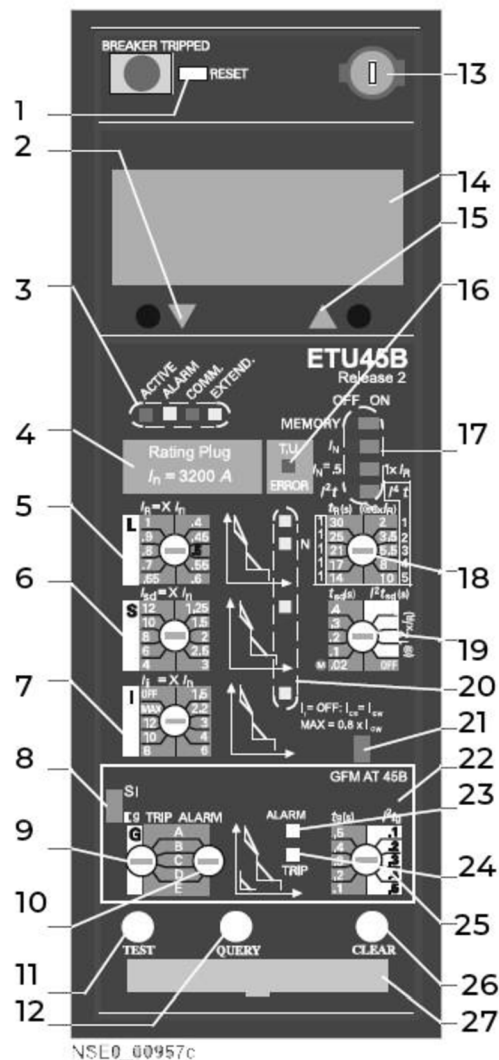
### 4.2.1 ETU45B

Vzduchový jistič, který byl zadavatelem práce dodán, je v konfiguraci namontována elektronická spoušť s označením ETU45B. Z hlediska možnosti nastavení se z dodávaných spouští jedná o druhou nejlepší elektronickou spoušť z nabídky. Je vybavena modulem pro komunikaci přes rozhraní CubicleBus. Je určena pro aplikaci k ochraně budov, motorů a systémů s časově selektivní koordinací až do 6300 A.

Ochranu je možné kdykoli přizpůsobit požadovaným proudům prostřednictvím vyměnitelné zástrčky (Rating plug), čímž je zajištěna ochrana proti přetížení v rozsahu od 100 A do 6300 A [12].

Ochrana má následující vlastnosti:

- Všechna nastavení se nastavují pomocí otočných přepínačů
- Nastavitelná ochrana proti přetížení s charakteristikou  $I^2t$ , kdy dobu zpoždění je možno nastavit v rozsahu  $t_R = 10$  sekund při  $6 \times I_R$
- Nastavitelná krátkodobá zpožděná ochrana proti zkratu v rozsahu  $1,25$  až  $12 \times I_n$
- Okamžitá ochrana proti zkratu při  $20 \times I_n$  nejvíce  $50$  kA
- Indikace přetížení
- Testovací režim pro sepnutí jističe
- Tepelná paměť jako ochrana proti opětovnému zapnutí motoru, který byl vypnut
- Nastavitelná ochrana nulového vodiče
- Modul zemní ochrany, který lze nastavit samostatně
- Komunikační rozhraní včetně měřicích funkcí s možností připojení externích modulů [12]



Obr. 10 Panel nadproudové ochrany ETU45B [12]

Vysvětlivky k ovládacímu panelu ochrany:

1.reset tlačítko, 2.dolů, 3.indikátory, 4.modul proudu, 5.spínač nastavení hodnot pro přetížení, 6. Spínač pro nastavení hodnot pro okamžitý zkrat, 7.spínač pro nastavení hodnot pro zkrat, 8.spínač pro výběr zemního spojení, 9.nastavení hodnot pro zemní spojení, 10.nastavení upozornění pro zemní spojení, 11.testovací tlačítko, 12.tlačítko pro dotaz, 13.zámek pro reset tlačítko po vybavení po přetížení, 14.displej, 15.nahorů, 16.indikace poruchy v nadproudové ochraně, 17. Zapnutí: paměť, N pól, přetížení N pólu, přepojení přetížení na  $I^2t$ , 18.nastavení zpoždění pro ochranu přetížení, 19.nastavení zpoždění ochrany pro zkrat, 20.indikátor důvodů vybavení jističe, 21.pečeť, 22.modul zemní ochrany (volitelný), 23.indikace zemní poruchy, 24.indikace vybavení zemní poruchy, 25.nastavení zpoždění zemní poruchy, 26.clear tlačítko, 27.testovací socket [12].

## 5. POROVNÁNÍ JISTIČE SIEMENS S VÝROBKY KONKURENCE

Konkurence v oblasti elektrotechniky je velká. Ve výrobě vzduchových kompaktních jističů je na českém trhu několik výrobců. Na základě parametrů, které jističe charakterizují, byly tyto jističe porovnány s jističem Siemens Sentron v tabulce níže. Jako hlavní kritérium pro výběr jističe byl vybrán jmenovitý proud a to 1600 A. Jedním z porovnávaných parametrů je i cena, která v některých případech není široké veřejnosti přístupná, byly proto použity dostupná data z internetu. Ceny jsou uvedeny bez DPH. Pro hodnoty  $I_{cu}$ ,  $I_{cs}$ ,  $I_{cm}$  a  $I_{cw}/1s$  bylo z datových listů výrobce jmenovité provozní napětí (690 V).

**Tab. 2 Porovnání jističe Siemens Sentron s konkurencí [12] [10] [11]**

Výrobce jističe	-	SIEMENS	ABB	Schneider
Označení jističe	-	3WL1116	E2N-A1600 PR121	MTZ116H1
Jmenovitý proud $I_n$	$I_n$	1600 A	1600 A	1600 A
Jmenovité impulzní výdržné napětí	$U_{imp}$	12 kV	12 kV	12 kV
Jmenovitá mezní zkratová vypínací schopnost	$I_{cu}$	50 kA	42 kA	42 kA
Jmenovitá provozní zkratová schopnost	$I_{cs}$	50 kA	42 kA	42 kA
Jmenovitý krátkodobý výdržný proud	$I_{cw}/1s$	50 kA	42 kA	42 kA
Jmenovitá zkratová zapínací schopnost	$I_{cm}$	88 kA	80 kA	88 kA
Doba vypnutí při $I_{cu}$	t	35 ms	80 ms	25 ms
Mechanická životnost	cykl us	20 000	20 000	12 500
Ztráty činného výkonu/1 pól	P	116,7 W	215 W	120 W
Katalogová cena jističe včetně základní spouště	Kč	120 000	168 000	86 000

Z tabulky srovnání vybraných jističů je patrné, že z několika hledisek je jistič Siemens Sentron dobrou volbou. Jistič Siemens má nejmenší ztráty činného výkonu na

pól a tudíž je z hlediska ekonomiky provozu výhodný. V porovnání s jističem Schneider má dvojnásobný počet mechanických cyklů. Jistič od firmy ABB je vzhledem ke své ceně a dlouhému vypínacímu času dle mého názoru ne příliš ekonomicky výhodný. Určitě lze pro něj nalézt v nějakém provozu uplatnění, například z hlediska komunikace jednotlivých modulů stejného výrobce mezi sebou a vytvoření tak plně automatizovaného ovládání.

