



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV ELEKTROENERGETIKY

DEPARTMENT OF ELECTRICAL POWER ENGINEERING

ANALÝZA VYUŽITÍ FUNKCE BREAKER/LIMITER U ODBĚRNÝCH MÍST NÍZKÉHO NAPĚTÍ

ANALYSES OF THE BREAKER/LIMITER FUNCTIONS FOR LOW VOLTAGE SUPPLY POINTS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Denisa Procházková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. David Topolánek, Ph.D.

BRNO 2017

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor **Elektroenergetika**

Ústav elektroenergetiky

Studentka: Bc. Denisa Procházková

ID: 159171

Ročník: 2

Akademický rok: 2016/17

NÁZEV TÉMATU:

Analýza využití funkce breaker/limiter u odběrných míst nízkého napětí

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Přístup a využití funkce breaker/limiter v ČR a v ostatních zemích
2. Analýza technického řešení breaker/limiter
 - a) analýza technických možností
 - b) umístění připojovacího tlačítka nebo způsob aktivace odpojovače zákazníkem
 - c) problematika vypnutí a opětovného zapnutí odběrného místa (možné způsoby, legislativní omezení)
3. Možnost využití funkcionality breaker/limiter
 - a) definování a popis možností uplatnění v podmínkách ČR bez i s uvažování legislativních omezení
 - b) dopady na legislativu a analýza nutných úprav legislativy/připojovacích podmínek

DOPORUČENÁ LITERATURA:

podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 6.2.2017

Termín odevzdání: 22.5.2017

Vedoucí práce: Ing. David Topolánek, Ph.D.

Konzultant:

doc. Ing. Petr Toman, Ph.D.

předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové 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.

Bibliografická citace práce:

PROCHÁZKOVÁ, D. *Analýza využití funkce breaker/limiter u odběrných míst nízkého napětí*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2017. 82 s. Vedoucí diplomové práce Ing. David Topolánek, Ph.D..

„Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Analýza využití funkce breaker/limiter u odběrných míst nízkého napětí jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové 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 autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušila autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhla nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědoma 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.“

Zároveň bych zde chtěla vyjádřit poděkování vedoucímu diplomové práce Ing. Davidovi Topolánkovi, Ph.D. za cenné rady a odborné vedení diplomové práce.

V Brně dne: 22. 5. 2017

.....

Bc. Denisa Procházková

ABSTRAKT

Diplomová práce umožňuje nahlédnout do problematiky dálkového omezování a odpojování odběrných míst distribučních společností. Dálkově nebo lokálně odpojit nebo připojit odběrné místo umožňuje funkce breaker. K automatickému odpojování odběrného místa lze použít funkci limiter. Vzhledem k předpokládanému zavedení smart meterů v ČR v budoucnu obsahuje tato práce ucelený popis funkce breaker/limiter s navrženými možnostmi využití v podmínkách ČR.

Práce se zabývá současným využitím funkce breaker/limiter v ČR a v ostatních zemích. Uvádí pilotní projekty zavádění smart meterů, na základě kterých je zpracována analýza použití funkce breaker/limiter v jednotlivých zemích. Zaměřuje se na technické řešení breaker/limiter. Popisuje možnosti zapojení breakeru, možnosti nastavení limiteru, způsob připojení/odpojení odběrného místa a konkrétní možnosti ovládní breakeru. Dále se práce zabývá způsoby aktivace breakeru zákazníkem a definuje, v jakých případech je v současné době možné omezit a přerušit dodávku elektřiny v ČR.

Hlavní částí práce je popis konkrétních možností využití funkce breaker/limiter v podmínkách ČR. Možnosti jsou navrženy s ohledem na používání funkce v ostatních zemích a na možnosti omezení nebo přerušení dodávky elektřiny PDS podle EZ. Každá možnost využití je analyzována při implementaci funkce breaker nebo funkce breaker/limiter. Jsou definovány přínosy pro distributora a pro odběratele. Jednotlivé navržené možnosti využití jsou zhodnoceny z hlediska využitelnosti v ČR a z hlediska platné legislativy.

Výsledkem práce je celkový souhrn informací o funkci breaker/limiter, která je jednou z nových vlastností v rámci zavádění smart meteringu. Implementace funkce a využití možností, které jsou popsány v diplomové práci, je závislé na rozhodnutí jednotlivých PDS.

KLÍČOVÁ SLOVA: breaker; limiter; dálkové odpojování; smart meter; smart grid; smart metering; automatické odpojování; odběrné místo

ABSTRACT

The diploma thesis provides an insight into the remote control and disconnection of DSO supply points phenomenon. The remote or local disconnection/connection of supply point is allowed by the breaker function. The automatic disconnection of supply point is enabled by the limiter function. Due to the anticipated implementation of smart meters in the Czech Republic in the future, this work contains the comprehensive description of breaker/limiter function with proposed possibilities of use in the Czech Republic.

The thesis deals with the current breaker/limiter function use in the Czech Republic and in other countries. It introduces the smart meter installation in pilot projects to analyze the breaker/limiter function use in other countries. The thesis is focused on the technical solution of breaker/limiter. Moreover, it describes the ways of connecting the breaker, setting the limiter, connecting/disconnecting a supply point and breaker operation. Further, the thesis introduces the ways of activating the breaker by a customer and defines in which cases it is possible to limit and interrupt the electricity supply in the Czech Republic currently.

The main aim of thesis is to describe the specific possibilities of breaker/limiter function use in the Czech Republic. With regard to the function use in other countries and the limiting or interrupting the electricity supply by DSO according to energy law, the possibilities of use are proposed. Each possibility of use is analyzed when implementing the breaker function or the breaker/limiter function. The benefits are defined for a DSO and for a customer. The proposed uses are evaluated in terms of applicability and valid legislation in the Czech Republic.

The result of this work is the summary of information about breaker/limiter function which is one of the new features in the implementation of smart metering. The function installation and the implementation of possibilities described in the thesis depends on the DSO decision.

KEY WORDS: breaker; limiter; remote disconnection; smart meter; smart grid; smart metering; automatic disconnection; supply point

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ.....	8
SEZNAM TABULEK	9
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	10
SEZNAM ZÁKLADNÍCH POJMŮ	11
1 ÚVOD	12
1.1 CÍLE PRÁCE	12
1.2 SMĚRNICE A DOPORUČENÍ K SMART METERINGU V EU.....	13
1.3 PŘÍSTUP A VYUŽITÍ FUNKCE BREAKER/LIMITER V ČR	14
1.4 PŘÍSTUP A VYUŽITÍ FUNKCE BREAKER/LIMITER MIMO ČR.....	15
1.4.1 VYUŽITÍ FUNKCE BREAKER/LIMITER V OSTATNÍCH ČLENSKÝCH STÁTECH EU.....	15
1.4.2 VYUŽITÍ FUNKCE BREAKER/LIMITER MIMO EU	21
1.5 ARCHITEKTURA SYSTÉMU SMART METERINGU	22
2 ANALÝZA TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ BREAKER/LIMITER	24
2.1 ZAPOJENÍ BREAKERU.....	24
2.2 MOŽNOSTI NASTAVENÍ LIMITERU.....	25
2.3 ZPŮSOBY PŘIPOJENÍ/ODPOJENÍ ODBĚRNÉHO MÍSTA	27
2.3.1 STAVY BREAKERU	27
2.3.2 OVLÁDÁNÍ BREAKERU	27
3 UMÍSTĚNÍ PŘIPOJOVACÍHO TLAČÍTKA NEBO ZPŮSOB AKTIVACE BREAKERU ZÁKAZNÍKEM.....	30
3.1 AKTIVACE BREAKERU POMOCÍ TLAČÍTKA UMÍSTĚNÉHO NA SMART METERU	30
3.1.1 UMÍSTĚNÍ TLAČÍTKA NA SMART METERU PODLE VÝROBCŮ	30
3.2 AKTIVACE BREAKERU POMOCÍ OPENING RECLOSING SYSTEM.....	31
3.3 PROBLEMATIKA UMÍSTĚNÍ ELEKTROMĚRŮ V ČR	32
4 SOUČASNÉ OMEZENÍ A PŘERUŠENÍ DODÁVKY ELEKTRINY V ČR.....	33
4.1 STAVY NOUZE A PŘEDCHÁZENÍ STAVU NOUZE.....	34
4.2 NEOPRÁVNĚNÝ ODBĚR ELEKTRINY	35
4.3 NEOPRÁVNĚNÁ DODÁVKA ELEKTRINY DO ES.....	36
4.4 CHARAKTERISTIKY DODÁVKY ELEKTRICKÉ ENERGIE NN.....	37
4.4.1 ODCHYLKY NAPÁJECÍHO NAPĚTÍ	37
4.4.2 RYCHLÉ ZMĚNY NAPĚTÍ.....	37
AMPLITUDA RYCHLÝCH ZMĚN NAPĚTÍ	37
4.4.3 NESYMETRIE NAPÁJECÍHO NAPĚTÍ.....	38
4.4.4 POKLESY A DOČASNÉ ZVÝŠENÍ NAPÁJECÍHO NAPĚTÍ.....	38
4.4.5 HARMONICKÁ NAPĚTÍ.....	39
5 MOŽNOSTI VYUŽITÍ FUNKCE BREAKER/LIMITER V PODMÍNKÁCH ČR	40
5.1 MOŽNOST VYUŽITÍ PŘI UKONČENÍ SMLOUVY S DODAVATELEM.....	41

5.1.1 SOUČASNÝ POSTUP PŘI UKONČENÍ SMLOUVY S DODAVATELEM	41
5.1.2 VYUŽITÍ FUNKCE BREAKER PŘI UKONČENÍ SMLOUVY	41
5.2 MOŽNOST VYUŽITÍ PŘI ZNEMOŽNĚNÍ PŘÍSTUPU K ELEKTROMĚRU	43
5.2.1 SOUČASNÝ POSTUP PŘI ZNEMOŽNĚNÍ PŘÍSTUPU K ELEKTROMĚRU	43
5.2.2 VYUŽITÍ FUNKCE BREAKERU PŘI ZNEMOŽNĚNÍ PŘÍSTUPU K ELEKTROMĚRU.....	43
5.3 MOŽNOST VYUŽITÍ PŘI NEOPRÁVNĚNÉM ODBĚRU Z DŮVODU NEPLACENÍ ZÁKAZNÍKA	44
5.3.1 SOUČASNÝ POSTUP ODPOJENÍ ZÁKAZNÍKA Z DŮVODU NEPLACENÍ	44
5.3.2 VYUŽITÍ FUNKCE BREAKER/LIMITER Z DŮVODU NEPLACENÍ ZÁKAZNÍKA	44
5.4 MOŽNOST VYUŽITÍ V SYSTÉMU PŘEDPLACENÉ ENERGIE.....	49
5.5 MOŽNOST VYUŽITÍ PŘI NEOPRÁVNĚNÉM ODBĚRU Z DŮVODU OVLIVNĚNÍ SMART METERU.....	51
5.5.1 SOUČASNÝ POSTUP PŘI NEOPRÁVNĚNÉM ODBĚRU Z DŮVODU OVLIVNĚNÍ ELEKTROMĚRU ...	51
5.5.2 VYUŽITÍ FUNKCE BREAKER PŘI OVLIVNĚNÍ SMART METERU.....	51
5.6 MOŽNOST VYUŽITÍ PŘI ODBĚRU ELEKTŘINY ZAŘÍZENÍMI, KTERÁ OVLIVŇUJÍ KVALITU ELEKTŘINY V NEPROSPĚCH OSTATNÍCH	52
5.6.1 SOUČASNÁ PROBLEMATIKA SLEDOVÁNÍ KVALITY NAPĚTÍ.....	52
5.6.2 VYUŽITÍ MONITOROVÁNÍ KVALITY NAPĚTÍ POMOCÍ SMART METERŮ	53
5.7 MOŽNOST VYUŽITÍ PŘI FREKVENČNÍM ODLEHČOVÁNÍ.....	58
5.7.1 SOUČASNÝ POSTUP PŘI FREKVENČNÍM ODLEHČOVÁNÍ	58
5.7.2 VYUŽITÍ FUNKCE BREAKER/LIMITER PŘI FREKVENČNÍM ODLEHČOVÁNÍ	59
5.8 MOŽNOST VYUŽITÍ PRO OMEZENÍ ODBĚRU.....	62
5.8.1 SOUČASNÉ OMEZENÍ ODBĚRU	62
5.8.2 VYUŽITÍ FUNKCE BREAKER/LIMITER PŘI OMEZENÍ ODBĚRU.....	62
5.9 MOŽNOST VYUŽITÍ PŘI NEOPRÁVNĚNÉ DODÁVCE DO ES.....	65
5.9.1 SOUČASNÉ PODMÍNKY DODÁVKY DO ES	65
5.9.2 VYUŽITÍ FUNKCE BREAKER/LIMITER PŘI NEOPRÁVNĚNÉ DODÁVCE DO SÍTĚ	65
5.10 MOŽNOST VYUŽITÍ PŘI ZMĚNĚ HODNOTY REZERVOVANÉHO PŘÍKONU	67
5.10.1 SOUČASNÝ POSTUP PŘI ZMĚNĚ REZERVOVANÉHO PŘÍKONU	67
5.10.2 VYUŽITÍ FUNKCE BREAKER/LIMITER PŘI ZMĚNĚ REZERVOVANÉHO PŘÍKONU	68
5.11 MOŽNOST VYUŽITÍ PŘI OHLAŠOVÁNÍ OM, KTERÁ OHROŽUJÍ ZDRAVÍ NEBO MAJETEK OSOB .71	
5.11.1 SOUČASNÝ POSTUP PŘI OHLAŠOVÁNÍ OM, KTERÁ OHROŽUJÍ ZDRAVÍ NEBO MAJETEK OSOB	71
5.11.2 VYUŽITÍ FUNKCE BREAKER/LIMITER PŘI OHLAŠOVÁNÍ OM, KTERÁ OHROŽUJÍ ZDRAVÍ NEBO MAJETEK OSOB.....	71
6 SOUČASNÉ ZHODNOCENÍ MOŽNOSTÍ VYUŽITÍ FUNKCE BREAKER/LIMITER	72
6.1 ZHODNOCENÍ IMPLEMENTACE FUNKCE BREAKER/LIMITER Z POHLEDU VYUŽITELNOSTI A LEGISLATIVY V ČR	73
6.1.1 DOPADY NA LEGISLATIVU A ANALÝZA NUTNÝCH ÚPRAV LEGISLATIVY PŘI POUŽITÍ FUNKCE BREAKER/LIMITER	75
7 ZÁVĚR.....	76
7.1 SHRNUÍ PRÁCE.....	76
7.2 NÁVRH DALŠÍHO POSTUPU	77
POUŽITÁ LITERATURA	79

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1: Příklad třífázového 100 A breakeru [3]</i>	11
<i>Obr. 2: Postoj členských států EU k funkci dálkové kontroly zapínáním či vypínáním dodávek a/nebo omezením toku [11]</i>	15
<i>Obr. 3: Blokové schéma komunikace smart meteringu</i>	22
<i>Obr. 4: Příklad nastavení limiteru [21]</i>	25
<i>Obr. 5: Symbol breakeru na displeji smart meteru</i>	27
<i>Obr. 6: Přejechy mezi stavy breakeru [20]</i>	28
<i>Obr. 7: A - Umístění tlačítek k aktivování breakeru u ZPA smart meteru AMx60 [23], B – Umístění tlačítka odpínače na smart meteru E350 Landis+Gyr [24]</i>	30
<i>Obr. 8: Princip funkce Opening reclosing systém [22]</i>	31
<i>Obr. 9: Možné kombinace spotřebičů při 15 % omezení s nepřekročením limitu</i>	47
<i>Obr. 10: Systém předplacené energie [35]</i>	49
<i>Obr. 11: Diagram využití smart meteru k monitoringu kvality napětí</i>	53
<i>Obr. 12 Doporučený limit pro velikost změn napětí s ohledem na čas mezi jednotlivými změnami napětí [38]</i>	54
<i>Obr. 13: Identifikace nesymetrie napětí</i>	55
<i>Obr. 14: Ochota zákazníků přesouvat dílčí aktivity v domácnosti [34]</i>	63
<i>Obr. 15: Dodávka do sítě z OZE s rezervovaným výkonem pro výrobu $P_{rez}=6kW$</i>	66
<i>Obr. 16: Vypínací charakteristika jističe [43]</i>	67
<i>Obr. 17 Vypínací charakteristika B 25 A, 32 A a vypínací charakteristika limiteru 30 A</i>	69

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1: Výsledky analýz nákladů a přínosů ve státech EU [7]</i>	13
<i>Tab. 2: Shrnutí jednotlivých projektů v členských zemích EU</i>	16
<i>Tab. 3: Shrnutí jednotlivých projektů v členských zemích EU</i>	17
<i>Tab. 4: Shrnutí jednotlivých projektů v členských zemích EU</i>	18
<i>Tab. 5: Shrnutí komunikačních technologií a protokolů používané jednotlivými PDS [15]</i>	23
<i>Tab. 6: Technické údaje breakeru [20]</i>	24
<i>Tab. 7: Jednotlivé stavy breakeru [20]</i>	27
<i>Tab. 8: Přechody mezi stavy breakeru [20]</i>	28
<i>Tab. 9: Poklesy napětí [28]</i>	39
<i>Tab. 10: Dočasné zvýšení napětí [28]</i>	39
<i>Tab. 11: Úrovně jednotlivých harmonických napětí v předávacím místě v procentech u_1 pro řády harmonických až do 25 [28]</i>	39
<i>Tab. 12: Ceny odpojení a znovu připojení na hladině NN z důvodu neoprávněného odběru</i>	44
<i>Tab. 13: Uvažované spotřebiče v modelové situaci</i>	46
<i>Tab. 14: Základní spotřebiče pro minimální provoz domácnosti</i>	47
<i>Tab. 15: Stupně systémového frekvenčního odlehčování zátěže [39]</i>	58
<i>Tab. 16: Přerozdělení výkonu při frekvenčním odlehčování [40]</i>	58
<i>Tab. 17: Spotřeba elektřiny netto v jednotlivých soustavách PDS v roce 2015 [41]</i>	59
<i>Tab. 18: Počet OM na jednotlivých hladinách napětí [41]</i>	60
<i>Tab. 19: Parametry asynchronního motoru nakrátko</i>	70
<i>Tab. 20 Zhodnocení implementace funkce breaker/limiter z pohledu využitelnosti a legislativy v ČR</i>	74

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

AMM	Automatic Meter Management
CEN	Evropský výbor pro normalizaci
CENELEC	Evropský výbor pro elektrotechnickou normalizaci
ČR	Česká republika
DS	Distribuční soustava
ES	Elektrizační soustava
ETSI	Evropský institut pro technické standardy
EU	Evropská unie
EZ	Energetický zákon
FVE	Fotovoltaická elektrárna
GPRS	General Packet Radio System
HDO	Hromadné dálkové ovládání
IEV	International electrotechnical vocabulary
JE	Jaderná elektrárna
LAN	Local Area Network
MOO	Maloodběr obyvatelstva
MOP	Maloodběr podnikatelů
NAP	Národní akční plán
NN	Nízké napětí
OM	Odběrné místo
OPM	Odběrné nebo předávací místo
PDS	Provozovatel distribuční soustavy
PLC	PowerLine Communication
PPDS	Pravidla provozování distribučních soustav
PPS	Provozovatel přenosové soustavy
PS	Provozovatel soustavy
U_n	Jmenovité napětí
VN	Vysoké napětí
VO	Velkoodběr
VVN	Velmi vysoké napětí
Wi-Fi	Wireless Fidelity

SEZNAM ZÁKLADNÍCH POJMŮ

Smart grid

Definice, kterou poskytuje IEV [1]:

Elektrizační soustava, která využívá výměnu informací, řídicí technologie, distribuovaný výpočet, senzory a akční členy pro následující účely:

- integrovat chování všech odběratelů elektrické energie,
- zajistit udržitelnou, ekonomickou a bezpečnou dodávku elektřiny.