## 6. DIAGNOSTIKA

S postupným rozvojem průmyslu je kladen čím dál tím větší důraz na zlepšení využití výrobních prostředků a zařízení. Z tohoto důvodu je potřebné vytvořit technické, organizační a technologické podmínky a především zdokonalit metody a systém údržby zařízení.

Cílem údržby moderních zařízení je zajistit provozní spolehlivost strojů, strojních zařízení a jejich částí, a to především těch, které jsou buď technologicky nenahraditelné, nebo finančně nákladné. Metody údržby využívají aplikací jednotlivých závěrů teorie spolehlivosti. Na tyto metody lze navázat metody příbuzného charakteru, které tvoří obor technické diagnostiky.

Diagnostika je obecná nauka, která se zabývá studiem a metodami vyhledávání znaků možných poruch respektive celkového technického stavu zařízení. Jedná se o vědní obor, který sleduje formy projevu poruch v technických zařízeních, vypracovává metody jejich odhalování a také principy zkonstruování diagnostických zařízení a celků.

Z pohledu praxe mají největší význam diagnostické metody, při kterých nedochází k demontáži zařízení, ideálně i za chodu zařízení [14].

Obecně se rozlišují tři typy úloh pro určení stavu technického objektu na základě časových úseků:

- **Technická genetika** – tato úloha zkoumá stav, ve kterém se diagnostikovaný objekt nacházel v určité době v minulosti.
- **Technická diagnostika** – jedná se o úlohu zabývající se zjišťováním technického stavu objektu v přítomnosti.
- **Technická prognostika** – zahrnuje úlohy, které řeší problematiku předvídání technického stavu do budoucna, a to buď na určitý časový, nebo jinak definovaný úsek života objektu [14].

### 6.1 Technická genetika a prognostika

Během celé životnosti zařízení mohou nastat stavy tohoto zařízení, které se mohou projevit na jeho funkčnosti a spolehlivosti. Tyto stavy a jsou součástí úloh pro technickou genetiku. Úlohy technické genetiky vznikají tedy například při vyhodnocování havárií a jejich příčin a to za předpokladu, že se okamžitý stav objektu liší od toho, ve kterém se objekt nacházel v okamžiku havárie. Tyto problémy se řeší určením možných nebo pravděpodobných příčin vedoucích k současnému stavu objektu.

Technická prognostika má naopak za úkol určit možný nebo pravděpodobný vývoj stavu objektu, který začíná od současného času. Výsledky technické prognostiky se využívají za účelem určení doby provozu objektu nebo z důvodu určení periodicity jeho pravidelných prohlídek a oprav [14].

Na základě požadavků pro určení technické genetiky a prognostiky je tedy velmi nutné mít znalosti o okamžitém stavu objektu, kterým se zabývá technická diagnostika [14].

## 6.2 Technická diagnostika

V případě řešení úloh spadajících do technické diagnostiky se předpokládá řešení řady otázek a vazeb daného problému. Vzájemné vazby základních aspektů technické diagnostiky znázorňuje níže uvedené schéma vazeb.

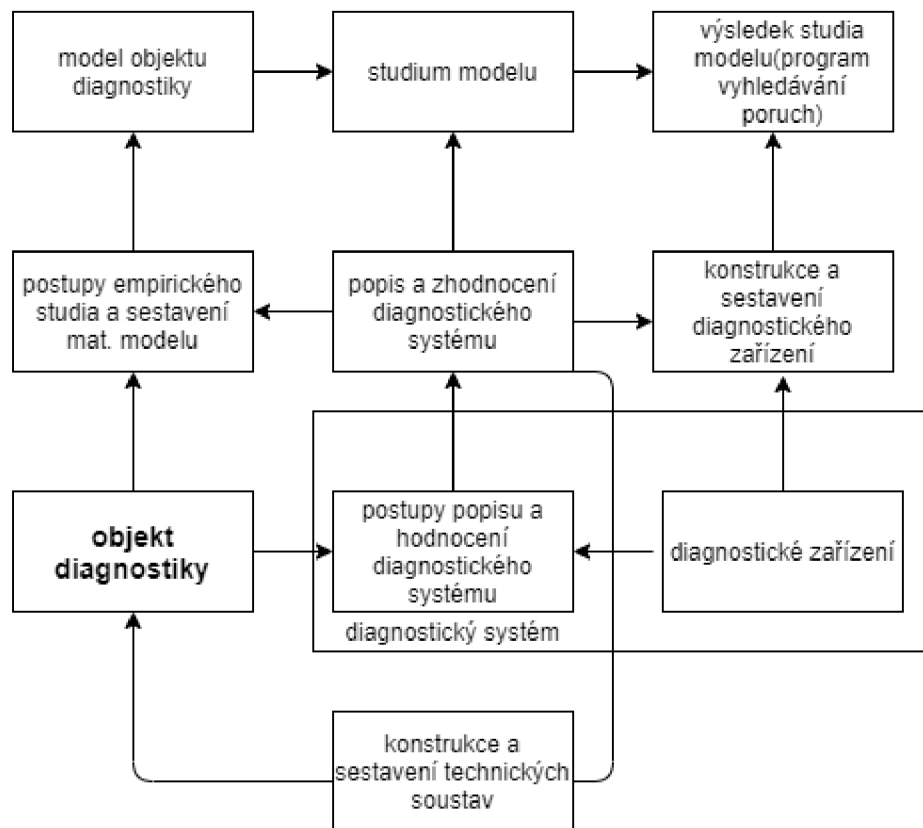
Na základě tohoto schématu lze technickou diagnostiku rozdělit na 3 základní skupiny:

- a) **Analýza konkrétních objektů** – je spojena s rozpracováním metod měření a vlastním řešením těchto základních úloh:
  - Prostudování normální činnosti objektu diagnostiky.
  - Určení prvků objektu z hlediska výskytu možných poruch a určení vzájemných vazeb.
  - Analýza technických možností zjišťování příznaku, které charakterizují stav objektu.
  - Sběr a zpracování statistických materiálů, což umožňuje určit rozložení pravděpodobnosti možných stavů objektu a také zákonitosti poruch jeho jednotlivých prvků.
- b) **Analýza a sestavení odpovídajících matematických modelů** – je spojena se sestavením matematických modelů objektů a diagnostických postupů a tvoří tyto úlohy:
  - Rozpracování metod sestavení diagnostických testů pro vyhledávání porouchaných prvků.
  - Sestavení optimálních diagnostických programů neboli sledů prověrek umožňujících posoudit stav objektu metodou postupného vyhledávání
- c) **Výzkum a sestavení konkrétních diagnostických zařízení:**
  - Popis existujících diagnostických zařízení.
  - Seznámení s principy jejich projektování.
  - Zhodnocení diagnostických zařízení z hlediska rychlosti operací, spolehlivosti, věrohodnosti diagnózy atd. [14].