Na základě definice IEV je možné smart grid popsat jako elektrickou a komunikační síť, která má zavedené zařízení umožňující obousměrnou digitální komunikaci mezi dodavatelem a odběratelem. Zahrnuje také smart metery a systém řízení a kontroly.

Smart metering

Definice, kterou poskytuje IEV [1]:

Technologie zaznamenávání dat z měřících přístrojů a poskytování komunikace a/nebo řízení mezi výrobou elektrické energie a elektrickým spotřebičem.

Dle definice IEV smart metering představuje koncepci měření v sítích smart grids. Umožňuje sběr dat z měření, jejich automatické vyhodnocení, připojení nebo odpojení OM, informace o aktuální spotřebě elektrické energie apod.

Smart meter

Podle [2] je smart meter zařízení, které měří spotřebu elektrické energie průběžně na OM a ukládá data do své paměti v určitých časových intervalech. Získaná data přeposílá automaticky do centrály distributora. Liší se od stávajících elektroměrů zejména v oboustranné komunikaci s centrálou distributora a v možnosti dálkového odpojení a připojení OM.

Breaker

Breaker, který je vidět na Obr. 1, plní funkci dálkově nebo lokálně ovládaného odpínače OM – na základě nastavitelných požadavků umožňuje dálkově nebo lokálně odpojit nebo připojit OM. Proudová zatížitelnost breakeru je minimálně stejná nebo větší, než je maximální zátěžní proud smart metru.



Obr. 1: Příklad třífázového 100 A breakeru [3]

Limiter

Limiter je integrovaný v smart metru a představuje softwarově nastavitelný omezovač proudu/výkonu/energie apod. Lze ho použít k automatickému odpojování OM.

1 ÚVOD

Smart metery jsou zaváděny PDS po celém světě ve velkém měřítku a jejich instalaci se mění koncept sítě NN. PDS přináší instalace smart meterů na OM mnoho výhod, které převážně pramení z poskytování dat o síti NN a o chování odběratele.

Díky všem informacím PDS mohou

- dálkově spravovat a omezovat spotřebu elektrické energie v OM,
- monitorovat a vyhodnocovat kvalitu elektrické energie (přepětí, podpětí, odchylky od požadované frekvence a atd.),
- analyzovat zatížení,
- lépe predikovat spotřebu elektrické energie,
- lépe odhalovat neoprávněné odběry.

Výhody přináší smart meter i odběratelům, které motivuje ke snížení spotřeby elektrické energie díky detailnějším informacím o spotřebě. Snížení spotřeby elektrické energie znamená pro odběratele nižší náklady za elektřinu. Dále smart metery umožňují rychleji odhalit výpadek proudu a tím zabezpečit obnovení dodávky elektrické energie v kratším čase zákazníkovi. Celkově vede zavedení smart meterů ke zlepšení účinnosti, spolehlivosti, hospodárnosti výroby a distribuce elektrické energie.

Smart meter se rozděluje obecně na tři hlavní části – měřící jednotku, komunikační jednotku a jednotku s breakerem. Funkce breaker/limiter lze považovat za jednu z hlavních a zároveň nejžádanějších vlastností, kterou má smart meter poskytovat z pohledu PDS. Dává možnost dálkově omezovat spotřebu elektrické energie v OM a efektivně odpojit neplatící zákazníky.

1.1 Cíle práce

Práce se zabývá analýzou využití funkce breaker/limiter u OM na hladině NN. Cílem diplomové práce je

- a) zmapovat současné využití funkce breaker/limiter v ČR a v ostatních zemích,
- b) analyzovat technické řešení funkce breaker/limiter,
- c) popsat způsoby aktivace breakeru zákazníkem,
- d) definovat případy, při kterých má PDS právo omezit nebo přerušit dodávku elektřiny s ohledem na Legislativu ČR,
- e) popsat možnosti využití funkce breaker/limiter,
- f) zhodnotit možnosti využití funkce breaker/limiter z pohledu využitelnosti v ČR a z pohledu Legislativy ČR.

1.2 Směrnice a doporučení k smart meteringu v EU

Podle [4] pro zavádění smart grids bylo nutné přijmout nové evropské normy. Z toho důvodu byly v roce 2009 pověřeny evropské normalizační organizace CEN, CENELEC a ETSI, aby zavedly evropské normy pro interoperabilitu smart meterů.

Z velké části instalaci smart meterů v členských státech EU vyvolala Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/72/ES [5] ze dne 13. července 2009 o společných pravidlech pro vnitřní trh s elektřinou. Směrnice požaduje jako cíl třetího energetického balíčku, aby alespoň 80 % domácností bylo vybaveno smart metery, pokud zavádění smart meteringu vyhodnotí členská země pozitivně.

Evropská komise v Doporučení o přípravách na zavedení inteligentních měřicích systémů (2012/148/EU) [6] zahrnuje soubor deseti společných minimálních funkčních požadavků na smart metery. Mezi nejdůležitější požadavek patří funkce breaker/limiter. Před implementováním funkce breaker/limiter je nutné, aby členská země zvážila:

- jaký přínos přinese zákazníkovi použití této funkce,
- ochranu „zranitelných zákazníků“,
- předpokládanou životnost breakeru,
- bezpečnostní kritéria odpojení a opětovného připojení.

V uplynulých letech téměř všechny členské státy EU provedly analýzu nákladů a přínosů pro trh a jednotlivé zákazníky při zavedení smart meteringu, přičemž zohledňovaly soubor společných minimálních funkčních požadavků. Ve více jak dvou třetinách případů analýza vedla k zavedení smart meterů. V případě Švédska, Itálie a Finska je již smart metering provozován a k roku 2014 bylo instalováno téměř 45 milionů smart meterů. Výsledky provedených analýz nákladů a přínosů jsou uvedeny v Tab. 1.

Tab. 1: Výsledky analýz nákladů a přínosů ve státech EU [7]

Výsledek analýzy nákladů a přínosů	Stát
Země překročily k rozsáhlému zavádění smart meterů do roku 2020 či dříve, nebo tak již učinily (v <i>Polsku a Rumunsku, přinesly analýzy nákladů a přínosů pozitivní výsledky, o zavádění však stále nebylo oficiálně rozhodnuto v době psaní zprávy [7]</i>).	Dánsko, Estonsko, Finsko, Francie, Irsko, Itálie, Lucembursko, Malta, Nizozemsko, Polsko, Rakousko, Rumunsko, Řecko, Spojené království, Španělsko, Švédsko
Analýzy nákladů a přínosů byly do roku 2020 záporné či nejednoznačné (v <i>Německu, v Lotyšsku a na Slovensku se prokázalo, že pro určité skupiny zákazníků je smart metering ekonomicky odůvodněný</i>).	Belgie, Česká republika, Litva, Lotyšsko, Německo, Portugalsko, Slovensko
Zaváděcí plány nebyly v době psaní analýzy nákladů a přínosů k dispozici.	Bulharsko, Kypr, Maďarsko, Slovinsko

1.3 Přístup a využití funkce breaker/limiter v ČR

Tato kapitola vychází z informací uvedených ve zdrojích [8, 9, 10].

V roce 2012 bylo v ČR rozhodnuto nezahajovat plošnou instalaci smart meterů na základě analýzy nákladů a přínosů při zavedení systému smart meteringu. Tímto rozhodnutím nedošlo k instalování smart meterů ve všech OM na hladině NN. Z toho plyne, že funkce breaker/limiter se v současné době v ČR nevyužívá. Nadále však probíhají analýzy technologií smart meteringu a vyhodnocování pilotních projektů probíhajících v ČR.

Jako jeden z důvodů nezavedení smart meterů v ČR je možné považovat využívání spolehlivého systému řízení spotřeby pomocí HDO. Komunikace a přenos informací systému HDO se uskutečňuje po silovém vedení, kdy vysílač tvoří kódovaný signál na vysílací frekvenci šířící se k přijímačům, které jsou umístěné v síti NN vedle elektroměru. Podle přijatého pokynu přijímač sepne nebo rozepne stykač, přes který jsou ovládány skupiny spotřebičů (např. elektrické vytápění, klimatizace a zařízení pro ohřev teplé vody). Systém je tedy používán pro přímé dálkové řízení skupin spotřebičů podle nastavených časových schémat a zároveň umožňuje ovládání pro tarifní účely, jelikož současně přijímač přepne tarif měření spotřeby na elektroměru. Přímé řízení lze uplatnit na spotřebiče, u nichž odběratel může přenechat jejich řízení PDS za předem stanovených podmínek. Je realizováno u maloobděratelů a přibližně 81 % spotřeby, kterou je možné řídit, je již v ČR přímo řízena pomocí HDO. Systém HDO lze mimo domácnosti využívat i v průmyslových podnicích pro spínání zařízení nevýrobního charakteru (např. klimatizace) nebo pro ovládání veřejného osvětlení, případně osvětlení pouličních reklam nebo výloh.

Ekonomické posouzení dále označuje zavedení smart meteringu za ekonomicky neefektivní za současných podmínek v ČR. V případě zavádění smart meteringu poukazuje na nutnost vytvoření národních legislativních podmínek a technických norem pro zabezpečení bezpečnosti a ochrany dat.

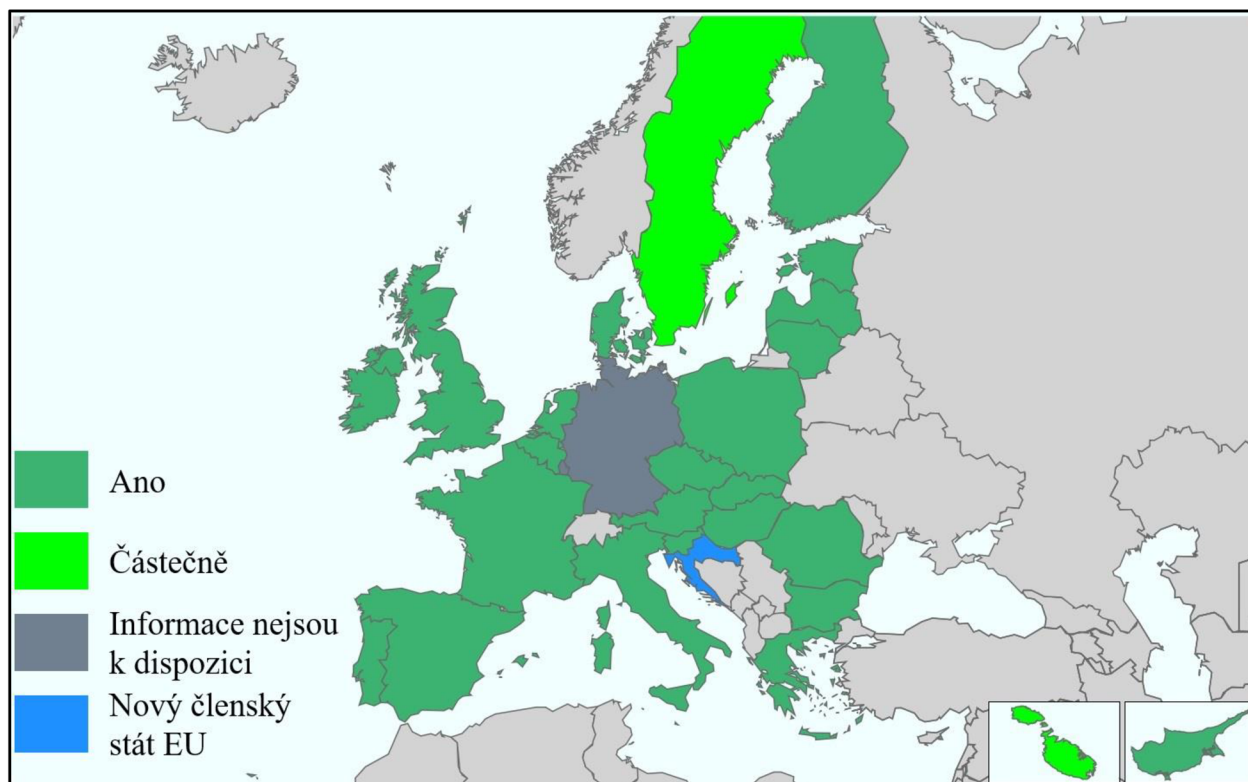
1.4 Přístup a využití funkce breaker/limiter mimo ČR

Kapitola se zaměřuje na využití funkce breaker/limiter v ostatních zemích EU a ve státech mimo EU s orientací na zavádění smart meterů. Níže uvedené informace vychází ze zdrojů [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18].

1.4.1 Využití funkce breaker/limiter v ostatních členských státech EU

Postoj členských států k zavedení funkce breaker/limiter je shrnut na Obr. 2. Tuto funkci implementuje většina členských států EU, jelikož přináší mnoho výhod například v případě stěhování odběratele do jiného domu nebo ve stavech nouze sítě.

V členských zemích EU proběhly nebo dále probíhají pilotní projekty zaměřené na zavádění smart meterů. V Tab. 2, 3, 4 je uvedeno shrnutí projektů v členských zemích EU, které poskytlí informace projektu Meter-ON [14, 15]. Z Tab. 2, 3, 4 je zřejmé, že funkce breaker/limiter je implementována ve většině projektů.



Obr. 2: Postoj členských států EU k funkci dálkové kontroly zapínáním či vypínáním dodávek a/nebo omezením toku [11]

Tab. 2: Shrnutí jednotlivých projektů v členských zemích EU

Země	Název projektu	Doba trvání projektu	Společnost	Stav	Možnost breakeru	Možnost limiteru	Možnost předplacené energie
Bulharsko	Smart metering in risk areas	2007-2013	EVN Bulgaria	Pilotní test a zavádění	Ano Max. vypínací proud 80 A	Ano	Ne
Dánsko	NRGi Smart meter project	2010-2013	NRGi	Zavedení	Ano Max. vypínací proud 100 A	Ano Dálkové nebo automatické řízení odběru	Ano
Itálie	Telegestore	-	ENEL	Zavedení	Ano	Ano Automatické odpojení při překročení nasmlouvané hodnoty	Ano
Finsko	Fortum AMM Finland	-	Fortum Sähkösiirto Oy	Zavedení	Ano, pro některé zákazníky	Nebylo definitivně rozhodnuto o používání této funkce v době psaní zprávy	-
Francie	Linky	-	EDF	Pilotní test a zavádění	Ano Max. vypínací proud 120 A (jednofázové smart metery), 80 A (třífázové smart metery)	Ano	Ne

Tab. 3: Shrnutí jednotlivých projektů v členských zemích EU

Země	Název projektu	Doba trvání projektu	Společnost	Stav	Možnost breakeru	Možnost limiteru	Možnost předplacené energie
Lotyšsko	Promoting energy efficiency in households using smart technology	2012-2018	LATVENERGO and SADALES TIKLS	Pilotní test	Ano Max. vypínací proud 40 A	Ano Odpojení při překročení limitní hodnoty odebíraného výkonu	Ne, ale možnost využití díky breakeru
Maďarsko	Smart Synergy Project	-	EDF DÉMÁSZ	Pilotní test	Ano	Ano Omezení hodnoty odebíraného výkonu	-
Polsko	AMI PROJECT ENERGA OPERATOR	2011-2017	ENERGA-OPERATOR SA	Pilotní test a zavádění	Ano Max. vypínací proud 80 A	Ano	Ano
Portugalsko	Inovgrid	-	EDP	Předvádění	Ano Max vypínací proud 80 A.	Ano Nastavení nasmlouvaného výkonového odběru	Ne
Rakousko	Smart Metering EVN	-	EVN AG	Pilotní test	Ano	Ano	-
Rumunsko	Enel AMM pilot test	2013-2022	ENEL D. Muntenia	Pilotní test	Ano	Ano Omezení max. hodnoty výkonu	Ano

Tab. 4: Shrnutí jednotlivých projektů v členských zemích EU

Země	Název projektu	Doba trvání projektu	Společnost	Stav	Možnost breakeru	Možnost limiteru	Možnost předplacené energie
Španělsko	Smart metering project	2008-2018	ENDESA	Zavedení	Ano Max vypínací proud 120 A	Ano Omezení hodnoty odebíraného výkonu	Ne
	Iberdrola Castellon Smart Grid Deployment	-	IBERDROLA	Zavedení	Ano Max vypínací proud 100 A	Ano Dálkové omezení odebíraného výkonu	Možnost využití díky breakeru
	Itac@	2011-2018	Gas Natural Fenosa	Zavedení	Ano Max. vypínací proud 100 A	Možnost nakonfigurovat omezení hodnoty odebíraného výkonu	Ne
Švédsko	AMRELVA	-	Vattenfall Eldistribution AB	Zavedení	Ano Max vypínací proud 100 A	Smart meter podporuje funkci, ale nepoužívá se	-
	Smart Grid Sundsvall elnät AB	-	Sundsvall elnät AB	Zavedení	Ano Max. vypínací proud 85 A (jednofázové smart metery), 90 A (třífázové smart metery)	Ano Překročení nastavené limitní hodnoty	-

Itálie

Se smart meteringem začal největší italský PDS Enel projektem Telegestore v roce 2001. Na konci roku 2013 bylo zavádění smart meterů téměř dokončené, proběhlo u 95 % zákazníků. Enel instaloval dohromady 34 miliónů smart meterů v sítích NN provozovaných Enelem v Itálii a dále 5 miliónů smart meterů bylo zapojeno v sítích jiných provozovatelů distribuční soustavy v Itálii.