Zhodnocení účelnosti a ekonomické efektivity navrženého stupně automatizace diagnostického procesu.

Technické soustavy se velice často projektovaly bez uvažování požadavku na diagnostiku této soustavy, a to především absencí potřebného informačního subsystému. V případě, kdy je jedním z požadavků automatizace diagnostických soustav, je nutné dodržet speciální organizaci těchto soustav tak, aby bylo možné rychlé a pohodlné připojení diagnostických zařízení. Z tohoto důvodu je již v etapě projektování technické soustavy nutné uvažovat princip a organizaci soustavy tak, aby odpovídala požadavkům

technické diagnostiky. Tím se pak vytváří nový objekt výzkumu – diagnostický systém [14].



**Obr. 11** Vzájemné vazby základních aspektů technické diagnostiky[14]

Přístup technické diagnostiky ke studiu tohoto nového objektu – diagnostického systému - je v zásadě odlišný od přístupu ke studiu objektu diagnostiky. Pokud objekt diagnostiky představuje zájem pouze ze strany zákonitostí projevení a odhalování poruch, potom diagnostický systém studujeme s ohledem na zákonitosti jeho organizace a činnosti vzhledem ke kritériím hodnocení jeho efektivity [14].

### 6.3 Základní pojmy diagnostiky

Na začátku této kapitoly byl formulován obor diagnostiky a jejích částí. Součástí diagnostického oboru jsou základní pojmy, které je nutné řádně definovat. Níže jsou definovány vybrané pojmy, které jsou podstatné z hlediska diagnostiky elektrického přístroje a jeho částí. Pojmy jsou rozřazeny na základě oblastí, ve kterých se vyskytují [14].



### 6.3.1 Vyšetřované objekty

**Objekt** je předmět stanoveného určení, jehož spolehlivost se posuzuje z hlediska jeho zamýšleného poslání, osvojení, výzkumu nebo zkoušení. Objektem může být systém (soustava) nebo jeho prvek.

**Objekt technické diagnostiky** je objekt, u něhož provádíme nebo hodláme provádět prověrku jeho technického stavu za účelem splnění některého z úkolů diagnostiky. Objektem může být výrobní celek, jeho část, element (blok), strojní prvek, samotný výrobek atp.

Formalizací funkcí a struktury objektu pro účely řešení úkolů technické diagnostiky získáváme diagnostický model objektu. Je dán strukturou vnitřních bloků objektu, jejich parametry a charakteristikami těchto parametrů [14].

Z hlediska vnitřní struktury objektů je můžeme rozdělit na dvě skupiny:

- **Objekty s nepřístupnou vnitřní strukturou**, jedná se o objekty, u nichž sledujeme pouze správnost signálů nebo veličin vstup – výstup. Nesledujeme ale vnitřní parametry ani vnitřní signály, protože nejsme schopni se do objektu dostat.
- **Objekty s přístupnou vnitřní strukturou**, jedná se o objekty, které vyšetřujeme jako soustavu rozložitelnou na konečný počet jejich částí (bloků), u kterých sledujeme vedle vstupních a výstupních signálů také vnitřní signály, tedy vstupní a výstupní signály jednotlivých částí. Části rozumíme takový prvek objektu, o jehož vnitřní strukturu se na dané rozlišovací úrovni nezajímáme [14].

### 6.3.2 Jevy a stavy diagnostiky

**Technický stav** objektu definujeme jako souhrn vlastností objektu, které vystihují jeho schopnost vykonávat požadované funkce v daný okamžik. Nezbytnou součástí definice objektu je popis požadovaných funkcí a podmínek.

**Provozní stav** objektu definujeme jako stav objektu, kdy je objekt schopen plnit zadané funkce a jsou dodrženy hodnoty stanovených parametrů v rozmezí a tolerancích stanovených technickou dokumentací.

**Poruchový stav** objektu nastává v případě, kdy objekt není schopen plnit požadovanou funkci v mezích daných technickou dokumentací případně dalšími dokumenty (normou).

**Údržba** je jevem, který reprezentuje souhrn veškerých činností, které jsou konány po stanovenou dobu, která je stanovena technickými podmínkami pro udržování objektu v provozuschopném stavu nebo pro navrácení objektu do provozuschopného stavu.

**Obnova** je jev, spočívající v obnovení schopností objektu plnit po poruše požadované funkce podle technických podmínek. K obnově může dojít buď okamžitou výměnou, nebo ukončením opravy prvku, který byl v objektu v poruše [14].

### 6.3.3 Poruchy

V běžné terminologii je rozlišováno vícero druhů poruch. Rozlišujeme je z hlediska jejich vzniku, časového průběhu nebo stupně opotřebení. Poruchu lze obecně definovat jako jev, který spočívá v porušení provozuschopnosti objektu. Znaky poruchy jsou stanoveny technickou dokumentací pro daný objekt. Z pohledu technické diagnostiky je důležité toto členění poruch:

**Poruchy náhlé** vznikají na základě nečekané změny parametrů objektu a z tohoto důvodu je nelze předvídat. Diagnostika se v tomto případě uplatňuje pouze za účelem lokalizace poruchy. Charakteristiky spolehlivosti lze v tomto případě formulovat pouze v závislosti na prosté době provozu bez jakékoliv souvislosti s diagnostikou.

**Poruchy postupné** vznikají na základě postupné změny parametrů objektu. Mohou tedy být předvídaný za pomoci preventivní formy diagnostiky. Postupné poruchy jsou významné zejména u mechanických strojních prvků a charakteristiky spolehlivosti se zde uplatňují v přímé návaznosti na technickou diagnostiku.

**Poruchy havarijní** – v důsledku postupné změny parametrů objektu vznikne náhlá změna provozuschopnosti objektu.

**Porucha občasná** trvá pouze omezenou dobu. Po uplynutí této doby objekt opět dosáhne bezporuchového stavu bez vnějšího zásahu. Může docházet k opakování občasných poruch [14].

Objekt lze považovat za provozuschopný, pokud příslušné hodnotě libovolného vstupního signálu, odpovídají příslušné hodnoty výstupního signálu, které jsou v rozsahu a toleranci udávaných normou. Provozuschopný systém jak správný, tedy bez vnitřní poruchy, tak nesprávný [14].

## 6.4 Technická diagnostika stavu objektu

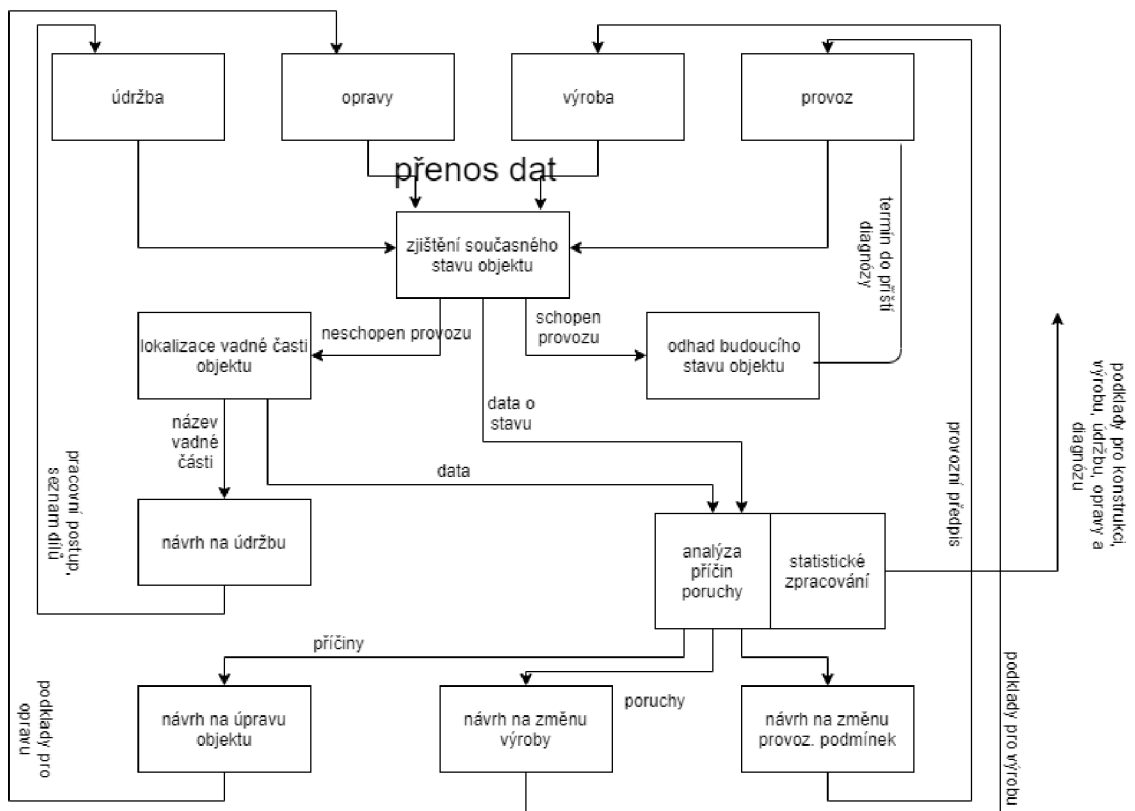
Stav, ve kterém se diagnostikovaný objekt nachází, lze určit na základě pozorování různých příznaků na stavu objektu. Za tyto příznaky lze považovat fyzikální veličiny a jejich funkce na měřeném objektu. Funkce daných veličin na objektu lze měřit buď ve statickém, nebo dynamickém režimu jeho práce, jako jsou napětí, proudy, výkony, frekvenční charakteristiky, přechodové jevy nebo charakteristické funkce atd. Dále lze posoudit také fyzikální veličiny, které nenáleží k objektu, ale jsou dány jeho činností (např. kvalita obráběné produkce atd.).

Pouze předběžně lze uskutečnit výběr kontrolovatelných příznaků stavu objektu bez znalosti charakteristik kontrolovaného zařízení. Optimální soubor příznaků vypovídajících o stavu objektu lze najít pouze tehdy, pokud máme k dispozici vlastnosti reálného diagnostického zařízení. Příznaky lze rozdělit na jednoparametrické a mnohoparametrické.

Parametrem chápeme všechny fyzikální veličiny, které charakterizují příznak. V případě jednoparametrických příznaků se jedná pouze o jeden parametr, jako

například stejnosměrné napětí. Naopak v případě mnohoparametrických příznaků jsou tyto příznaky charakterizovány nejméně dvěma parametry, příkladem může být střídavý sinusový proud, který je určen dvěma parametry a to amplitudou a frekvencí.

Diagnostikovaný objekt může být kontrolován buď v normálním režimu činnosti, nebo v jakémkoliv jiném režimu, který se liší od normálního. V případě že je objekt kontrolován v normálním režimu je možné ihned získat odpověď o efektivnosti činnosti objektu. Tato kontrola nelze ale vždy realizovat a v některých případech nemusí být ani žádoucí. Provádění kontroly objektu v jiném než normálním režimu vyžaduje znalost závislosti činnosti objektu v normálním režimu a v režimu odlišném od normálního. V případě že je určena efektivnost činnosti objektu v jednom režimu, lze určit efektivnost dané činnosti i v normálním režimu [14].



**Obr. 12 Vazby při diagnostice [14]**

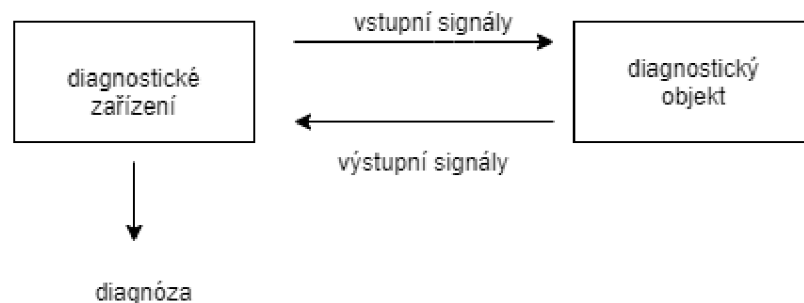
Nejběžnějším způsobem posouzení stavu objektu je dvoustavová diagnóza objektu. V případě použití této diagnózy se předpokládá, že do určité úrovně diagnostických signálů se prvek nebo objekt nachází v normálním stavu a po dosažení této určité úrovně signálu se prvek nebo objekt dostane do stavu poruchy. Dvoustavová diagnóza je velmi jednoduchý způsob diagnostiky prvků nebo objektů, bohužel v praxi značně nedokonalý, protože nerespektuje v praxi velmi významný požadavek možnosti využít diagnózu k prognóze technického stavu objektu nebo prvku a to především u postupných poruch.

Přesnějším způsobem určení diagnózy objektu je více stavová diagnóza. Tato může být realizována několika způsoby. Většinou se tato diagnóza udává ve formě naměřených diagnostických signálů, kdy v předem stanoveném rozsahu naměřených hodnot je přiřazena kvantitativně vyjádřená charakteristika rozsahu poruchy. V praxi je běžně používáno více způsobů předběžného zpracování diagnostických signálů s cílem kvantitativně ohodnotit technický stav objektu. Většinou v podobě počtu bodů, nebo častěji v rámci procentního vyjádření vzhledem k původnímu stavu. V případě této formy pak přechází více stavová diagnóza ve spojitou formu a může být vyjádřena spojitou funkční závislostí na diagnostických signálech.