Smart metery v sítích provozovaných Enelem využívají funkce breaker/limiter. Při překročení nasmlouvané hodnoty odebíraného výkonu nebo při vypršení doby trvání smlouvy s dodavatelem dochází k automatickému odpojení OM. V případě, že odběratel neplatí faktury za elektřinu, je mu dálkově pomocí limiteru snížena max. hodnota odebíraného výkonu na 15 % nasmlouvané hodnoty, což mu umožňuje stále využívat základní elektrické spotřebiče (např. ledničku) až do té doby, než zaplatí fakturu. Jako další možné využití funkce breaker/limiter uvádí Enel odlehčení sítě při přetížení.

Francie

Francie má cíl zavést 35 miliónů smart meterů do roku 2020. Pilotní projekt Linky, veden společností ERDF, byl zaměřený na 300 tisíc odběratelů ve dvou oblastech, přičemž se jedna nacházela na venkově a druhá ve městě. Cílem bylo ověřit funkce smart meterů Linky, které byly přímo vyvinuty pro ERDF podle jejich požadavků a zahrnují funkci breaker/limiter. Zákazníci mají možnost nahlédnout online do dat o spotřebě elektrické energie až dva roky nazpět a stanovit si limitní hodnotu odebíraného výkonu. V případě překročení tohoto limitu obdrží upozornění pomocí SMS.

Polsko

Polský distributor Energa Operator SA zahájil projekt smart meterů v roce 2011. V projektu se využívá funkce breaker/limiter. Breaker je možné aktivovat dálkově, lokálně nebo manuálním ovládáním. Dálkovou kontrolu lze směřovat na určený smart meter nebo na skupinu smart meterů skupinou příkazů.

Portugalsko

Smart metery používané společností Energias de Portugal (EDP) mají implementovanou funkci breaker/limiter. OM může být znovu připojeno lokálně pomocí tlačítka na smart meteru nebo rozpoznáním změny impedance na straně zákazníka smart meterem na základě manipulace s interiérovým spínačem. Toto řešení je výhodné, pokud se smart meter nenachází uvnitř budovy zákazníka, což je více popsáno v kapitole 3.2.

Španělsko

Španělsko se rozhodlo k zavedení smart grids v souladu s královským dekretem 1634/2006. Od roku 2011 do roku 2018 bude 100 % elektroměrů nahrazeno smart metery. Velké pilotní projekty jsou realizovány distributory Endesa, Iberdrola, Gas Natural Fenosa a Hidrocarburo (EDP group). V projektech se vyskytují dvě hlavní komunikační technologie, a to PRIME a Meters and More.

Endesa

Smart metery mají implementovanou funkci breaker/limiter. Znovu připojení probíhá pomocí tlačítka na smart meteru, dálkově pomocí interiérového spínače v domě zákazníka (kapitola 3.2) nebo dálkově z řídicího střediska.

Iberdrola

Iberdrola využívá funkce breaker/limiter. Mohou omezit hodnotu maximálního odebíraného výkonu na dálku. Pokud je limitní hodnota překročena, breaker se rozepíná. Opětovné připojení je možné uskutečnit pomocí tlačítka na smart meteru nebo pokud odběratel odpojí veškerou zátěž a znovu ji připojí pomocí interiérového spínače (viz kapitola 3.2).

Švédsko

Švédsko patří mezi členské státy EU, které dokončily zavádění smart meterů. Instalace smart meterů byla podmíněna rozhodnutím švédského parlamentu, který schválil měsíční odečet všech elektroměrů od 1. 7. 2009, což vedlo k zavedení technologie automatického odečtu elektroměrů. Na instalaci smart meterů ve Švédsku se podílejí distributoři Gothenburg Energy AB, Sundsvall Elnat AB a Vattenfall Eldistribution AB a další.

Gothenburg Energy AB

Společnost Gothenburg Energy AB instalovala v rámci smart meterů funkci breakeru a používají ji, když odběratel mění adresu, odběrateli skončí smlouva, nebo když odběratel nezaplatí úhradu za elektřinu.

1.4.2 Využití funkce breaker/limiter mimo EU

Tato kapitola obsahuje základní popis využití funkce breaker/limiter ve státech mimo EU – Spojených státech amerických a Austrálii. V těchto státech neplatí směrnice EU pro zavádění smart meteringu.

Bližší specifikace využití funkce breaker/limiter v těchto státech není možná z důvodu dostupnosti zdrojů.

Spojené státy americké

V roce 2014 bylo celkem hlášeno 50,1 miliónů nainstalovaných smart meterů v USA. Jedno z velkých zavádění probíhalo v letech 2007–2012, kdy bylo nainstalováno 5 miliónů smart meterů v Kalifornii. Distributor je schopen připojit nebo odpojit OM na dálku z centrály, a tím urychlit proces stěhování odběratele. V severním Texasu distributor Oncor instaloval 3 milióny smart meterů, přičemž smart meter podporuje vzdálené odpojení.

Austrálie

Zavádění smart meteringu ve spolkovém státě Viktoria začalo v roce 2009. Na konci května 2011 bylo instalováno přibližně 650 tis. smart meterů. Jedna z klíčových funkcí, kterou smart meter poskytuje je funkce breakeru.

1.5 Architektura systému smart meteringu

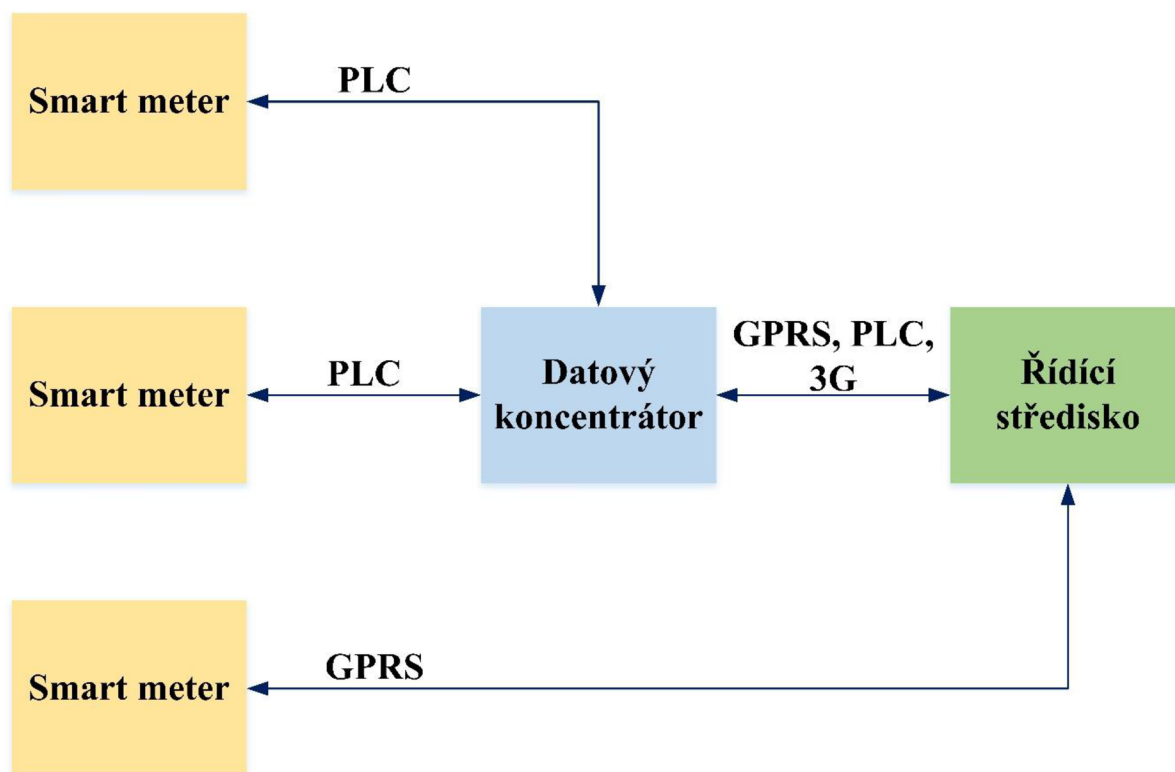
Obecně lze systém smart meteringu rozdělit na 4 části

1. smart meter,
2. datový koncentrátor,
3. komunikační systém pro tok dat,
4. řídicí středisko.

Mezi klíčové prvky systému patří komunikační systém. Pro správnou funkci smart grids je nutná obousměrná komunikace mezi smart meterem a centrálou distributora. Je nutné stanovit komunikační požadavky systému, zajistit správnou komunikační cestu mezi smart meterem a centrálou distributora a architekturu systému tak, aby byly data bezpečně a spolehlivě přeneseny a následovně zpracovány.

Blokové schéma komunikace smart meteringu je vidět na Obr. 3. Datový koncentrátor je připojen mezi řídicí středisko a smart metery. Slouží ke vzdálené správě smart meterů, sběru dat z podřízených měřidel, k jejich přenosu do centrálního systému a zároveň pro řízení komunikace na sběrnici. Na datový koncentrátor může být připojeno několik smart meterů, zajišťuje potřebné výpočty a komunikační výstupy. Dále přijímá zprávy z nadřazeného pracoviště a předává je smart meterům, např. příkaz k aktivování breakeru, vyžádání aktuálních hodnot nebo změna tarifu.

Data se tedy přenáší obousměrně, a to po silovém vedení (komunikace PLC), po síti LAN, Wi-Fi, nebo přes GPRS. Nejvíce rozšířenou technologií pro komunikaci mezi smart meterem a datovým koncentrátozem je PLC, mezi datovou centrálou a datovým koncentrátozem se nejvíce využívá GPRS.



Obr. 3: Blokové schéma komunikace smart meteringu

Konkrétní řešení architektury systému smart meteringu přináší např. technologie PRIME a Meters and More. Jedná se o interoperabilní standardy pro smart grids. Příkladem zvoleného řešení Meters and More je projekt Telegestore Enelu nebo projekt Endesy.

V Tab. 5 jsou shrnuty komunikační technologie a protokoly, které jsou používány jednotlivými PDS. Je uvedena komunikační cesta smart meter – datový koncentrátor a datový koncentrátor – centrála distributora.

Tab. 5: Shrnutí komunikačních technologií a protokolů používaných jednotlivými PDS [15]

PDS	Smart meter – Datový koncentrátor	Datový koncentrátor – Centrála distributora
EDF	Technologie: G3-PLC Protokol: DLMS-COSEM	Technologie: GPRS Protokol: TCP-IP
ENDESA	Technologie: PLC-BPSK Protokol: METERS and MORE	Technologie: GPRS Protokol: TCP-IP
ENEL	Technologie: PLC Protokol: Telegestore Protokol	Technologie: GPRS Protokol: TCP-IP
FORTUM	Technologie: PLC Protokol: Echelon	Technologie: 3G Protokol: GPRS
IBERDOLA	Technologie: PLC Protokol: PRIME	Technologie: PLC, GPRS, ADSL Protokol: IEC 60870-5
EVN Bulgaria	Technologie: PLC-S-FSK Protokol: IPv4	Technologie: GPRS Protokol: TCP-IP
NRGi	Technologie: PLC Protokol: OSGP	Technologie: GPRS Protokol: TCP-IP
LATVENERGO AND SALES TIKLS	Technologie: PLC Protokol: DLMS-COSEM	Technologie: GPRS/3G Protokol: TCP-IP
ENERGA OPERATOR SA	Technologie: PLC Protokol: DLMS	Technologie: 3GPP Protokol: TCP-IP
SUNDSVALL ELNAT AB	Technologie: PLC RF	Technologie: GPRS Protokol: TCP-IP
VATTENFALL ELDISTRIBUTION AB	Technologie: PLC Protokol: OSGP	Technologie: GPRS Protokol: IP

2 ANALÝZA TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ BREAKER/LIMITER

Tato kapitola popisuje zapojení breakeru, zabývá se možnostmi nastavení limiteru a způsoby připojení/odpojení OM. Pro analýzu technického řešení breaker/limiter byly vybrány smart metery od firmy ZPA, Landis+Gyr a Circutor. Kapitola vychází z informací uvedených ve zdrojích [19, 20, 21].

2.1 Zapojení breakeru

Zapojení breakeru záleží od použitého elektroměru:

- Elektroměry pro přímé měření

U tohoto typu zapojení elektroměru je proud a napětí měřeno přímo v elektroměru. Používá se u odběratelů s třífázovým připojením s napětím 3x230/400 V, instalovaným hlavním jističem do 80 A (včetně), což odpovídá 50 kW.

Způsob zapojení breakeru

Breaker je umístěný přímo uvnitř smart meteru a odpojuje nebo připojuje výstupní proudové svorky na základě nastavitelných požadavků.

- Elektroměry pro polopřímé měření

U tohoto typu zapojení elektroměru je napětí (3x230/400 V) přímo měřeno v elektroměru. Proud je měřený nepřímo pomocí přístrojových transformátorů proudu s definovaným převodem.

Způsob zapojení breakeru

Interní relé (např. 8 A) je umístěné přímo uvnitř smart meteru a řídí externí breaker na základě nastavitelných požadavků.

V následující Tab. 6 jsou uvedeny technické údaje breakeru pro typ smart meteru AM160 (jednofázový, přímý), AM360 (třífázový, přímý) a AM360.I (třífázový, polopřímý) od firmy ZPA.

Tab. 6: Technické údaje breakeru [20]

Typ smart meteru	Maximální spínací výkon (VA)	Maximální spínací napětí (V)	Maximální spínací proud (A)
AM160	20 000	250	80
AM360	25 000	380	100
AM360.I	2 000	277	8

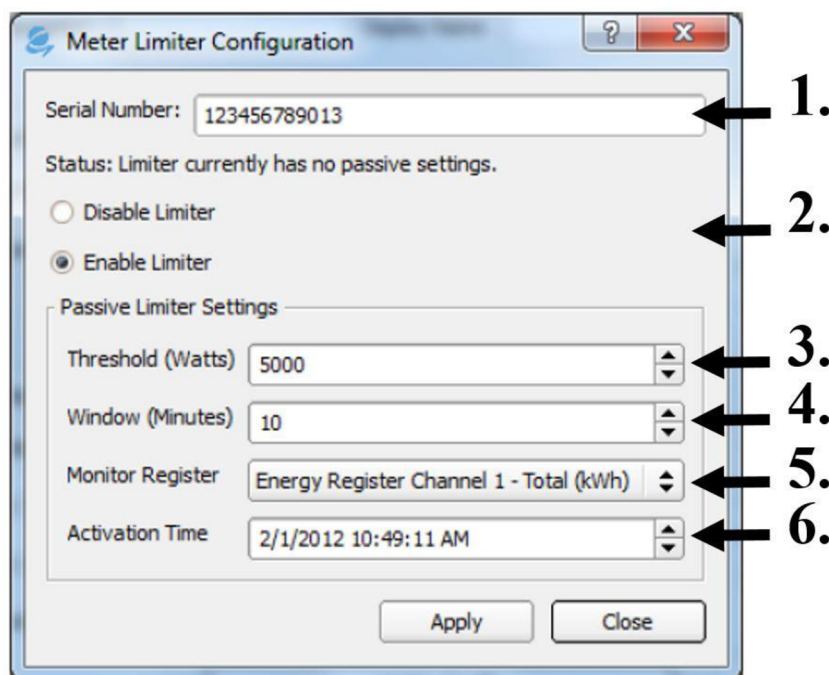
2.2 Možnosti nastavení limiteru

Funkce limiteru obecně umožňuje na základě sledování určitých veličin (např. fázové hodnoty napětí, proudu a výkonu) ovládat další funkce v smart meteru – přepnutí tarifu nebo aktivace breakeru. Do limiteru se nastavuje limitní hodnota, hodnota hystereze, doba překročení a podkročení. Pokud dojde k překročení nebo podkročení zvolené veličiny po určitou nastavenou dobu, limiter vytvoří událost, zaznamenaná ji a případně odešle informaci do centrály.

Limiter může sledovat efektivní hodnotu proudu nebo výkonu, a tím omezit odběr u zákazníka. Příkladem může být nastavení limitní hodnoty proudu 40 A po dobu 300 s. Pokud hodnota proudu bude větší než 40 A + hystereze po dobu 300 s, limiter dá pokyn pro aktivování breakeru, a tím dojde k odpojení odběratele od sítě.

K omezení odběru může také sloužit nastavení smluvně určené maximální hodnoty odebíraného výkonu v určitém časovém úseku. Průměrná hodnota odebíraného výkonu za periodu např. 15, 30 nebo 60 minut nesmí překročit v každé periodě smluvně nastavenou maximální hodnotu výkonu, jinak dochází k aktivaci breakeru. Na Obr. 4 je vidět příklad konfigurace funkce limiter od firmy Landis+Gyr. Distributor nastavuje v smart meteru následující parametry

1. sériové číslo smart meteru,
2. aktivování funkce limiter,
3. maximální hodnota výkonu,
4. perioda průměrování,
5. monitorovaný registr hodnot
6. aktivační čas – okamžik, od kterého je funkce aktivní.



Obr. 4: Příklad nastavení limiteru [21]

Na PDS poté závisí, jak nastavit funkci limiteru, jaké zvolit veličiny k monitorování a omezování odběru, a kdy zákazníka odpojit od sítě.

Limitní hodnotu je možné nastavit lokálně při nastavování limiteru nebo vzdáleným zásahem z řídicího centra. Dálkové nastavení limitní hodnoty se využívá v případě zákazníků neplacících za odběr elektrické energie. U těchto zákazníků je snížena maximální hodnota výkonu např. na 15 % z nasmlouvané hodnoty, mohou tedy využívat základní spotřebiče (např. lednička), ale při zapnutí dalších spotřebičů nastane odpojení OM.