Celý proces od detekce poruchy, tedy získání informace o tom, zda má objekt poruchu, lokalizaci poruchy, tedy získání informace o tom, která součást objektu s přístupnou strukturou má poruchu, je nazýván diagnostickým procesem [14].

### 6.4.1 Diagnostický proces

Základním principem diagnostického procesu je mnohonásobné přivádění vstupních signálů na objekt a tomu odpovídající počet měření odezev – výstupních signálů a jejich následná analýza. Signály jsou na diagnostický objekt přiváděny buď od diagnostických prostředků, nebo se jedná o vnější signály vzhledem k diagnostickému systému, které jsou určeny pracovním algoritmem činnosti diagnostického objektu. Následná měření a analýza odezev objektu je prováděna diagnostickým prostředkem.



**Obr. 13 Testovací diagnostika [14]**

Testovací diagnostické systémy mají za úkol obvykle zajišťovat prověrky správnosti, provozuschopnosti a především vyhledání poruch. Hlavní podmínkou, kterou je nutné dodržet je, že je dovoleno použití diagnostického systému především, pokud diagnostikovaný objekt není v provozu. Za předpokladu použití testovacího systému při provozu objektu je nutné, aby testovací signály nenarušovaly normální chod diagnostikovaného objektu [14].

## 6.4.2 Diagnostické podmínky

Aby bylo možné aplikovat diagnostické metody a prostředky, je nutné splnění alespoň základních diagnostických podmínek. Diagnostické podmínky lze rozdělit na obecné a zvláštní. Zvláštní diagnostické podmínky platí pouze pro konkrétní typy diagnostických objektů a konkrétní typ činnosti, kdežto obecné diagnostické podmínky lze aplikovat na všechny diagnostikované objekty a to bez ohledu na typ činnosti.

Obecné diagnostické podmínky:

1. Stav, neboli provozuschopnost diagnostického objektu je kontrolován pomocí diagnostického zařízení určitého typu a požadované přesnosti, tak aby bylo možné získanou diagnostickou informaci považovat za dostatečně přesnou s adekvátní vypovídací hodnotou.
2. Diagnostické zařízení musí být po celou dobu diagnostického procesu bezporuchové, tak aby bylo možné zajistit dostatečnou přesnost získaných informací.
3. Za poruchu diagnostického objektu lze považovat takový stav, kdy získané parametry signálu nejsou pravdivé, tedy nevyhovují předepsaným hodnotám nebo technickým podmínkám.
4. Hodnotící kritérium správnosti získaných signálů má pouze dvě pravdivostní hodnoty. Získaný signál je tedy na základě předem nastavených tolerancí a hodnot buď pravdivý (správný, v tolerancích, bezporuchový), nebo nepravdivý (nesprávný, mimo tolerance, v poruše).
5. V diagnostickém objektu není použito zálohování.
6. Celá procedura diagnostiky objektu musí splňovat tato dvě hlavní kritéria:
  - a. Jednoznačnost – v případě opakování diagnostiky, kdy jsou dodrženy stejné okolní podmínky a stejný výchozí stav diagnostického objektu, musí vyjít stejné výsledky. Z toho plyne, že celkový výsledek procedury musí být dán pouze stavem diagnostického objektu a ne vlastnostmi kontrolní soustavy
  - b. Opakovatelnost – celá procedura musí obsahovat jasně a přesně formulovaná pravidla v definované posloupnosti tak, aby bylo možné celý proces diagnostiky vícekrát opakovat.
7. Vnější podmínky činnosti diagnostického objektu jsou konstantní a neměnné, tedy, že jakákoliv změna diagnostických signálů je způsobena pouze změnou stavu diagnostického objektu a nikoliv okolními podmínkami.
8. Vstupní signály, které jsou na nejvyšší diagnostické, úrovni mají pravdivostní hodnotu vždy pravdivost.
9. Diagnostický objekt nesmí obsahovat zpětnovazební obvody. V opačném případě musí existovat možnost nastavení měření diagnostických signálů [14].

V případě nastavování regulačních prvků zařízení, které definují režim činnosti zařízení, se toto nastavení řadí mezi zvláštní diagnostické podmínky. Tímto nastavením je zaručeno ověření pravdivostních hodnot nezbytných vstupních signálů apod. [14].

# 7. MĚŘENÍ A ZKOUŠKY VZDUCHOVÉHO JISTIČE

Vzduchovými jističi pro jištění instalací NN se zabývá norma IEC 60947-2. Dle této normy jsou jističe určeny pro ochranu proti nadproudům a zkratům v elektrických instalacích. Jejich konstrukce, parametry a vlastnosti, tedy musí splňovat podmínky, které zajistí jejich správnou a bezpečnou funkci. Tato skutečnost je dána a garantována výrobcem u nového jističe. Problém může nastat po určité době, kdy je daný jistič v provozu a je vytižen. Výrobcem je proto udáno, po jaké době by na jističi měli být provedena diagnostika jeho správné funkce. V případě nevykonání těchto kontrol, může nastat situace, kdy jistič nebude dostatečně plnit svoje funkce, a může být narušena bezpečnost provozu dané elektrické sítě, případně zvýšení provozních nákladů na provoz. V normě IEC 60947-2:2016 v tabulce 9 – Overall schema of test sequences – jsou rozděleny zkoušky na základě parametrů, které je nutno pro určený vzduchový jistič ověřit [9].

## 7.1 Okolní podmínky zkoušek

Přesné parametry okolního prostředí, ve kterém je jistič zkoušen upravuje norma. Nejdůležitější podmínky, které musí být splněny, jsou uvedeny v následujícím odstavci.

Vzduchový výkonový jistič musí být namontován na černě natřené překližkové desce o tloušťce zhruba 20 mm. Zkoušené zařízení je připojené PVC vodiči uloženými na vzduchu, s minimální vzdáleností vodičů, jako jsou vzdálenosti mezi svorkami. Průřezy vodičů a utahovací momenty jsou vybrány dle jmenovitého proudu v tabulkách v normě. Okolní teplota přístroje musí být v rozmezí 20 °C až 25 °C. Do zkoušeného přístroje se nesmí nijak zasahovat. Přístroj nesmí být při zkouškách cíleně ohříván nebo ochlazován. Při průběhu zkoušky musí být zvoleno napětí dle datového listu výrobce a jmenovitý kmitočet sítě s tolerancí  $\pm 5$  Hz. Přesné znění podmínek je uvedeno v normě IEC 60947-2:2016 v dílčím článku 7.2 – Performance requirements [9].