Limiter slouží i pro sledování kvality napětí v síti. V tomto případě monitorovanou veličinou je efektivní fázová hodnota napětí, což vede k detekování přepětí nebo podpětí v síti. Jako příklad lze uvést detekci přepětí $+10\% U_n$, tedy nastavení limitní hodnoty 253 V, s dobou překročení např. 300 s. Pokud dojde k překročení 253 V + hodnoty hystereze na jedné z fází, limiter generuje a zaznamená událost, kdy došlo k překročení.

2.3 Způsoby připojení/odpojení odběrného místa

Cílem této kapitoly je popsat jednotlivé způsoby, pomocí nichž lze odpojit OM od sítě a následovně opět OM připojit k síti využitím funkce breaker/limiter.

2.3.1 Stav breakeru

Nejprve je nutné definovat stavy, ve kterých se breaker může nacházet. Jednotlivé stavy breakeru jsou uvedeny a popsány v Tab. 7.

Tab. 7: Jednotlivé stavy breakeru [20]

Stav	Popis stavu
Spojeno	Výstupní stav je nastaven na TRUE a zákazník je připojen. Breaker je sepnutý.
Zapnutí povoleno	Výstupní stav je nastaven na FALSE a zákazník je odpojen. Breaker je rozepnutý, tlačítka jsou aktivní.
Rozpojeno	Výstupní stav je nastaven na FALSE a zákazník je odpojen. Breaker je rozepnutý, tlačítka nejsou aktivní.

Stavy breakeru jsou spojeny s generováním událostí od limiteru, s reakcí na neoprávněnou manipulaci se smart meterem (např. při sejmutí krytu svorkovnice, přiblížení magnetického pole).

Stav breakeru je také indikován na displeji smart meteru. Např. smart meter AMx60, společnosti ZPA indikuje stav odpínače symbolem zobrazeným na Obr. 5. V případě, že symbol na displeji svítí, znamená to, že breaker je rozpojený a tlačítka nejsou aktivní. Pokud symbol nesvítí, breaker je ve stavu spojeno. V případě, že ikona bliká, breaker je připraven k sepnutí a tlačítka jsou aktivní. [20]



Obr. 5: Symbol breakeru na displeji smart meteru

2.3.2 Ovládání breakeru

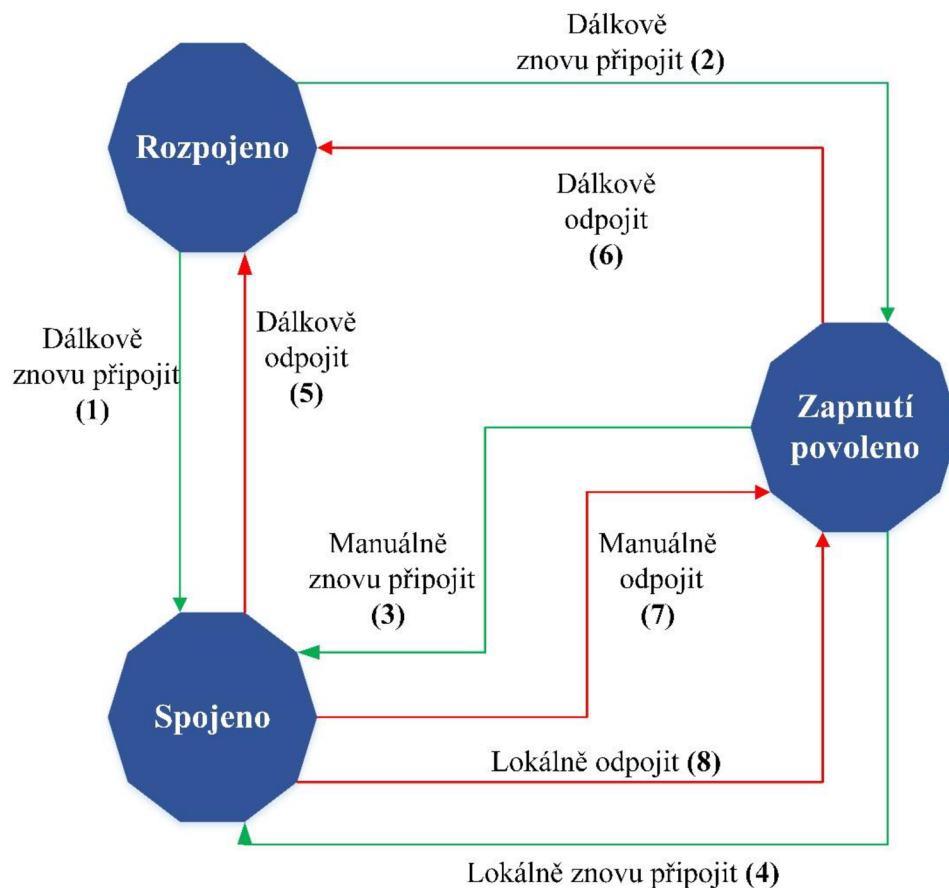
Breaker je možné ovládat následujícími způsoby:

1. Dálkově z centrály nebo z datového koncentrátoru
2. Lokálně přes optické rozhraní
3. Lokálně vnitřními stavy smart meteru (pomocí limiteru)
4. Manuálně pomocí tlačítek smart meteru

Základní tři stavy breakeru, ve kterých se může nacházet, jsou uvedeny v Tab. 7. Přechody mezi těmito stavy lze provádět na základě příkazů, které jsou popsány v Tab. 8 a zobrazeny na stavovém diagramu na Obr. 6.

Tab. 8: Přejechody mezi stavy breakeru [20]

Příkaz	Změna stavu breakeru
(1) Dálkově znovu připojit	Ze stavu rozpojeno přímo do stavu spojeno bez manuálního zásahu.
(2) Dálkově znovu připojit	Ze stavu rozpojeno do stavu zapnutí povoleno.
(3) Manuálně znovu připojit	Ze stavu zapnutí povoleno do stavu spojeno.
(4) Lokálně znovu připojit	Ze stavu zapnutí povoleno do stavu spojeno.
(5) Dálkově odpojit	Ze stavu spojeno přímo do stavu rozpojeno.
(6) Dálkově odpojit	Ze stavu zapnutí povoleno do stavu rozpojeno.
(7) Manuálně odpojit	Ze stavu spojeno do stavu zapnutí povoleno.
(8) Lokálně odpojit	Ze stavu spojeno do stavu zapnutí povoleno.



Obr. 6: Přejechody mezi stavy breakeru [20]

Popis jednotlivých příkazů dle Obr. 6

(1) *Dálkově znovu připojit*

Dispečink PDS dálkově připojí OM do sítě bez manuálního zásahu.

(2) *Dálkově znovu připojit*

Dispečink PDS dálkově aktivuje možnost připojení OM manuálně tlačítkem na smart meteru nebo technikem lokálně přes optické rozhraní.

(3) *Manuálně znovu připojit*

OM se připojí do sítě stisknutím tlačítka na smart meteru.

(4) *Lokálně znovu připojit*

OM se připojí do sítě technikem lokálně přes optické rozhraní.

(5) *Dálkově odpojit*

Dispečink PDS dálkově odpojí OM do sítě bez manuálního zásahu.

(6) *Dálkově odpojit*

Dispečink deaktivuje možnost připojení OM manuálně stisknutím tlačítka nebo technikem lokálně přes optické rozhraní.

(7) *Manuálně odpojit*

OM je odpojeno od sítě tlačítkem na smart meteru.

(8) *Lokálně odpojit*

OM je odpojeno od sítě lokálně vnitřními stavy smart meteru (pomocí limiteru) nebo technikem lokálně přes optické rozhraní.

Příklad modelové situace

V tomto příkladu se uvažují následující předpoklady:

- OM je osazené smart meterem, který je vybaven funkcí breaker/limiter,
- limiter sleduje pro řízení odběru maximální hodnotu odebíraného výkonu v určitém časovém úseku,
- maximální hodnota odebíraného výkonu byla u OM snížena na 15 % dispečinkem PDS na jeden měsíc na základě nezaplacené faktury za elektřinu.

V případě překročení nastavené hodnoty výkonu u OM se aktivuje limiter a OM je lokálně odpojeno (8) – přechází ze *stavu spojeno* do stavu *zapnutí povoleno*. Odběratel znovu připojí OM pomocí stisknutí tlačítka na smart meteru (3). Dispečink PDS při trvajícím nezaplacení faktury za elektřinu po měsíci odpojí OM příkazem dálkově odpojit (6). OM je odpojeno od sítě. Pro opětovné připojení OM zákazník zaplatí neuhrazenou částku, zavolá na dispečink PDS, který OM dálkově znovu připojí (2) do stavu *zapnutí povoleno*. Zákazník poté stisknutím tlačítka na smart meteru manuálně znovu připojí (3) OM.

3 UMÍSTĚNÍ PŘIPOJOVACÍHO TLAČÍTKA NEBO ZPŮSOB AKTIVACE BREAKERU ZÁKAZNÍKEM

Pro opětovné připojení OM zákazníkem je možné využít dvou způsobů v závislosti na použité technologii. První možností je použití tlačítka, které je umístěné na smart meteru. Druhá možnost je zejména využívána v případě, když není smart meter v bezprostřední blízkosti budovy zákazníka. Jedná se o patent Opening reclosing system vlastněný společností Circutor.

Dále se tato kapitola zabývá umístěním elektroměru za krycím plechem v ČR. Pro zpracování této části bylo čerpáno ze zdrojů [20, 22].

3.1 Aktivace breakeru pomocí tlačítka umístěného na smart meteru

Zákazník má možnost ovládat breaker pomocí tlačítka na smart meteru. Sepnutí breakeru pomocí tlačítka, avšak může být zakázáno a je možné připojit odběratele až v případě, když breaker dostane povel na dálku z řídicího střediska, podle postupu zobrazeného na Obr. 6. Z pohledu stavu breakeru je nutné při této možnosti přejít ze stavu *rozpojeno* do stavu *zapnutí povoleno*. Takovým opatřením se předchází situaci, kdy by došlo k nežádoucímu ovlivnění OM zákazníkem. Z bezpečnostních důvodů není vhodné přímo dálkově připojovat zákazníka, ale aktivování dodávky elektrické energie zákazníkem stlačením tlačítka po povolení k zapnutí.

3.1.1 Umístění tlačítka na smart meteru podle výrobců

U smart meterů AMx60 společnosti ZPA probíhá znovu připojení OM zákazníkem dlouhým stisknutím zároveň obou servisních tlačítek umístěných čelně, jak je vidět na Obr. 7 A, po dobu cca 3 sekund.

Smart meter E350 od společnosti Landis+Gyr má tlačítko breakeru umístěné na krytu svorkovnice, jak je ukázané na Obr. 7 B.



A – AMx60



B – E350

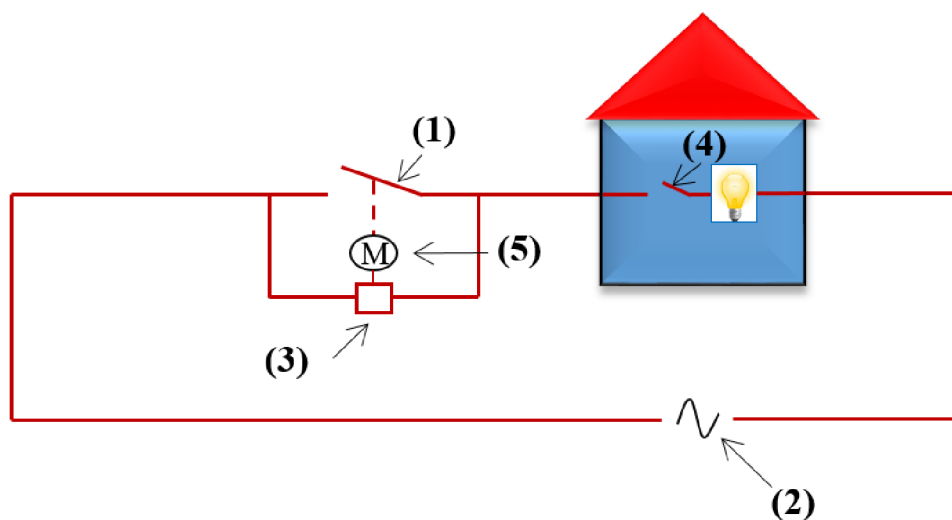
Obr. 7: A - Umístění tlačítek k aktivování breakeru u ZPA smart meteru AMx60 [23],
B – Umístění tlačítka odpínače na smart meteru E350 Landis+Gyr [24]

3.2 Aktivace breakera pomocí Opening reclosing system

Znovu připojení je možné jak pomocí tlačítek umístěných na smart meteru, tak působením interiérového spínače, jak je ukázáno na Obr. 8.

Tento systém funguje na principu, který je popsán ve španělském patentu ES2063699 [22] z roku 1995. Vlastníkem tohoto patentu je společnost Circutor. Pokud se patent aplikuje do oblasti smart meteringu, je možné popsat systém Opening reclosing následovně.

Systém, který je vidět na Obr. 8, je založený na skutečnosti, že smart meter je nainstalovaný mimo obydlí odběratelů a je nepřístupný pro odběratele nebo skupinu odběratelů, kteří bydlí v obytném domě. V obydlí odběratele je nainstalovaný interiérový spínač (4). Mimo prostor obydlí je nainstalovaný smart meter – jeho součástí je breaker (1), relé (3), akční člen pro spínání breakera (5). V případě, že dojde k automatickému rozepnutí breakera (1) z důvodu překročení nasmlouvaného odběru, opětovné připojení OM je provedeno zákazníkem. Breaker (1) je vypnut a proud velmi nízké hodnoty protéká obvodem (2). Odběratel vypne interiérový spínač (4) a proud poklesne na nulu. Relé (3) zaznamená pokles proudu a aktivuje akční člen (5), který dá pokyn k zapnutí breakera. Odběratel poté může opětovně připojit OM k síti zapnutím interiérového spínače (4).



Obr. 8: Princip funkce Opening reclosing systém [22]

3.3 Problematika umístění elektroměrů v ČR

Obečně může být tlačítko pro manuální ovládání breakru pro odběratele dostupné na smart meteru nebo nedostupné v případě starších rozváděčů, kdy je elektroměr umístěn pod krycím plechem. Pokud je smart meter umístěn pod krycím plechem, není možné ovládání breakru stisknutím tlačítka odběratelem, ale je nutná návštěva technika na OM, který demontuje kryt a manuálně aktivuje breaker. Toto řešení vylučuje výhodu možnosti dálkového připojení a potvrzení připojení odběratelem pomocí tlačítka, při kterém není nutná návštěva technika. Možné řešení je rekonstrukce rozváděče a přemístění elektroměru nad plech, použití externího tlačítka pro ovládání breakru nebo použití systému popsaného v kapitole 3.2.

S ohledem na rekonstrukci rozváděče a přemístění elektroměru na plech je však nutné zmínit, že elektroměrový rozváděč je majetkem zákazníka. Z toho důvodu je velmi složité rekonstrukci provádět a rekonstrukce by musela být podmíněna změnou právních předpisů. Úpravu rozváděče musí provést na svoje náklady zákazník. PDS nemůže na svoje náklady rekonstruovat cizí majetek, protože by tyto náklady byly nad rámec zákonných povinností. Bylo by nutné upravit z tohoto důvodu stávající legislativu, tzv. právně ošetřit povinnost PDS úpravu rozváděče při implementaci smart meterů.

4 SOUČASNÉ OMEZENÍ A PŘERUŠENÍ DODÁVKY ELEKTRINY V ČR

V současné době je možné v ČR přerušit dodávku elektrické energie hlavně v případech, které vyplývají z EZ [20] a omezit spotřebu elektrické energie podle regulačního stupně č. 1, který představuje snížení hodnoty výkonu odebíraného z ES vypínáním a blokováním zapnutí vybraných spotřebičů ovládaných pomocí HDO.

Podle EZ 458/2000 Sb. [25] má PDS právo omezit nebo přerušit dodávku elektřiny odběratelům v následujících případech

1. „při bezprostředním ohrožení života, zdraví nebo majetku osob a při likvidaci těchto stavů,
2. při stavech nouze nebo při předcházení stavu nouze (viz kapitola 4.1),
3. při neoprávněné distribuci podle § 53,
4. při neoprávněném odběru elektřiny podle § 51 (viz kapitola 4.2),
5. při provádění plánovaných prací na zařízení distribuční soustavy nebo v jeho ochranném pásmu, zejména oprav, rekonstrukcí, údržby a revizí,
6. při vzniku a odstraňování poruch na zařízeních distribuční soustavy nebo přenosové soustavy,
7. při odběru elektřiny zařízeními, která ohrožují život, zdraví nebo majetek osob,
8. při odběru elektřiny zařízeními, která ovlivňují kvalitu elektřiny v neprospěch ostatních účastníků trhu s elektřinou, a zákazník nevybavil tato odběrná zařízení dostupnými technickými prostředky k omezení těchto vlivů (viz kapitola 4.4),
9. při odběru elektřiny, kdy zákazník opakovaně bez vážného důvodu neumožnil přístup k měřicímu zařízení nebo neměřeným částem odběrného elektrického zařízení, přestože byl k umožnění přístupu za účelem provedení kontroly, odečtu, údržby, výměny či odebrání měřicího zařízení alespoň 15 dnů předem písemně nebo jiným prokazatelným způsobem vyzván.“

Dále má právo podle EZ [25] PDS změnit nebo přerušit dodávku elektřiny z výroben při

1. „bezprostředním ohrožení života, zdraví nebo majetku osob a při likvidaci těchto stavů,
2. stavech nouze nebo při předcházení stavu nouze,
3. neoprávněné distribuci elektřiny podle § 53,
4. jestliže mu výrobce neumožní přístup k měřicímu zařízení,
5. neoprávněné dodávce do distribuční soustavy podle § 52 (viz kapitola 4.3),
6. provádění plánovaných prací na zařízení distribuční soustavy nebo v jeho ochranném pásmu, zejména oprav, rekonstrukcí, údržby a revizí,
7. vzniku a odstraňování poruch na zařízeních distribuční soustavy nebo přenosové soustavy,
8. dodávce elektřiny zařízeními, která ohrožují život, zdraví nebo majetek osob,
9. dodávce elektřiny zařízeními, která ovlivňují kvalitu elektřiny v neprospěch ostatních účastníků trhu s elektřinou a výrobce nevybavil tato zařízení dostupnými technickými prostředky k omezení těchto vlivů,
10. provádění dispečerského řízení podle § 26 odst. 5, nebo

11. *neumožnil-li výrobce elektřiny opakovaně bez vážného důvodu přístup k měřicímu zařízení, přestože byl k umožnění přístupu za účelem provedení kontroly, odečtu, údržby, výměny či odebrání měřicího zařízení alespoň 15 dnů předem písemně nebo jiným prokazatelným způsobem vyzván.*“

4.1 Stav nouze a předcházení stavu nouze

V ČR stav nouze definuje § 54 EZ [25] a rozumí se jím stav, který vznikl v ES v důsledku

1. *„živelních událostí,*
2. *opatření státních orgánů za nouzového stavu, stavu ohrožení státu nebo válečného stavu,*
3. *havárii nebo kumulace poruch na zařízeních pro výrobu, přenos a distribuci elektřiny,*
4. *smogové situace podle zvláštních předpisů,*
5. *teroristického činu,*
6. *nevyrovnané bilance ES nebo její části,*
7. *přenosu poruchy za zahraniční ES,*
8. *je-li ohrožena fyzická bezpečnost nebo ochrana osob a způsobuje významný a náhlý nedostatek elektřiny nebo ohrožení celistvosti ES, její bezpečnosti a spolehlivosti provozu na celém území státu, vymezeném území nebo jeho části.*“

V celé ČR vyhláší předcházení stavu nouze nebo stav nouze PPS a řídí odstranění tohoto stavu. PDS spolupracuje s PPS a dodržuje pokyny zadané od PPS. Na vymezené části území ČR vyhláší a vede likvidaci předcházení stavu nouze nebo stav nouze PDS pomocí svého technického dispečinku. PDS má právo při předcházení stavu nouze nebo při stavu nouze využívat odběrné zařízení svých zákazníků a zákazníci musí v tomto stavu respektovat omezení spotřeby nebo změnu dodávky elektřiny.

Podle PPDS [26] omezování spotřeby v mimořádných situacích probíhá

- a) *„snížením odběru,*
 - 1) *omezením regulovatelné spotřeby pomocí HDO, realizovaným PDS,*
 - 2) *snížením napětí, realizovaným PDS,*
 - 3) *snížením výkonu odebíraného odběrateli v souladu s vyhlášenými stupni regulačního plánu,*
- b) *přerušením dodávky elektřiny podle vypínacího plánu, nezávislé na frekvenci sítě, realizované PDS,*
- c) *automaticky frekvenčním vypínáním podle frekvenčního plánu v závislosti na poklesu frekvence sítě,*
- d) *změnou dodávky elektřiny do DS.*“

PDS každý rok do 30. září předává PPS aktualizované hodnoty výkonu pro stupně frekvenčního a vypínacího plánu a pro jednotlivé regulační stupně. [27]

4.2 Neoprávněný odběr elektřiny

Neoprávněný odběr elektřiny definuje § 51 EZ [25] následovně

- a) „odběr bez právního důvodu nebo pokud právní důvod odpadl,
- b) odběr při opakovaném neplnění smluvných platebních povinností nebo platebních povinností, vyplývajících z náhrady škody způsobené neoprávněným odběrem elektřiny, které nejsou splněny ani po upozornění,
- c) odběr bez měřicího zařízení, pokud odběr bez měřicího zařízení nebyl smluvně sjednán,
- d) připojení nebo odběr z té části zařízení, kterou prochází neměřená elektřina,
- e) odběr měřený měřicím zařízením,
 1. které prokazatelně nezaznamenalo odběr nebo zaznamenalo odběr nesprávně ke škodě výrobce elektřiny, obchodníka s elektřinou, provozovatele distribuční soustavy nebo provozovatele přenosové soustavy v důsledku neoprávněného zásahu do tohoto měřicího zařízení nebo do jeho součásti či příslušenství, nebo byly v měřicím zařízení provedeny takové zásahy, které údaje o skutečné spotřebě změnily,
 2. které nebylo připojeno provozovatelem přenosové soustavy nebo provozovatelem distribuční soustavy,
 3. které prokazatelně vykazuje chyby spotřeby ve prospěch zákazníka a na kterém bylo buď porušeno zajištění proti neoprávněné manipulaci nebo byl prokázán zásah do měřicího zařízení,
- f) odběr v přímé souvislosti s neoprávněným zásahem na přímém vedení či na zařízení distribuční soustavy nebo na zařízení přenosové soustavy,
- g) odběr elektřiny bez smlouvy o zúčtování odchylek nebo smlouvy, jejímž předmětem je přenesení odpovědnosti za odchylku na subjekt zúčtování trvající déle než 10 pracovních dní.“

Pokud dochází k neoprávněnému odběru má povinnost nahradit vzniklou škodu osoba, která neoprávněně odebírala nebo odebírá elektřinu. Do škody patří i nutné náklady, které byly použity na zjišťování neoprávněného odběru elektřiny.

4.3 Neoprávněná dodávka elektřiny do ES

Neoprávněnou dodávkou elektřiny do ES se myslí podle § 52 EZ [25]

- a) „dodávka bez právního důvodu nebo pokud právní důvod odpadl,
- b) dodávka bez měřicího zařízení, pokud dodávka bez měřicího zařízení nebyla smluvně sjednána,
- c) dodávka do té části zařízení, kterou prochází neměřená elektřina,
- d) dodávka měřená měřicím zařízením,
 1. které prokazatelně nezaznamenalo dodávku nebo zaznamenalo dodávku nesprávně v důsledku neoprávněného zásahu do tohoto měřicího zařízení nebo do jeho součásti či příslušenství nebo byly v měřicím zařízení provedeny takové zásahy, které údaje o skutečné dodávce změnily,
 2. které nebylo připojeno provozovatelem PS nebo příslušným PDS nebo nesplňuje podmínky obsažené v Pravidlech provozování přenosové soustavy nebo Pravidlech provozování příslušné distribuční soustavy,
 3. na kterém bylo porušeno zajištění proti neoprávněné manipulaci,
- e) dodávka v přímé souvislosti s neoprávněným zásahem na přímém vedení či na zařízení distribuční soustavy nebo zařízení přenosové soustavy.“

4.4 Charakteristiky dodávky elektrické energie NN

Jedním ze standardů kvality dodávek elektřiny je kvalita napětí. Kvalita napětí je definována charakteristikami napětí v daném bodě ES, které vycházejí z normy ČSN EN 50160. Níže uvedené informace vychází ze zdrojů [28, 29].

Charakteristiky dodávky elektrické energie nízkým napětím jsou podle ČSN EN 50160 [28]

- a) kmitočet sítě,
- b) odchylky napájecího napětí,
- c) nesymetrie napájecího napětí,
- d) rychlé změny napětí,
 - a. velikost rychlých změn napětí,
 - b. míra vjemu flikru,
- e) harmonická napětí,
- f) mezipharmonická napětí,
- g) úrovně napětí signálů v napájecím napětí,
- h) přerušení napájecího napětí,
- i) poklesy/dočasné zvýšení napětí napájecího napětí.

Níže jsou popsány vybrané charakteristiky dodávky elektrické energie.

4.4.1 Odchylky napájecího napětí

Normalizované jmenovité napětí U_n pro veřejnou síť NN je $U_n = 230 \text{ V}$.

Za normálních podmínek bez přerušení napájení jsou podle ČSN EN 50160 [28] dovolené odchylky od jmenovité hodnoty napětí U_n následující

- 95 % průměrných efektivních hodnot napájecího napětí musí být během každého týdne v měřicích intervalech 10 minut v rozsahu $U_n \pm 10 \%$ ($\geq 207 \text{ V}$; $\leq 253 \text{ V}$),
- všechny průměrné efektivní hodnoty napájecího napětí v měřicích intervalech 10 minut musí být v rozsahu $U_n +10 \%$ / -15% ($\geq 195,5 \text{ V}$; $\leq 253 \text{ V}$).

4.4.2 Rychlé změny napětí

Amplituda rychlých změn napětí

Rychlé změny napětí podle ČSN EN 50160 [28] nepřesahují 5 % U_n za normálních provozních podmínek a za určitých okolností mohou být až do 10 % U_n několikrát za den.

Míra vjemu flikru

Flikr působí na vizuální vnímání člověka změnou jasu svítidel, která je vyvolaná rychlým kolísáním napětí. Kolísání zátěží, operace přepínače odboček transformátoru a ostatní úpravy napájecího systému způsobují v síti NN kolísání napětí.

Intenzita nepříjemnosti flikru je definována

- krátkodobou mírou vjemu flikru P_{st} (doba vyhodnocení je 10 minut),
- dlouhodobou mírou vjemu flikru P_{lt} .

Pro dlouhodobou míru vjemu flikru je stanoveno, že musí být po 95 % času za normálních provozních podmínek $P_{lt} \leq 1$.

Dlouhodobá míra vjemu flikru P_{lt} odvozena z hodnot P_{st} po dobu 12 po sobě následujících desetiminutových period

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^{12} P_{st}^3}{12}} \quad (1)$$

4.4.3 Nesymetrie napájecího napětí

Nesymetrie je stav ve vícefázovém systému, při kterém efektivní hodnoty sdružených napětí nebo rozdíly fázových úhlů mezi po sobě jdoucími fázovými napětími nejsou stejné.

Obvykle je míra nesouměrnosti vyjádřena jako poměr zpětné složky k sousledné složce. Pro činitele nesymetrie napětí ρ_U platí vztah

$$\rho_U = \frac{|\bar{U}^{(2)}|}{|\bar{U}^{(1)}|} \cdot 100 = \frac{|\bar{U}_A + \bar{a}^2 \cdot \bar{U}_B + \bar{a} \cdot \bar{U}_C|}{|\bar{U}_A + \bar{a} \cdot \bar{U}_B + \bar{a}^2 \cdot \bar{U}_C|} \cdot 100, \quad (2)$$

kde $\bar{U}_A, \bar{U}_B, \bar{U}_C$ jsou fázová napětí.

Podle ČSN EN 50160 [28] musí být za normálních provozních podmínek 95 % středních efektivních hodnot zpětné složky napájecího napětí v měřicích intervalech 10 minut v rozsahu 0 až 2 % sousledné složky.

Činitel nesymetrie proudu ρ_I je vyjádřen pomocí vztahu

$$\rho_I = \frac{|\bar{I}^{(2)}|}{|\bar{I}^{(1)}|} \cdot 100 = \frac{|\bar{I}_A + \bar{a}^2 \cdot \bar{I}_B + \bar{a} \cdot \bar{I}_C|}{|\bar{I}_A + \bar{a} \cdot \bar{I}_B + \bar{a}^2 \cdot \bar{I}_C|} \cdot 100, \quad (3)$$

kde $\bar{I}_A, \bar{I}_B, \bar{I}_C$ jsou fázové proudy.

Nesymetrii napětí na hladině NN způsobují hlavně jednofázová zatížení.

4.4.4 Poklesy a dočasné zvýšení napájecího napětí

Poklesy napětí vyvolávají poruchy v instalacích odběratelů nebo ve veřejné DS, obvykle je pokles spojován s výskytem a ukončením zkratového proudu. Poklesy napětí jsou charakterizovány minimální efektivní hodnotou napětí pro pokles napětí a dobou trvání.

Dočasná zvýšení napětí jsou způsobována např. provozním spínáním nebo odpojením zátěže. Dočasné zvýšení napětí určuje maximální efektivní hodnota napětí pro dočasné zvýšení napětí a doba trvání.

Obecně je prahová hodnota poklesu napětí rovna 90 % U_n a prahová hodnota přechodného přepětí je rovna 110 % U_n .

Poklesy napětí se rozdělují podle Tab. 9 a dočasná zvýšení napětí podle Tab. 10.

Tab. 9: Poklesy napětí [28]

Pokles napětí u [%]	Doba trvání t [ms]				
	$10 \leq t \leq 200$	$200 < t \leq 500$	$500 < t \leq 1000$	$1000 < t \leq 5000$	$5000 < t \leq 60000$
$90 > u \geq 80$	CELL A1	CELL A2	CELL A3	CELL A4	CELL A5
$80 > u \geq 70$	CELL B1	CELL B2	CELL B3	CELL B4	CELL B5
$70 > u \geq 40$	CELL C1	CELL C2	CELL C3	CELL C4	CELL C5
$40 > u \geq 5$	CELL D1	CELL D2	CELL D3	CELL D4	CELL D5
$5 > u$	CELL X1	CELL X2	CELL X3	CELL X4	CELL X5

Tab. 10: Dočasné zvýšení napětí [28]

Přechodné zvýšení napětí u [%]	Doba trvání t [ms]		
	$10 \leq t \leq 500$	$500 < t \leq 5000$	$5000 < t \leq 60000$
$u \geq 120$	CELL S1	CELL S2	CELL S3
$120 > u \geq 110$	CELL T1	CELL T2	CELL T3

4.4.5 Harmonická napětí

95 % desetiminutových středních efektivních hodnot napětí každé harmonické musí být za normálních provozních podmínek menší nebo rovno hodnotě uvedené v Tab. 11.

Pro celkový činitel harmonického zkreslení THD napájecího napětí platí $THD \leq 8 \%$. Celkové harmonické zkreslení THD je určeno poměrem efektivní hodnoty součtu všech harmonických složek až do stanoveného řádu a efektivní hodnoty základní složky

$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{h=H} \left(\frac{Q_h}{Q_1} \right)^2}, \quad (4)$$

kde Q je proud nebo napětí, Q_1 je efektivní hodnota základní složky, Q_h je efektivní hodnota harmonické složky řádu h , h je řád harmonické a H se všeobecně rovná 50, může se však rovnat 25 je-li riziko rezonance na vyšších řádech nízké.

Tab. 11: Úrovně jednotlivých harmonických napětí v předávacím místě v procentech u_h pro řády harmonických až do 25 [28]

Liché harmonické				Sudé harmonické	
Ne násobky 3		Násobky 3		Řád harmonické h	Harmonické napětí U_h
Řád harmonické h	Harmonické napětí U_h	Řád harmonické h	Harmonické napětí U_h		
5	6 %	3	5 %	2	2 %
7	5 %	9	1,5 %	4	1 %
11	3,5 %	15	0,5 %	6...24	0,5 %
13	3 %	21	0,5 %		
17	2 %				
19	1,5 %				
23	1,5 %				
25	1,5 %				

5 MOŽNOSTI VYUŽITÍ FUNKCE BREAKER/LIMITER V PODMÍNKÁCH ČR

V této kapitole jsou uvedeny konkrétní možnosti využití funkce breaker/limiter v podmínkách ČR. Kapitola představuje teoretický popis možností využití funkce, každý PDS může k implementaci této funkce přistupovat individuálně. Jednotlivé možnosti využití v případě zavedení musí vycházet z přesných dat a z úpravy dispečerských řídicích systémů.

Zhodnocení možností využití z hlediska využitelnosti a z legislativního hlediska je analyzováno v kapitole 6.1.

V následující části jsou popsány jednotlivé možnosti využití

- při ukončení smlouvy s dodavatelem,
- při znemožnění přístupu k elektroměru,
- při neoprávněném odběru z důvodu neplacení zákazníka,
- v systému předplacené energie,
- při neoprávněném odběru z důvodu ovlivnění elektroměru,
- při odběru elektřiny zařízeními, která ovlivňují kvalitu elektřiny v neprospěch ostatních,
- při frekvenčním odlehčování,
- při změně hodnoty rezervovaného příkonu,
- při omezení odběru,
- při neoprávněné dodávce do ES,
- při ohlašování OM, která ohrožují zdraví nebo majetek osob.

Každá kapitola se zabývá současným řešením každého potencionálního využití funkce breaker/limiter a analyzuje možnost využití při implementaci funkce breaker nebo funkce breaker/limiter. Závěr každé kapitoly se zaměřuje na přínosy použití funkce breaker nebo breaker/limiter.

5.1 Možnost využití při ukončení smlouvy s dodavatelem

Funkci breakeru je možné použít v případě ukončení smlouvy s dodavatelem elektřiny v souvislosti se změnou odběratele. Kapitola se zabývá současným postupem při ukončení smlouvy s dodavatelem, využitím funkce breaker/limiter a jejími přínosy v této oblasti.

5.1.1 Současný postup při ukončení smlouvy s dodavatelem

Pokud při koupi domu nebo bytu se mění jen odběratel OM, OM je připojené a nemění se dodavatel elektřiny nebo technické parametry odběru, jedná se o jednoduchý příklad ukončení a uzavření smlouvy o dodávce elektřiny/sdružených službách dodávky elektřiny, který není nijak komplikovaný. V tomto případě původní vlastník a nový vlastník vyplní a podepíší obvykle společnou žádost o změně zákazníka (přepis), která obsahuje: žádost o ukončení smlouvy o dodávce elektřiny/sdružených službách dodávky elektřiny a žádost o uzavření smlouvy o dodávce elektřiny/sdružených službách dodávky elektřiny. Žádosti se vyřizují současně bez přerušení dodávky elektrické energie, což znamená, že funkce breakeru není potřebná.

Ovšem v případě, kdy původní vlastník podá žádost o ukončení smlouvy sám, neuvede nového odběratele a nový odběratel neuzavře smlouvu o dodávce elektřiny/sdružených službách dodávky elektřiny včas, PDS s žádostí o ukončení smlouvy s demontáží elektroměru odebere měřící zařízení.

Obecně v situacích, kdy původní majitel nespolupracuje s novým majitelem, může dojít k přerušení dodávky v OM. Jako příklad lze uvést nemovitosti, které projdou exekucí, a které nový majitel vydraží v exekučním řízení. V těchto případech dochází většinou k ukončení dodávky elektřiny demontáží elektroměru. Podle [30] rezervace příkonu pro místo připojení trvá 48 měsíců ode dne ukončení smlouvy. Pokud nový majitel chce připojit místo do uvedené lhůty, není nutné žádat o připojení elektrického zařízení k DS, je potřeba nechat vypracovat revizní zprávu elektroměrového rozváděče v závislosti na stavu elektroinstalace. Po uplynutí lhůty je nutné zvolit postup stejný jako při připojení nového OM.