## 7.2 Zkouška oteplení

Zkouška oteplení má za úkol u vzduchového jističe NN ověřit, jestli nejvyšší oteplení dané části přístroje nepřekročí oteplení, které je stanoveno normou. Oteplení se určuje rozdílem teplot okolního vzduchu a teplotou dané části přístroje. V případě že oteplení dané části přístroje přesáhne hodnotu stanovenou normou, je třeba se na daný konstrukční prvek přístroje zaměřit neboť může být poškozen. V případě zjištění závady je potřeba daný prvek vyměnit nebo opravit. Při zkoušce prochází všemi póly přístroje jmenovitý proud  $I_n$  při vhodném napětí po dobu, dokud změna oteplení nebude přesahovat 1 K za hodinu [9].

Nejvyšší možné hodnoty oteplení jsou uvedeny v Tab. 3. Platí za teploty okolního vzduchu v rozmezí od 5 °C do 40 °C s tím, že průměrná teplota nesmí za 24 hodin

překročit 35 °C. Teplotu okolí je nutno měřit minimálně v poslední čtvrtině trvání zkoušky nejméně dvěma teploměry nebo termočlánky, které jsou umístěny ve vzdálenosti zhruba 1 metr od přístroje a v polovině jeho výšky. Teplota prvků jističe uvedených v Tab. 3 musí být měřena pomocí termočlánků, které jsou umístěny co nejbliže u nejteplejšího místa dané části [9].

**Tab. 3 Maximální hodnoty oteplení vzduchových jističů [9]**

Část přístroje	Oteplení	
	Kovové části	Nekovové části
Svorky pro externí připojení	80 K	-
Prvky, kterých je možno se pouze dotknout (nelze je uchopit)	40 K	50 K
Prvky, kterých je možno se pouze dotknout a uchopit	25 K	35 K
Prvky, kterých se nelze při běžném provozu dotknout	50 K	60 K

### 7.3 Zkoušky vypínacích charakteristik nadproudů

Zkoušky týkající se vypínacích charakteristik se provádějí za účelem ověření, zda ochrany jističe v požadovaném čase a ne předčasně. Charakteristiky se vztahují k jističi, který je namontován na základě požadavků normy, které jsou uvedeny v kapitole 6.1. Norma udává dvě pevné hodnoty času a proudu, které musí být splněny u všech jističů, které jsou uvedeny v kapitole 2.1.3. [9].

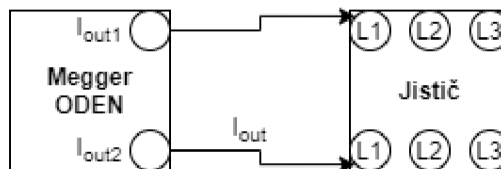
Zkoušky lze rozdělit na primární a sekundární zkoušky v závislosti na měřených prvcích a způsobu měření.

#### 7.3.1 Primární zkoušky ochran

Primární zkoušky nadproudových ochran se provádějí za účelem zjištění funkčnosti vybavovacího mechanismu jako celku. Prověřuje se funkčnost nadproudové ochrany, proudových transformátorů a vybavovacího mechanismu. Pro provádění primárních zkoušek je zapotřebí velký proudový zdroj, který je schopen dodávat po potřebnou dobu proud dle nastavení ochrany. Je nutné nezávisle na sobě odzkoušet všechny dostupné typy spouští. Nastavení spouští, které nejsou součástí měření, tedy musí být takové, aby neovlivňovalo měřenou spoušť. Platí, že nepoužívané spouště musí být nastaveny



na co největší rozsah. Měřenou spoušť je vhodné nastavit na co nejmenší rozsah a citlivost tak, aby bylo možné řádně nasimulovat proudovým zdrojem požadovaný proud.



**Obr. 14 Primární zkoušky**

Měření primárních zkoušek se například provádí diagnostickým přístrojem Megger Oden, který kombinuje proudový zdroj a zároveň vyhodnocuje časy vybavení jističe. Přístroj do jističe pouští nastavený proud a změří čas rozpojení kontaktů. Měření se provádí pro jednotlivé fáze samostatně.

V případě že výsledky primárních zkoušek jističe nejsou v tolerancích a mezích, je nutné zjistit důvody nevyhovující zkoušky. Prakticky nastávají tři případy, kde se může porucha vyskytovat.

- Porucha na proudových transformátorech
- Porucha na nadproudové ochraně
- Porucha na vybavovacím mechanismu

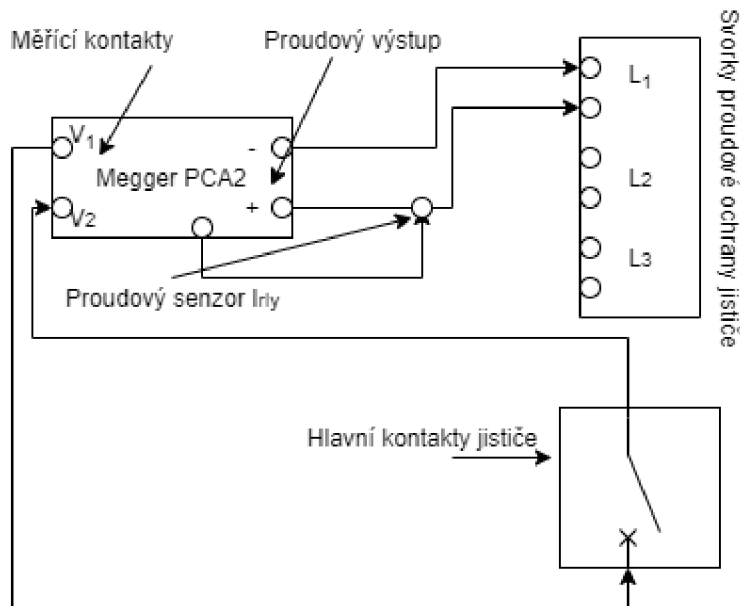
Naměřené hodnoty se srovnávají s hodnotami od výrobce nadproudové ochrany a jističe, kdy v datovém listě jsou pro jednotlivá nastavení ochrany uvedeny příslušné tolerance a dovolené odchylky pro časy vybavení ochrany.

Při nevyhovujících primárních zkouškách se následně přistupuje k sekundárním zkouškám, měření převodům proudových transformátorů a měření zapínacích/vypínacích časů mechanismu jističe, aby se zjistila příčina nevyhovujících primárních zkoušek.

### **7.3.2 Sekundární zkoušky ochran**

Sekundární zkoušky nadproudových ochran lze provádět buď na základě nevyhovujících primárních zkoušek, nebo i samostatně. V případě provádění sekundárních zkoušek se proudový obvod, na základě kterého ochrana vybaví mechanismus jističe, připojuje přímo na proudové svorky ochrany jističe. Zároveň se na kontakty hlavní proudovodné dráhy připojí kontakty pro změření časů rozpojení nebo spojení hlavních kontaktů. Měření se provádí pro všechny tři fáze zvlášť. Je nutné použít měřicí přístroj, který bude mít zabudovaný proudový zdroj, a bude mít zpětnou vazbu o tom, kdy jistič vypnul.