V případě, že si nový majitel nemovitosti nepřeje zůstat u stejného dodavatele elektřiny jako původní majitel, původní majitel musí ukončit smlouvu se svým dodavatelem elektřiny. Původní majitel by měl oznámit novému majiteli, ke kterému dni bude ukončovat dodávku, aby nový majitel mohl uzavřít smlouvu s novým dodavatelem včas. Podle EZ [25] při změně dodavatele elektřiny se nejedná o neoprávněný odběr, pokud odběr elektřiny je v OM zákazníka po dobu kratší než 10 pracovních dní bez smlouvy. Pokud ovšem tato lhůta není dodržena, OM se zařazuje do neoprávněného odběru, který je definován v kapitole 4.2.

5.1.2 Využití funkce breaker při ukončení smlouvy

OM s instalovanou funkcí breakeru v smart meteru je odpojeno dálkově PDS v den ukončení smlouvy s demontáží elektroměru. Smart meter bude zablokovaný, což plní funkci současné demontáže elektroměru. Pro opětovné připojení do lhůty 48 měsíců je možné podle délky odpojení a stavu elektroinstalace využít možnost dálkového připojení breakeru do stavu *zapnutí povoleno* dispečinkem PDS. Po komunikaci s operátorem odběratel stisknutím tlačítka na smart meteru připojí OM do stavu *zapnuto*, čímž se minimalizují rizika dálkového připojení OM. Pro zkontrolování stavu OM může připojení probíhat návštěvou technika na OM.

V případě změny dodavatele se může nastavit datum rozpojení breakeru (datum ukončení smlouvy) z důvodu dodržení lhůty 10 dní. Pokud nedojde k připojení, tak se breaker automaticky rozpojí.

Přínosy funkce breaker

a) Přínosy z pohledu distributora

Funkce breakeru umožňuje distributorovi okamžitě ukončit dodávku elektrické energie v OM na dálku. Není nutné, aby technik jezdil na OM odpojit měřící zařízení. V závislosti na stavu OM je možné znovu připojení OM provést na dálku s přítomností odběratele na OM.

Celý proces je automatizován pomocí implementovaného systému do dispečinku PDS. PDS může lépe monitorovat změnu odběratele v OM. Ve smart meteru se zaznamená odpojení a připojení. PDS indikuje v profilu odstěhování se původního majitele a přistěhování se nového majitele. Automatizováním celého procesu dochází k urychlení odpojení a znovu připojení. Veškeré informace jsou zaznamenány automaticky do systému jako např. stav elektroměru ke dni přepisu, datum odpojení a připojení. Tímto dochází ke zjednodušení administrativy a ušetření nákladů v této oblasti. Další ušetřené náklady pro distributora představují hlavně náklady na výjezdy techniků např. náklady na mzdy pracovníka, náklady na školení pracovníků, náklady na pohonné hmoty nebo náklady na materiál.

Shrnutí přínosů

- Okamžité dálkové odpojení a znovu připojení
- Urychlení procesu dálkového odpojení a znovu připojení
- Menší počet nutných návštěv technika na OM z důvodu odpojení nebo znovu připojení zákazníka
- Není nutné odpojení měřícího zařízení
- Snížení nákladů na výjezdy techniků a na odpojení elektroměru
- Méně administrativních úkonů

b) Přínosy z pohledu odběratele

Výhodou je přesný záznam stavu elektroměru ke dni odpojení. Obecně záznam stavu elektroměru přináší větší přesnost, kdo a jakou částku je povinný zaplatit za dodávku elektřiny, a tím jsou zamezeny i případné spory.

Dálkové odpojení a připojení přináší odběratelovi úsporu času – při znovu připojení se jen např. telefonicky spojí s PDS a připojí OM stisknutím tlačítka.

Shrnutí přínosů

- Přesný záznam stavu elektroměru ke dni odpojení
- Úspora času

5.2 Možnost využití při znemožnění přístupu k elektroměru

V této kapitole je popsán návrh využití funkce breaker při znemožnění přístupu k elektroměru.

5.2.1 Současný postup při znemožnění přístupu k elektroměru

Podle EZ [25] musí zákazník povolit PDS přístup k elektroměru za účelem provedení kontroly, údržby, výměny nebo odebrání měřicího zařízení. Dále odběr elektřiny může být považován za neoprávněný, dokud nedojde k řádnému odpojení demontáží.

5.2.2 Využití funkce breakeru při znemožnění přístupu k elektroměru

Využití funkce breaker je v situacích, kdy je nutný fyzický odečet, kontrola, údržba, výměna nebo odebrání měřicího zařízení v OM a přístup PDS není umožněn. V této situaci lze využít možnost dálkového odpojení až do doby, kdy bude PDS povolen přístup.

Přínosy funkce breaker

a) Přínosy z pohledu distributora

Použití funkce breaker umožní okamžité odpojení těch OM na dálku, u kterých bude zákazníkem zamezen přístup. Díky dálkovému odpojení nebude nutné opakovat výjezdy techniků na OM, které jsou někdy i bez výsledku z důvodu trvajících znemožnění přístupu k elektroměru. Snížení počtu výjezdů povede opět k ušetření nákladů na výjezdy techniků.

Při odpojení se dále zaznamená i stav elektroměru, což zpřesní vyúčtování dodávky elektrické energie a nebude nutné přistupovat k odhadům.

Za velký přínos lze dále stanovit omezení kontaktu pracovníka s „konfliktními“ zákazníky.

Shrnutí přínosů

- Okamžité odpojení OM
- Zamezení opakování výjezdů
- Ušetření nákladů spojených s výjezdy techniků
- Záznam stavu elektroměru při odpojení
- Omezení kontaktu pracovníka s „konfliktními“ zákazníky

b) Přínosy z pohledu odběratele

Snížení nákladů PDS může mít vliv na celkovou cenu elektřiny pro odběratele.

5.3 Možnost využití při neoprávněném odběru z důvodu neplacení zákazníka

Tato kapitola se zabývá možnostmi využití funkce breaker/limiter v situacích, kdy odběratel neplatí faktury za elektřinu. V současnosti se jedná o nejrozšířenější využití funkce breaker/limiter v ostatních zemích.

5.3.1 Současný postup odpojení zákazníka z důvodu neplacení

PDS má právo podle EZ [25] odpojit OM při neoprávněném odběru a to podle [31] bezprostředně po zjištění neoprávněného odběru, pokud se se zákazníkem dodavatel nedomluví jinak.

Odběr při opakovaném neplnění smluvených platebních povinností označuje EZ [25] za neoprávněný odběr, viz kapitola 4.2. Podle [31] může dodavatel odstoupit od smlouvy se zákazníkem při prodloužení závazku vůči dodavateli, které trvá déle než 14 dnů. Jedná se o prodloužení se zaplacením např. zálohy, faktury za dodávku elektřiny/za sdružené služby dodávky elektřiny, smluvní pokuty a nákladů spojených s upomínáním. Většinou po 14 dnech dodavatel posílá zákazníkovi upomínku nezaplacené faktury, upozornění prostřednictvím e-mailů a doporučenou poštu. Pokud zákazník nereaguje na veškeré upozornění, OM je odpojeno distributorem po definované době. V případě neoprávněného odběru elektřiny předává dodavatel PDS žádost o přerušeni dodávek elektřiny u OM, u kterých je to požadováno, a to podle [36] nejpozději 5 pracovních dní přede dnem odpojení OM.

Ceny, které jsou účtovány v souvislosti s přerušeni dodávek elektřiny z důvodu neoprávněného odběru na hladině NN, jsou uvedeny v Tab. 12. Ceny jsou čerpány ze zdroje [32].

Tab. 12: Ceny odpojení a znovu připojení na hladině NN z důvodu neoprávněného odběru

Služba	Cena s DPH [Kč]
Samostatné odpojení na hladině NN	907,5
Znovu připojení na napět'ové hladině NN	1 815

5.3.2 Využití funkce breaker/limiter z důvodu neplacení zákazníka

Tato kapitola se zabývá možnostmi využití funkce breaker a funkce breaker/limiter, které lze použít jako opatření proti neplaticím zákazníkům

- A. možnost využití funkce breaker pro dálkové odpojení neplaticích zákazníků,
- B. možnost využití funkce breaker/limiter pro omezení okamžitého příkonu/energie a následné odpojení při neplacení.

A. Možnost využití funkce breaker pro dálkové odpojení neplaticích zákazníků

Ukončení dodávky elektřiny neplaticím zákazníkům probíhá pomocí funkce breaker dálkově. Pokud zákazník opakovaně neplní smluvené platební povinnosti, PDS OM dálkově odpojí. Po zaplacení všech smluvních povinností je mu dodávka opětovně umožněna pomocí dálkového příkazu smart meteru z dispečinku PDS. Příkazem je smart meter uveden do stavu *zapnutí povoleno* a pomocí potvrzení zákazníka stisknutím tlačítka na smart meteru je OM ve stavu *zapnuto*.

Přínosy funkce breaker

a) Přínosy z pohledu distributora

V několika případech dochází k odpojení zákazníka a následnému připojení po zaplacení – pro PDS znamená výjezd k odpojení a výjezd k znovu připojení. Funkce breaker tedy přináší výhodu ve snížení počtu výjezdů na OM, a tím i snížení nákladů jednak na samotný výjezd, tak na pracovníka (např. mzda, školení).

Jako další výhodu lze vnímat omezení kontaktu pracovníka s „konfliktními“ zákazníky – pomocí funkce breaker je odpojena dodávka elektrické energie na dálku. V některých případech není OM odpojeno z důvodu znemožnění odpojení a výjezd se musí opakovat.

Při použití funkce lze uvažovat o zlepšení platební morálky zákazníků. V ostatních zemích je tato funkce hlavně zaměřena proti neplaticím zákazníkům a má pozitivní výsledky v této oblasti z důvodu snížení jejich počtu.

Dále má PDS možnost rychleji reagovat na termíny pro odpojení OM, které jsou stanovené Vyhláškou č. 408/2015 Sb, díky dálkovému odpojení. Lze ještě zmínit snížení administrativních úkonů PDS s využitím funkce breaker.

Obecně funkce breakeru oproti odpojení elektroměru a případnému znovu připojení OM s návštěvou technika přináší finančně méně náročný, flexibilnější a rychlejší systém.

Shrnutí přínosů

- Okamžité dálkové odpojení a případně znovu připojení
- Urychlení procesu dálkového odpojení a případně znovu připojení
- Menší počet nutných návštěv technika na OM z důvodu odpojení nebo znovu připojení
- Není nutné odpojení měřícího zařízení
- Ušetření nákladů spojených s výjezdy techniků a na odpojení elektroměru
- Zlepšení platební morálky zákazníků
- Omezení kontaktu s „konfliktními“ zákazníky
- Méně administrativních úkonů

b) Přínosy z pohledu odběratele

Funkce breaker neplaticím zákazníkům přináší ušetření nákladů za odpojení a znovu připojení měřícího zařízení, které jsou vyčíslené v Tab. 12.

B. Možnost využití funkce breaker/limiter pro omezení okamžitého příkonu/energie a následovné odpojení při neplacení

PDS může dále k problematice neplacení zákazníka přistupovat omezením okamžitého příkonu OM (v kW) nebo dodávané energie OM na určitou dobu (v kWh).

Jako příklad lze uvést systém PDS Enel fungující v Itálii. PDS nastaví podle smlouvy dohodnutou limitní hodnotu odebíraného výkonu. Pokud dochází k neplacení faktur za elektřinu, PDS změni na dálku hodnotu odebíraného výkonu na 15 % smluvní hodnoty. Zákazníkovi je ještě umožněna dodávka elektřiny na jeden měsíc, ale jen s možností odebírat omezenou hodnotu nasmlouvaného odběru. Toto opatření neplaticím zákazníkům zabezpečí používat základní elektrické spotřebiče. Ovšem pokud nedbají na omezení, tak při překročení snížené hodnoty, limiter dá pokyn k aktivaci breakeru a zákazník je lokálně odpojen od sítě. Znovu připojení probíhá pomocí systému, který je popsán v kapitole 3.2. V případě, že zákazník zaplatí za faktury, dodávka mu je dálkově opět umožněna v celé výši nasmlouvaného odběru.

Modelová situace využití v ČR

Následující příklad názorně ukazuje omezení výkonu na 15 % nasmlouvaného odběru v ČR. V této modelové situaci se uvažuje domácnost s třífázovým připojením, která je vytápěná zemním plynem¹. Dále se v domácnosti předpokládají spotřebiče s vyčísleným příkonem uvedené v Tab. 13. Podle [33] je proudová hodnota jističe s ohledem na soudobost spotřebičů doporučena na 3x25 A.

Tab. 13: Uvažované spotřebiče v modelové situaci

Spotřebič	Příkon [kW]	Spotřebič	Příkon [kW]
Plynový kondenzační kotel	0,14	Kuchyňský robot	0,4
Pračka	2,3	Rychlovarná konvice	2
Fén	1,5	Digestoř	0,4
Sklokeramická varná deska	6	Vysavač	1,15
Vestavná elektrická trouba	3	Žehlička	1,45
Myčka	1,55	Osvětlení	0,5
Chladnička	0,1	PC, elektronika	0,3
Mrazák	0,1	Televize	0,06
Mikrovlnná trouba	1,3		
Celkový příkon [kW]			22,25

Možnosti nastavení limiteru jsou uvedené v kapitole 2.2. S ohledem na možnost využití je vhodné v limiteru nastavit omezení na 15 % nasmlouvané hodnoty sledováním

- proudu na fázích L1, L2 a L3,
- okamžitého příkonu.

¹ Podle ČSÚ slouží k vytápění domácnostem v ČR: zemní plyn 34,6 %, teplárny 33,3 %, uhlí 8,2 %, dřevo 7 %, elektřina 6,2 %.

Okamžitý příkon z proudové hodnoty jističe je vypočítán následovně²:

$$P = \sqrt{3} \cdot U_s \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (5)$$

$$P = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 25 \cdot 0,95$$

$$P = 16454,483 \text{ W} = 16,454 \text{ kW}$$

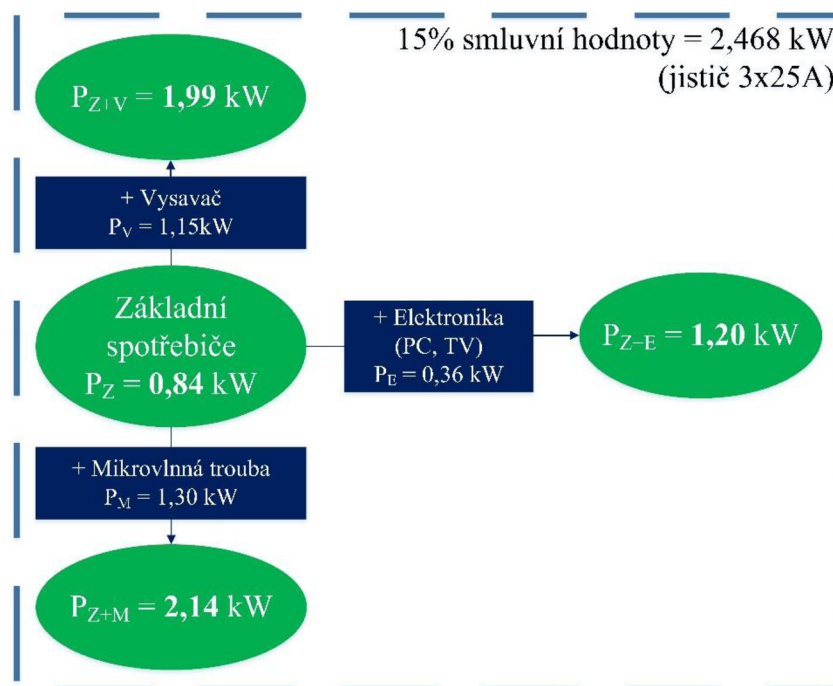
Hodnota 15 % z 16,454 kW poté činí 2,468 kW. Tato hodnota je nastavená jako prahová hodnota, kterou monitoruje limiter. Varianta nastavení prahové hodnoty proudu na fázích by měla být pro zákazníka s třífázovým připojením volitelná, jelikož PDS nemá informaci o tom, jaké má odběratel rozčlenění spotřebičů na danou fázi.

S ohledem na nastavené omezení $P_{\text{lim}}=2,468 \text{ kW}$ může odběratel využívat základní spotřebiče pro minimální provoz domácnosti uvedené v Tab. 14

Tab. 14: Základní spotřebiče pro minimální provoz domácnosti

Základní spotřebiče	Příkon [kW]
Plynový kondenzační kotel	0,14
Chladnička	0,1
Mrazák	0,1
Osvětlení	0,5
Celkem	0,84

Odběratel může k základním spotřebičům, které jsou uvedené v Tab. 14, zapnout kombinaci dalších spotřebičů, aniž překročí nastavený limit. Příklady kombinací jsou naznačené na Obr. 9.



Obr. 9: Možné kombinace spotřebičů při 15 % omezení s nepřekročením limitu

² Hodnota účinníku je uvažována $\cos \varphi = 0,95$.

Přínosy funkce breaker/limiter

a) Přínosy z pohledu distributora

Funkce breaker/limiter opět přináší distributorovi snížení počtu výjezdů na OM a zároveň snížení veškerých nákladů, které jsou spojeny s výjezdy. Další výhody lze spatřovat v okamžitém odpojení při překročení nastavené hodnoty a v okamžité obnově dodávky elektrické energie v plné výši, pokud je zaplacená dlužná částka.

Tento systém jednak motivuje zákazníky ke zlepšení platební disciplíny, ale zároveň po nezaplacení první faktury PDS nepřerušuje dodávku elektřiny na stanovenou dobu, což představuje „mírnější“ přístup k odpojení. Stále je však na odběratele vyvíjen jistý nátlak k zaplacení – při každém překročení výkonu musí OM znovu připojovat a nemohou využívat všechny spotřebiče.

Dále se tato možnost jeví jako případné řešení v rámci podpory zranitelných zákazníků³.

Shrnutí přínosů

- Omezení počtu návštěv OM technikem
- Okamžité odpojení při překročení nastavené hodnoty
- Okamžité obnovení dodávky elektrické energie v plné výši při zaplacení
- Motivace zákazníků ke zlepšení platební disciplíny
- Podpora zranitelných zákazníků

b) Přínosy z pohledu odběratele

Pro odběratele je tento systém přínosný z důvodu neodpojení OM, i přes nezaplacenou první fakturu. S omezeným odebíraným výkonem po stanovenou dobu lze využívat základní spotřebiče bez překročení nastaveného limitu.

Díky funkci breaker není nutné odpojení elektroměru a odběratelé tedy neplatí za tuto službu.