Na základě zjištěných údajů o převodových poměrech proudových transformátorů jističe určíme proud, který bude procházet obvodem ochrany jističe. Například jmenovitému proudu 1600 A, který prochází na primární straně proudového transformátoru, bude odpovídat proud 5A v obvodu ochrany jističe. Při provádění sekundárních zkoušek je nutné tyto zkoušky provést pro všechny spouště, které jsou v ochraně instalovány. Z naměřených hodnot je pak vhodné sestavit graf a hodnoty porovnat s hodnotami, které udává výrobce v datovém listu k jističi.



**Obr. 15 Sekundární zkoušky**

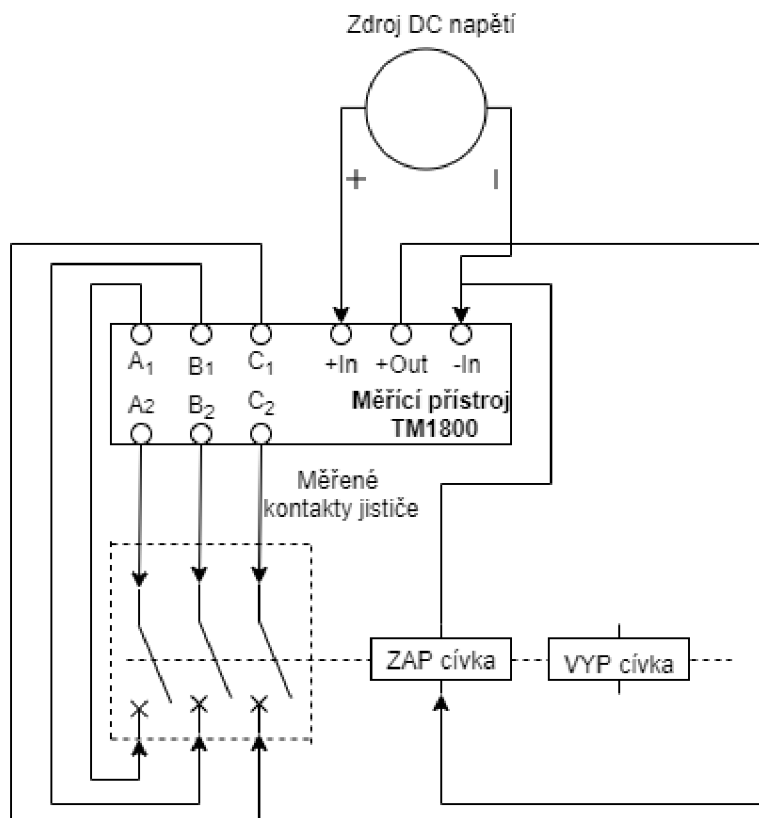
Měření se provádí například přístrojem Megger PCA2, který kombinuje proudový zdroj a časomíru, která je schopná zaznamenat čas vybavení jističe. Přístroj umožňuje měřit vždy pouze na jedné fázi. Je tedy nutné jednotlivé kontakty po skončení měření na jedné fázi adekvátně přepojit na svorky další fáze. Součástí diagnostiky je i zapojení proudové sondy měřicího přístroje do proudového obvodu, pro nastavení proudu, který teče obvodem ochrany.

## 7.4 Zkoušky zapínacích a vypínacích časů jističe

Při zapínání a vypínání jističe je potřebné, aby byly od sebe kontakty vzdáleny dostatečně rychle. Dodržení předepsaných časů je potřebné k tomu, abychom minimalizovali nebo úplně eliminovali vytvoření střídavého elektrického oblouku. Měření je prováděno měřicím přístrojem, který na jednotlivých fázích měří stav kontaktů. Měřicí přístroj pak bere jako referenční hodnotu pro měření moment, kdy je na vypínací nebo zapínací cívku přivedeno napětí [9].

Pro měření zapínacích a vypínacích časů jističe potřebujeme přístroj, který umí generovat napětí a proud. Hlavní kontakty jističe se zapojí do přístroje, a přístroj se pak

zapojí na vypínací nebo zapínací cívku. Výrobce jističe v datovém listě uvádí zapínací a vypínací časy jističe. Přístroj je schopen změřit časy vypnutí obvodu nebo jeho zapnutí. Důležitým sledovaným aspektem měření je také informace o tom, jestli všechny kontakty na jednotlivých fázích reagují současně a včas. Jen tak lze ověřit stav jednotlivých mechanických vypínacích prvků jističe.



**Obr. 16 Vypínací a zapínací časy jističe**

## 7.5 Zkoušky izolačních stavů

Jistič musí být navržen tak aby byl schopen odolat přetížení způsobeným odlišnými dočasnými podmínkami napájení, které jsou způsobeny například bleskem nebo spínacími impulzy. Z tohoto důvodu jsou prováděny dielektrické testy. Tyto testy se provádějí před diagnostikou a po diagnostice jističe. Jen tak lze zaručit, že je jistič před měřeními v pořádku a že nebude nijak ohrožena bezpečnost. Po provedení testů je třeba se přesvědčit, že se testy jistič nepoškodil a jeho provoz bude i nadále bezpečný. Dielektrické zkoušky se provádějí na základě normy IEC 60947-2:2016 v dílčím článku 8.4.3 – Dielectric tests. V rámci dielektrických testů jsou prováděny dva testy a to Impulse withstand voltage test (test impulzního výdržného napětí) a Power frequency withstand voltage test (test izolačního napětí) [9].

Měřicí přístroj, kterým se provádí zkoušky izolačních stavů, musí být schopen generovat vysoké stejnosměrné napětí. V případě přístroje Megger S1-1568 se jedná

o napětí až o velikosti 5 kV. Svorky přístroje se jednotlivě a postupně připojují na všechna vodivá místa, kde se při provozu vyskytuje provozní napětí. Svodový proud se měří proti kostře a také vůči jednotlivým fázím vzájemně.

Měření musí probíhat při zapnutém i při vypnutém jističi, aby byly simulovány všechny možné provozní stavy kontaktů a jednotlivých vodivých částí jističe. Měří se jednak svodový proud a napětí. Po připojení kontaktů měřicího přístroje se v průběhu měření izolační odpor v čase zvyšuje, protože v obvodu jsou ještě volné nosiče náboje. Norma vždy předepisuje minimální hodnotu izolačního odporu. Z praxe ale vyplývá, že by měl být izolační odpor podstatně větší. Je také důležité sledovat, zda na všech fázích přístroje jsou řádově stejné izolační odpory. V případě většího rozdílu, může tento rozdíl signalizovat případnou možnou poruchu přístroje.

## 7.6 Zkoušky zkratové odolnosti

Zkoušky zkratové odolnosti se provádějí pro ověření chování jističe při zkratu, kdy musí být zaručena dostatečná ochrana obsluhy a ochrana elektrického obvodu jističem. Norma definuje více typů zkratových zkoušek, které jsou závislé na parametrech a počtu pólů daného jističe. Mezi důležité parametry při zkratových zkouškách patří jmenovitá provozní zkratová vypínací schopnost  $I_{cs}$  a jmenovitá mezní zkratová vypínací schopnost  $I_{cu}$ . Minimální zkratový proud pro zkratové zkoušky je pro jistič se jmenovitým proudem menším než 2500 A roven 12 ti násobku  $I_n$  nebo 5 kA, podle toho, co je větší. Veškeré další parametry zkoušek stanovuje norma IEC 60947-2:2016 v dílčím článku 7.2.5 – Ability to make and break under short-circuit conditions [9].

## 7.7 Měření přechodového odporu kontaktů

Ideálním předpokladem je, aby kontakty jističe měly v sepnutém stavu co nejmenší přechodový odpor a to z pohledu bezpečnosti i ekonomické efektivity. Nízké přechodové odpory jsou zárukou toho, že se jistič nebude na styčných plochách přehřívat, čímž tyto styčné plochy degradují, což zvětšuje přechodové odpory v místě dotyku a další zahřívání. Z hlediska ekonomické efektivity jsou jakékoliv tepelné ztráty v přístroji nežádoucí. Vzhledem k přenášeným proudům u výkonových vzduchových jističů, mohou být tyto ztráty nezanedbatelné [9].

Měření se provádí čtyřvodičovou Kelvinovou metodou, kterou lze provádět za pomoci mikroohmmetru. K měření je zapotřebí také proudový zdroj, který je schopen dodávat potřebný proud k měření přechodového odporu. Dle interní normy zadavatele práce je maximální hodnota přechodového odporu stanovena na 70  $\mu\Omega$ .

## 8. ZÁVĚR

Bakalářská práce se věnovala problematice výkonových jističů pro nízké napětí. Má sloužit jako metodický pokyn a příručka pro zaměstnance společnosti zadavatele, kteří budou provádět diagnostiku vzduchových jističů NN.

V první části práce bylo rozebráno, jak jistič nízkého napětí funguje a jaké jsou jeho hlavní části. Dále jsou popsány výkonové jističe nízkého napětím, tedy takové jističe, jejichž jmenovitý proud je větší než 1000 A. Podrobně jsme se seznámili se vzduchovým jističem od firmy Siemens, na kterém byly vysvětleny jednotlivé šítkové hodnoty a jejich význam.

Součástí této bakalářské práce bylo také nastudování datového listu daného jističe a vysvětlení jednotlivých hodnot z datového listu. Byly také vysvětleny základní parametry elektronické ochrany, se kterou je jistič dodáván. Tento jistič byl pak srovnán v několika oblastech s konkurenčními výrobky a bylo vyhodnoceno, v čem spočívají přednosti jističe Siemens.

Podstatná část práce byla věnována problematice oboru diagnostiky. Byly vysvětleny základní pojmy a principy diagnostiky, které jsou důležité pro pochopení problematiky diagnostiky vzduchového jističe nízkého napětí.

Součástí práce bylo také studium normy IEC 60947-2, která se týká jističů nízkého napětí. Byly vysvětleny některé z testů uváděných v normě, které slouží k diagnostice vzduchového jističe.

Zadavatel může tuto problematiku rozšířit i o praktickou část, kdy se zaměstnanec blíže seznámí s měřením a diagnostikou poruch vzduchového jističe nízkého napětí, který by zadavatelem práce poskytnul.

# Literatura

- [1] HAVELKA, Otto. Elektrické přístroje. Praha: SNTL, 1985.
- [2] HELŠTÝN, David, Petr KAČOR a Zdeněk HYTKA. Elektrické přístroje spínací ochranné a jističí: průvodce studiem. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, Regionální centrum celoživotního vzdělávání, 2003. ISBN 80-248-0315-1.
- [3] MRAVEC, Ing. Rudolf, KLÍMEK, Ing. Adolf, ed. Elektrické stroje a přístroje: 2. Elektrické přístroje. Praha: SNTL, 1976.
- [4] OEZ [online]. [cit. 2020-01-01]. Dostupné z: [http://www.oez.cz/ke-stazeni/katalogy?utm\\_source=oez-cz&utm\\_medium=prirucky&utm\\_campaign=banner-HP](http://www.oez.cz/ke-stazeni/katalogy?utm_source=oez-cz&utm_medium=prirucky&utm_campaign=banner-HP)
- [5] AUGUSTA ING., Lubomír. Kompaktní jističe Modeion a jejich využití v průmyslové automatizaci [online]. 2010, 2010 [cit. 2020-01-01]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/41896.pdf>
- [6] ŠKULAVÍK ING, Jan. Kompaktní jističe, používání a výběr nadproudových spouští [online]. 2009 [cit. 2020-01-01]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/39247.pdf>
- [7] Siemens product details. In: Siemens [online]. [cit. 2020-01-01]. Dostupné z: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Product/3WL11083DG365FA4-ZC20C22K07R10R16R21S25T40>
- [8] ŘEHORČKA, Milan. Zhášecí komora výkonových spínačů. 1987. ČSSR. 252219. Přihlášeno 26. 6. 1985. Uděleno 15. 9. 1988. Zapsáno 15. 1. 1987. Dostupné také z: <http://skpatents.com/5-252219-zhaseci-komora-vykonovych-spinacu>
- [9] IEC 60947-2. Low-voltage switchgear and controlgear: Part 2: Circuit - breakers. 5. Geneva, Switzerland: International electrotechnical commission, 2016.
- [10] ABB E2N-A1600PR121 [online]. [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: <https://new.abb.com/products/1SDA057345R1/e2n-a-1600-pr121-p-lsig-in-1600a-3p-w-mp>
- [11] Schneider MTZ116 H1 [online]. [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.se.com/cz/cs/product/LV847240/jisti%C4%8D-mtz1-16-h1-3p-v%C3%BDsuvn%C3%BD/>
- [12] SIEMENS SENTRON 3WL1116 [online]. [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: <http://support.industry.siemens.com/cs/products?dtp=Catalog&mfnc=en-ww>
- [13] OEZ Modeion [online]. [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: [http://www.oez.cz/uploads/oez/files/ow/2193-web\\_cz\\_sk\\_en\\_de\\_ru\\_hu\\_pl\\_ua\\_es\\_ro.jpg](http://www.oez.cz/uploads/oez/files/ow/2193-web_cz_sk_en_de_ru_hu_pl_ua_es_ro.jpg)
- [14] JANOŠEK, I., KOZÁK, J., TABARA, O., a kolektiv: Technická diagnostika. Praha: SNTL, 1988