Shrnutí přínosů

- Neodpojení OM, i přes nezaplacenou první fakturu
- Možnost využívání základních spotřebičů
- Snížení nákladů na odpojení elektroměru případně nákladů na znovu připojení

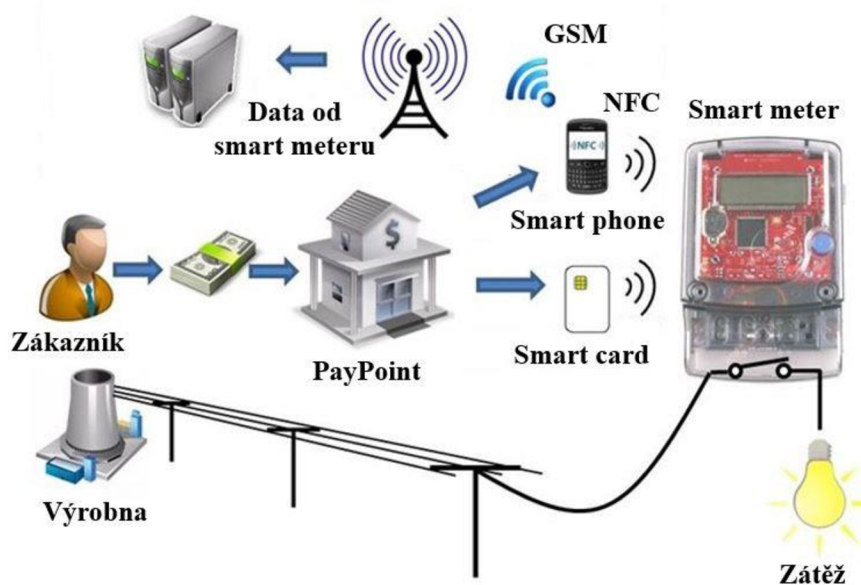
³ Podle NAP [34] není v ČR v současné době definovaný nebo implementovaný do legislativy pojem zranitelný zákazník nebo energetická chudoba. Z pohledu elektroenergetiky se doporučuje zaměřit např. na omezení možnosti přerušování dodávky u definované skupiny odběratelů.

5.4 Možnost využití v systému předplacené energie

V některých zemích (např. USA, Itálie, Rumunsko) využívají PDS předplatní systém energie. Předplatní systém energie vyžaduje, aby zákazníci platili předem za elektřinu, kterou očekávají, že spotřebují. V případě, že dojde k vyčerpání přeplaceného kreditu, může být dodávka elektrické energie v OM přerušena pomocí breakeru. Tento systém je vhodný zejména pro odběratele, kteří mají zájem hlídat či optimalizovat svou spotřebu. Smart metery, které umožňují předplacený tarif, jsou např.: Echelon, ISKRAEMECO a Landis+Gyr.

V Itálii jsou předplatní parametry řízeny z centrály PDS a smart meter upozorňuje zákazníky, pokud se kredit blíží nastavitelné hranici. PDS navíc stanovuje dny (např. neděle), kdy limit není aktivní.

Na Obr. 10 je naznačeno, jak předplatní systém funguje. Dobití kreditu je možné pomocí platební karty na PayPointu nebo např. pomocí telefonu. Jakmile dojde k dobití kreditu, tak se přešle informace dálkově do smart meteru. Pokud má zákazník nedostatek kreditu, smart meter tuto skutečnost indikuje a může zapnout 24 hodinový nouzový kredit. V případě, že zákazník kredit ani po 24 hodinách nedobije, dochází k dálkovému odpojení zákazníka pomocí breakeru, které ale nenastane v hodinách, kdy zákazník nemůže dobít kredit, např. přes noc nebo přes státní svátky.



Obr. 10: Systém předplacené energie [35]

Přínosy funkce breaker/limiter

a) Přínosy z pohledu distributora

Hlavní výhodou systému předplacené energie je snížení množství nezaplacené energie. Platba předem sníží počet nezaplacených faktur za elektřinu, a pokud odběratel nezplatí energii dopředu, dojde k automatickému odpojení.

S ohledem na automatické odpojení neplaticích zákazníků dochází ke snížení nákladů v oblasti výjezdů na OM a v oblasti administrativy (např. automatický záznam o odpojení, neposílání papírové formy faktury).

Shrnutí přínosů

- Snížení množství nezaplacené energie
- Automatické odpojení, pokud energie nebude předplacena
- Snížení nákladů v oblasti výjezdů na OM a v oblasti administrativy

b) Přínosy z pohledu odběratele

Pro zákazníky tento systém přináší několik výhod. Jednou z hlavních výhod je větší kontrola nad spotřebou elektrické energie. Z důvodu zaplacení energie dopředu na daný měsíc, si odběratel více uvědomí, jak může spotřebu snížit. Pomocí předplatného systému dochází obvykle ke snížení spotřeby o 15 %.

Výhodu lze spatřovat i u pronajímaných nemovitostí z důvodu zaplacení za energii dopředu. Dále u sezónně obývaných objektů budou mít odběratelé možnost si zaplatit předem za elektrickou energii, kterou plánují spotřebovat.

Předplatní systém dále umožňuje zákazníkům využívat jiné možnosti platby než doposud, např. dobíjení kreditu pomocí mobilního telefonu. Na nedostatek kreditu je zákazník upozorněn a odpojení dochází až po 24 hodinovém nouzovém kreditu.

Shrnutí přínosů

- Větší kontrola nad spotřebou elektrické energie
- Možné snížení spotřeby elektrické energie
- Přínosy pro pronajímatele nemovitostí nebo pro odběratele sezónně obývaných objektů
- Nové možnosti platby
- Odpojení po 24 hodinovém nouzovém kreditu

5.5 Možnost využití při neoprávněném odběru z důvodu ovlivnění smart meteru

Tato kapitola se zabývá možností využití funkce breaker při neoprávněném odběru z důvodu ovlivnění smart meteru. Neoprávněný odběr je definován v kapitole 4.2.

5.5.1 Současný postup při neoprávněném odběru z důvodu ovlivnění elektroměru

Do neoprávněného odběru patří např. připojení obcházející elektroměr, cizí zásah do elektroměru za účelem ovlivnění registrované spotřeby (např. úprava svorkovnice, elektromagnetické rušení elektronického ústrojí).

V současné době pro zjištění neoprávněného odběru z důvodu ovlivnění elektroměru technici kontrolují OM. Pokud zjistí během kontroly, že se jedná o neoprávněný odběr, PDS má právo okamžitě podle EZ [25] přerušit dodávku elektřiny. Dále PDS může demontovat elektroměr a poslat ho na expertizu.

Neoprávněný odběratel má poté možnost se buď domluvit na výši škody s dodavatelem a škodu zaplatit nebo se případ řeší soudní cestou. Dodávka elektřiny je obnovena až po náhradě způsobené škody.

5.5.2 Využití funkce breaker při ovlivnění smart meteru

Smart meter může detekovat neoprávněnou manipulaci a zaznamenat tuto událost s časem, kdy k ní došlo a poslat tuto událost jako alarm do řídicího střediska. Na základě alarmu může PDS poslat technika na OM pro kontrolu OM. Při zjištění neoprávněného odběru je možné OM odpojit pomocí breakeru.

S napadením smart meteru lze i svázat stav breakeru. Např. při sejmutí krytu svorkovnice, přiblížení magnetického pole, otevření pouzdra smart meteru nebo při záměně fáze/nulového vodiče dostane breaker popud k rozpojení a na displeji se objeví symbol breakeru a napadení. Tuto událost zároveň smart meter pošle do centrály společně se svým stavem.

Přínosy funkce breaker

a) Přínosy z pohledu distributora

Zavedení smart meterů a využití funkce breakeru přináší okamžité odpojení v případě neoprávněné manipulace se smart meterem. Lze tedy uvažovat o snížení počtu neoprávněných odběrů v ČR a s tím spojené veškeré náklady PDS.

Jako další přínos lze uvést záznam stavu smart meteru při jeho ovlivnění. Díky přesnému záznamu stavu nebude nutné prokazovat, jaký byl stav před cizím zásahem do smart meteru pro účely soudního řízení.

b) Přínosy z pohledu odběratele

Součástí regulované části za odebranou elektřinu jsou ztráty elektřiny způsobené neoprávněnými odběry. Vzniklé ztráty tedy platí i ostatní odběratelé. Díky rychlému odhalení neoprávněných odběrů se zamezí navýšení platby odběratelům kvůli neoprávněně odebrané energii.

5.6 Možnost využití při odběru elektřiny zařízeními, která ovlivňují kvalitu elektřiny v neprospěch ostatních

Pomocí smart meterů je možné za určitých předpokladů monitorovat kvalitu napětí na hladině NN. Díky monitorování je možné přistoupit i k použití funkce breaker/limiter u odběratelů, kteří odebírají elektřinu zařízeními, která ovlivňují kvalitu elektřiny v neprospěch ostatních odběratelů.

5.6.1 Současná problematika sledování kvality napětí

Podle [37] se v poslední době výrazně zvyšuje počet spotřebičů způsobující rušení v DS, které vede ke zhoršení parametrů kvality napětí. Zhoršení parametrů má jednak nežádoucí vliv na ostatní zařízení, hlavně na citlivá IT zařízení a také na provoz DS. Dále jsou identifikovány potenciální příčiny, které mají vliv na zhoršení parametrů kvality napětí (harmonická napětí, poklesy napětí, přepětí a nesymetrie napětí).

Podle [37] převážná část harmonických napětí je způsobována nelineárními zátěžemi, do kterých patří domácí spotřebiče připojené do DS, např. kompaktní svítidla, televizory, myčky nádobí, mikrovlnné trouby, počítače, tiskárny. Poklesy napětí v síti jsou všeobecně produkovány spotřebiteli s dynamickým proudovým odběrem. Na přepětí má vliv instalace FVE u odběratelů a s jejich rozšiřujícím zaváděním bude tento vliv ještě větší. Vlivem zvyšování poměru jednofázových spotřebičů oproti třífázovým spotřebičům v sítích NN je nutné zohledňovat i nesymetrii napětí.

Avšak k průběžnému monitorování kvality napětí u jednotlivých odběratelů na hladině NN v ČR nedochází. Kvalita napětí u odběratele je většinou měřena, pokud odběratel podá stížnost na kvalitu napětí.

Podle EZ [25] je PDS povinen dodržovat stanovenou kvalitu dodávek a služeb a zároveň má právo omezit nebo přerušit dodávku těm odběratelům, kteří odebírají elektřinu zařízeními, která ovlivňují kvalitu elektřiny v neprospěch ostatních. Podle [26] pokud je odběratelovi prokázáno, že přerušuje kvalitativní parametry, musí provést nápravu ve stanovené lhůtě podle dohody, jinak je mu dodávka přerušena.

Monitorování kvality napětí pomocí smart meterů

Podle [6] jeden z minimálních funkčních požadavků na smart metery představuje monitorování kvality elektrické energie. Zavedením smart meterů je možné sledovat napětí u každého odběratele.

V závislosti na výrobci může smart meter z pohledu kvality elektrické energie monitorovat

- a) frekvenci,
- b) hladinu napájecího napětí,
- c) poklesy napájecího napětí,
- d) dočasná zvýšení napájecího napětí,
- e) činitel harmonického zkreslení *THD*.

Pokud je překročen nastavený limit, tak může smart meter generovat standartní události – poklesy napájecího napětí a dočasná zvýšení napájecího napětí. Tyto události mohou být nastaveny jako alarm a poslány do centrály. Událost poté obsahuje např. informaci o maximálním nebo minimálním napětí, datum a čas události nebo identifikaci smart meteru.

Sledování průměrné efektivní hodnoty napětí

Smart meter může monitorovat hodnotu průměrné efektivní hodnoty napětí pro každou fázi s periodou 10 minut. Takto se vytvoří ve smart meteru profil kvality. To znamená, že se zaznamenává průběžná hodnota napětí a při dosažení periody 10 minut je zapsána průměrná efektivní hodnota napětí s časovou značkou.

Sledování okamžité hodnoty napětí

Limiter vzhledem k poklesům a dočasným zvýšením napájecího napětí může monitorovat napětí na fázích – limiter může mít nastavený limit $110 \% U_n + \text{hystereze}$ (např. $253 \text{ V} + 3 \text{ V}$) pro dočasné zvýšení napětí a $90 \% U_n + \text{hystereze}$ pro poklesy napětí.

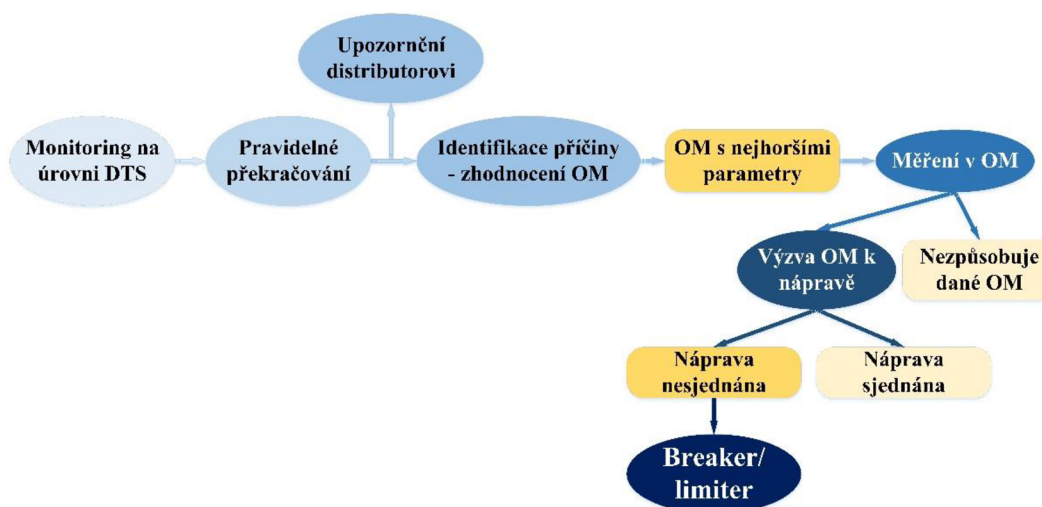
Lze přistoupit k zaznamenávání

- spouštěcí hodnoty napětí s počátečním časem výskytu poklesu napětí a dobou trvání poklesu napětí s ohledem na prahové hodnoty $110 \% U_n$ a $90 \% U_n$,
- dobu trvání poklesu a hloubky poklesu (pro zařazení do Tab. 9 a Tab. 10).

5.6.2 Využití monitorování kvality napětí pomocí smart meterů

Předpokládá se, že smart meter vyhodnocuje kvalitativní parametry a je v něm zavedená funkce pro sledování charakteristik dodávky elektrické energie, které jsou popsány v kapitole 4.4.

Obecně, k vyhodnocování charakteristik napětí je možné použít postup zobrazený na Obr. 11. Na úrovni distribuční trafostanice (DTS) dochází k monitorování daných kvalitativních parametrů, které jsou jednou za stanovenou dobu odečteny do databáze. Pokud dochází na úrovni DTS k pravidelnému překročení parametrů, pošle se upozornění PDS. Mezitím musí být další funkcí identifikován potenciální zdroj zhoršování kvality elektrické energie v síti tzv. vzájemné porovnání OM. Pokud je zhoršování kvality elektrické energie způsobeno OM, pak je tento stav ověřen pomocí měření v daném OM. Dále je odběratel upozorněn na sjednání nápravy do určité stanovené doby. V případě nečinnosti odběratele, kdy nadále dochází ke zhoršování kvality v síti daným OM, je již navázána na OM funkce breaker/limiter, která sleduje chování OM ve vztahu k danému parametru. Vlivem stálého překračování daného parametru v OM, odpojuje funkce breaker/limiter OM do stavu *zapnutí povoleno*, což pro odběratele znamená jistý nátlak v nutném opakovaném připojování OM, dokud odběratel neprovede opatření.



Obr. 11: Diagram využití smart meteru k monitoringu kvality napětí

Identifikace OM s nejhorsími parametry

V této části je popsán příklad přístupu, který lze zvolit k identifikování potenciálního zdroje zhoršování kvality elektrické energie v síti. Část vychází z kapitoly 4.4.

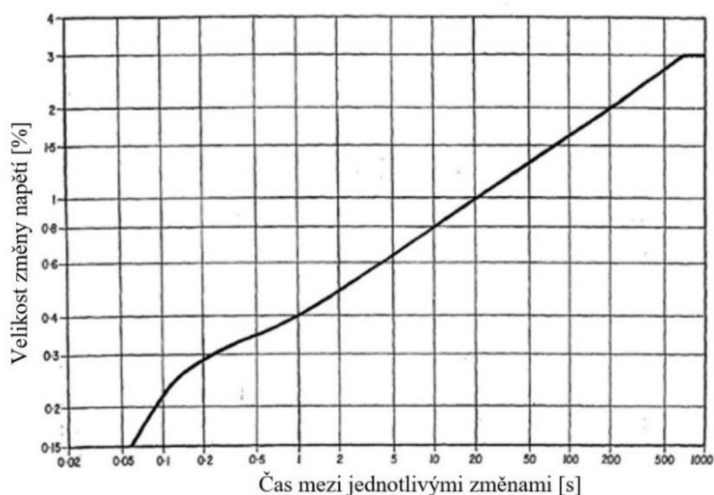
A. Identifikace odchylek napájecího napětí

Při pravidelném zaznamenání odchylek napájecího napětí v OM na úrovni hladiny NN lze předpokládat, že má za ně zodpovědnost PDS v plném rozsahu – pokud dojde k překročení průměrné efektivní hodnoty napětí v rozsahu $U_n +10 \%/ -15 \%$ v měřicích intervalech 10 minut, PDS je upozorněn na tuto skutečnost a musí provést potřebné opatření.

B. Identifikace flikru

Identifikace u flikru je komplikovanější. U flikru je důležitá velikost změny napětí ΔU a čas t mezi jednotlivými změnami.

Na Obr. 12 je ukázán příklad doporučeného limitu pro velikost změn napětí s ohledem na čas mezi jednotlivými změnami napětí, který lze integrovat do smart meteru. Všechny body na křivce nebo pod křivkou vyhovují limitu pro krátkodobou míru vjemu flikru $P_{st} \leq 0,5$.



Obr. 12 Doporučený limit pro velikost změn napětí s ohledem na čas mezi jednotlivými změnami napětí [38]

Pro identifikaci OM, které výrazně přispívá k překročení mezní hodnoty flikru, je nutné posuzovat v OM změnu proudu vzhledem k času mezi jednotlivými změnami. K posuzování změny proudu je možné nahradit v charakteristice na Obr. 12 maximální změnu napětí ΔU maximální změnou proudu ΔI_{OM} pro každé OM. Přepočtení změny napětí ΔU na změnu proudu ΔI_{OM} lze vyjádřit například pomocí vzorce

$$\Delta I_{OM} = \frac{\Delta U}{\operatorname{Re}[\bar{Z}_k]} \cdot \frac{I_{nOM}}{\sum I_{nOM}} \cdot K, \quad (6)$$

kde ΔI_{OM} je změna proudu v OM, ΔU je změna napětí, \bar{Z}_k je zkratová impedance sítě, I_{nOM} je jmenovitá hodnota hlavního jističe v OM, $\sum I_{nOM}$ je součet jmenovitých hodnot jističů daného uzlu a K je koeficient respektující soudobost, který může nabývat hodnot $1 \div \frac{\sum I_{nOM}}{I_{nOM}}$.

V charakteristice Obr. 12. bude tedy nahrazena změna napětí ΔU přepočtenou změnou proudu ΔI_{OM} podle vzorce (6). Každý smart meter bude mít implementovanou charakteristiku $\Delta I_{OM} = f(t)$ odvozenou od charakteristiky zobrazenou na Obr. 12. Smart meter změří změnu proudu a čas mezi jednotlivými změnami a porovná je s implementovanou charakteristikou. Pokud je změřená změna proudu nad křivkou, tak to lze považovat za nepřipustný stav.

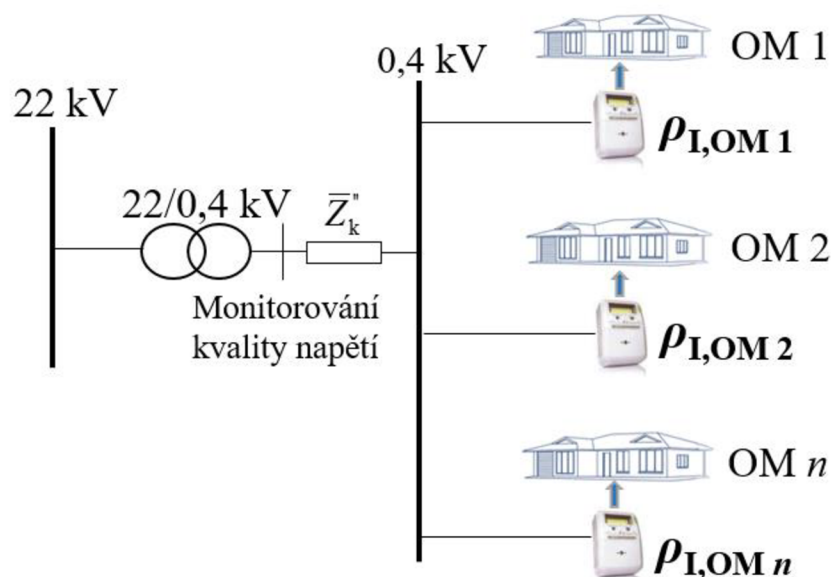
Po zhodnocení OM se dále postupuje podle diagramu na Obr. 11. PDS bude požadovat sjednání nápravy od OM, které výrazně přispívají k překročení mezní hodnoty flikru. Pokud odběratel neučiní danou nápravu, tak se může přistoupit k nasazení funkce breaker/limiter v OM. Funkce breaker/limiter vlivem stálého překračování flikru v OM, odpojuje OM do stavu *zapnutí povoleno*, což pro odběratele znamená jistý nátlak v nutném opakovaném připojování OM, dokud neprovede odběratel opatření.

C. Identifikace nesymetrie napájecího napětí

V tomto případě se uvažují jen OM s třífázovým připojením. Měření nesymetrie je zobrazené na Obr. 13. V uzlu se měří činitel nesymetrie napětí ρ_U , který musí odpovídat rozmezí (uvedené v kapitole 4.4.3). Pokud dochází k pravidelnému překračování nesymetrie napětí v uzlu, přistoupí se k měření v každém OM $1 \div n$. Pro vyhodnocení nesymetrie u každého OM lze předpokládat použití činitele nesymetrie proudu ρ_I , viz vzorec (3). Pro zhodnocení OM se nabízí možnost sledování

- histogramu proudové nesymetrie (tzv. četnosti překročení dané hodnoty v daném intervalu)
- průměrné hodnoty nesymetrie proudu.

U OM, které výrazně přispívá k překračování dané procentuální úrovně nesymetrie proudu, PDS provede měření daného parametru pro ověření zhoršování kvality elektrické energie daným OM. Další postup je podle diagramu na Obr. 11 - je navrhnuté opatření od PDS, v případě, že odběratel na opatření nedbá (průběžně sledovaná nesymetrie neklesne), přistupuje se k funkci breaker/limiter. Limiter bude sledovat hodnotu proudové nesymetrie ρ_I a breaker odpojuje OM do stavu *zapnutí povoleno* v případě nezlepšení parametru. Toto pro odběratele znamená jistý nátlak v nutném opakovaném připojování OM, dokud neprovede opatření.



Obr. 13: Identifikace nesymetrie napětí

D. Identifikace dočasného zvýšení napětí

Odpovědnost za dočasné zvýšení napájecího napětí má opět v plném rozsahu PDS.

Avšak výjimku tvoří OM, která jsou vybavená např. FVE. Tyto OM mohou způsobovat zvýšené napájecí napětí, a to v případě přetoku jalového výkonu induktivního charakteru do DS.

V případě pravidelného výskytu dočasného zvýšení napětí (prahová hodnota je uvedena v kapitole 4.4.4), dostane PDS informaci o pravidelném překračování a zaměří se na OM, u nichž bude sledovat hodnotu

- a) dodávaného jalového výkonu Q_{ind} ,
- b) účinníku.

Po měření v OM bude PDS poté žádat nápravu u OM, které mají nepřijatelný přetok jalového výkonu induktivního charakteru nebo nedodrží sjednaný účinník. Pokud nebude provedena náprava do určité doby, funkce breaker/limiter bude sledovat např. hodnotu účinníku nebo maximální hodnotu dodávaného jalového výkonu do sítě. Při překročení prahové hodnoty bude vypínat OM do stavu *zapnutí povoleno*, dokud nebude sjednána náprava.

E. Identifikace poklesu napájecího napětí

Pro identifikaci příčiny poklesu napájecího napětí, jehož prahová hodnota je uvedena v kapitole 4.4.4, lze např. využít sledování nadproudů v OM. Při zjištění pravidelných poklesů napětí v uzlu je možné v daných OM nastavit prahovou hodnotu proudu, která je větší než jmenovitá hodnota jističe $I > I_n$, např. hodnotu $I_p = 1,13 \cdot I_n$, kterou jistič s charakteristikou B nesmí vypnout do 2 hodin podle normy ČSN EN 60898-1 [42]. Limiter bude tuto hodnotu sledovat a bude se zaznamenávat četnost překročení této hodnoty s časy překročení.

Poklesy napětí způsobují např. OM s motorovou zátěží při nedostatečném rezervovaném příkonu. Takové spínání způsobuje proudové špičky, které přesahují jmenovitou hodnotu instalovaného jističe, avšak nemusí vést k vypnutí jističe.

PDS k OM, které má největší četnost překročení prahové hodnoty, vyšle pracovníka, který zkontroluje OM měřením nebo prohlídkou. Při potvrzení poklesů v daném OM, PDS navrhne opatření pro OM. Pokud OM nepřistoupí na opatření, spustí se funkce breaker/limiter, která bude monitorovat počet překročení prahové hodnoty v definovaném čase. Pokud je naplněn počet překročení, dojde k odpojení OM.

F. Identifikace harmonických napětí

Postup pro měření činitele zkreslení napětí a proudu je podobný jako u identifikace nesymetrie napětí. Pokud se zjistí pravidelné překračování činitele zkreslení napětí THD_U v uzlu, tzv. 8 % (podle kapitoly 4.4.5), tak se přistoupí k monitorování THD_I proudu v každém OM. Opět lze k zhodnocení OM přistoupit formou

- a) histogramu,
- b) průměrné hodnoty THD_I .

OM, kde bude harmonické zkreslení nabývat největších hodnot oproti ostatním, bude ověřeno měřením. Distributor navrhne jisté opatření odběratelovi ke zlepšení činitele. Pokud opatření nebude splněno a bude nadále docházet k pravidelnému překračování např. průměrné hodnoty THD_I , tak se aktivuje funkce breaker/limiter. Limiter bude sledovat hodnotu THD_I a při překročení nastaveného limitu, breaker odpojuje OM do stavu *zapnutí povoleno*, což pro odběratele znamená jistý nátlak v nutném opakovaném připojování OM, dokud neprovede opatření.

Podobně lze řešit jednotlivé harmonické složky, jejichž meze jsou uvedené v Tab. 11. Příkladem může být 5. harmonická napětí, u které je daná mez 6 %. Distributor pro zhodnocení OM zobrazí data pro průměrnou hodnotu 5. harmonické proudu a zjistí, jaké OM má nejvyšší hodnotu. Postup bude poté stejný, jak je naznačen výše.

Přínosy funkce breaker/limiter

a) Přínosy z pohledu distributora

Monitorování na hladině NN přinese distributorovi informace o kvalitě napětí v jednotlivých uzlech na této hladině. Pravidelný odečet parametrů kvality napětí v síti dále pomůže identifikovat potenciální zdroj zhoršující kvalitu v síti, čímž se zamezí jejímu zhoršování. V případě zjištění a potvrzení na základě měření, že OM výrazně přispívá k zhoršování kvality, bude PDS požadovat nápravu. Pokud náprava nebude splněna, funkce breaker/limiter představuje jistý nátlak na OM pro omezení výrazného přispívání k překročení mezní hodnoty daného parametru. Monitorováním kvality napětí na hladině NN bude tedy docházet k dodržování závazných parametrů kvality napětí na této hladině.

b) Přínosy z pohledu odběratele

Špatná kvalita napětí může ovlivnit některé spotřebiče zapojené v OM např. z pohledu účinnosti nebo životnosti. Díky monitorování kvality napětí bude zajištěna deklarovaná kvalita napětí.

5.7 Možnost využití při frekvenčním odlehčování

V této kapitole je popsána možnost využití funkce breaker/limiter při frekvenčním odlehčování.

5.7.1 Současný postup při frekvenčním odlehčování

V současné době je dodávka elektřiny omezena nebo přerušena při předcházení stavu nouze nebo ve stavu nouze pomocí postupů popsaných v kapitole 4.1. Níže uvedené informace vychází ze zdrojů [39, 40, 41].

Frekvenční plán se používá pro předcházení stavu nouze a pro řešení stavu nouze. Dochází k frekvenčnímu odlehčování, tedy k automatickému vypínání zatížení pomocí frekvenčních relé v závislosti na kmitočtu s cílem rychlé obnovy kmitočtu ES do rozmezí hodnot 49,8 – 50,2 Hz.

Opatření v oblasti zatížení ES se provádí v pásmu poklesu kmitočtu 49,0 - 48,0 Hz. V ČR dochází k automatickému odpojování předem stanovené výše výkonu pomocí frekvenčních relé, které jsou instalované v rozvodnách 110 kV a 22 kV provozovatelů DS, v 6 frekvenčních stupních. PPS na základě systémových výpočtů poruchových režimů a v souladu s dohodami se sousedními ES stanovuje počet stupňů, jejich nastavení a výše odpojovaného výkonu.

Příslušnému vypínači dává pokyn k vypnutí frekvenčních relé bez umělého časového zpoždění. K vypnutí vývodu tedy dojde v čase, který se sestává z času potřebného pro změření frekvence a vypínacího času vypínače.

Objem odlehčované zátěže v jednotlivých stupních je uveden v Tab. 15, ze které je zřejmé, že 50 % celkové spotřeby je rozděleno do 6 stupňů.

Tab. 15: Stupně systémového frekvenčního odlehčování zátěže [39]

Stupeň	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Frekvence [Hz]	49	48,7	48,4	48,3	48,1	48
Objem odlehčované zátěže [%] z netto zatížení na území, na kterém příslušný PDS zajišťuje distribuci	10	10	10	2	10	8

Tab. 16 ukazuje přerozdělení objemu 4570 MW mezi PDS PREDi, ČEZ, E.ON při frekvenčním odlehčování.

Tab. 16: Přerozdělení výkonu při frekvenčním odlehčování [40]

Stupeň	Frekvence [Hz]	Výkon [MW]			Celkem [MW]	Celkem [%]
		PREDi	ČEZ	E. ON		
1.	49	110	566	238	914	10
2.	48,7	110	566	238	914	10
3.	48,4	110	566	238	914	10
4.	48,3	225	0	0	225	2
5.	48,1	110	566	238	914	10
6.	48	77	431	181	689	8
Celkem		742	2695	1133	4570	50

5.7.2 Využití funkce breaker/limiter při frekvenčním odlehčování

Při využití funkce breaker/limiter nedochází k vypínání celého vývodu, ale k selektivnímu vypínání OM, které jsou zařazeny do jednotlivých frekvenčních stupňů podle důležitosti.

A. Měření frekvence v každém OM

Jako první možnost využití se předpokládá měření frekvence v každém OM pomocí smart meteru. OM vypínají plošně podle rozdělení do stupně na základě dvou popudových hodnot – hodnoty frekvence a hodnoty maximálního odebíraného příkonu.

Limiter monitoruje frekvenci a okamžitý příkon OM. Pokud frekvence poklesne na hodnotu např. 49 Hz, tak je splněna 1. podmínka pro frekvenční stupeň č. 1. Dochází k odpojení těch OM, u kterých je splněna zároveň 2. podmínka limitního příkonu OM. Limiter sleduje okamžitý příkon OM, který nesmí při poklesu frekvence přesáhnout předem danou procentní hodnotu z instalovaného příkonu, např. 10 %. Tímto způsobem nejsou vypínáni všichni odběratelé, ale selektivně jen ti, kteří mohou přispět k regulaci frekvence. Ostatním odběratelům je umožněno využívat určitou hodnotu okamžitého příkonu pro provoz spotřebičů se zanedbatelným výkonem.

V Tab. 17 je ukázána spotřeba elektřiny v jednotlivých soustavách PDS v roce 2015, data jsou čerpána z Roční zprávy o provozu ES ČR [41].

Tab. 17: Spotřeba elektřiny netto v jednotlivých soustavách PDS v roce 2015 [41]

	Spotřeba elektřiny netto [MWh]	Procenta [%]
ČEZ Distribuce a.s.	34 139 339	-
VO z vvn	6 134 327	18,0
VO z vn	14 185 786	41,6
MOP+MOO	13 819 226	40,5
E.ON Distribuce, a.s.	12 820 553	-
VO z vvn	1 059 553,4	8,3
VO z vn	5 915 835	46,1
MOP+MOO	5 845 165	45,6
PREdistribuce, a.s.	5 806 891	-
VO z vvn	102 510	1,8
VO z vn	3 188 271	54,9
MOP+MOO	2 516 110	43,3

Z Tab. 17 je patrné, že spotřeba elektřiny v OM na hladině NN je okolo 40 %. OM na hladině NN je tedy možné využít k frekvenčnímu odlehčování. Je možné buď v prvních stupních odpojit VO (továrny, nákupní střediska nebo rozsáhlá sídla státních institucí) nebo odpojit MOO a MOP. V Tab. 18 je vidět počet OM na jednotlivých hladinách napětí rozdělených podle PDS. V případě VO se vypíná menší počet OM s větším instalovaným příkonem. Naopak v případě MOO a MOP se jedná o větší počet OM s menším instalovaným příkonem.

Tab. 18: Počet OM na jednotlivých hladinách napětí [41]

	Počet OM na NN	Počet OM na VN	Počet OM na VVN
ČEZ Distribuce a.s.	3 593 495	14 735	94
E.ON Distribuce, a.s.	1 506 158	8252	34
PREdistribuce, a.s.	776 131	2 004	3
Celkem	5 875 784	24 991	131

Způsobení vyšších škod se dá předpokládat vypnutím OM na hladině VN, VVN než v případě vypnutí zákazníků na straně NN. Jako škody lze uvést např. ztráta produkce, zničená produkce nebo mzdové náklady. Na základě této skutečnosti, se bude uvažovat vypnutí zákazníků na hladině NN v prvních stupních za efektivnější.

OM na hladině NN lze zařadit do prvních třech stupňů, dá se předpokládat na základě Tab. 16 a Tab. 17, že pokryjí stanovený vypínací výkon uvedený v Tab. 16. Čtvrtý stupeň frekvenčního odlehčování pokrývá jen PDS PREdistribuce, a.s. Do tohoto stupně je nutné zařadit i VO v závislosti na přesném instalovaném výkonu na hladině NN. V pátém stupni lze předpokládat, že se na podílu odlehčované zátěže u PDS E.ON a ČEZ budou muset podílet i VO.

Návrh rozdělení OM při frekvenčním odlehčování

K rozdělení OM na hladině NN do jednotlivých stupňů lze použít hodnotu hlavního jističe před elektroměrem. Kategorie jednotlivých hodnot jističů jsou následující: do 1x25 A včetně, nad 3x10 A do 3x16 A včetně, nad 3x16 A do 3x20 A včetně, nad 3x20 A do 3x25 A včetně, nad 3x25 A do 3x32 A včetně, nad 3x32 A do 3x40 včetně, nad 3x40 A do 3x50 A včetně, nad 3x50 do 3x63 A včetně, nad 3x63 A do 3x80 A včetně, nad 3x80 A do 3x100 A včetně, nad 3x100 A do 3x125 A včetně, nad 3x125 A do 3x160 A včetně.

K omezení jednotlivých OM lze přistupovat podle jmenovité hodnoty hlavního jističe např. od největší hodnoty jističe po nejmenší hodnotu (do 1. frekvenčního stupně jsou zařazeny OM s vyšší hodnotou jističe a do dalších s nižší hodnotou jističe). Konkrétní rozdělení však musí být provedeno s ohledem na počet OM a hodnotě rezervovaného příkonu OM pro naplnění požadovaného objemu odlehčované zátěže v jednotlivých stupních podle Tab. 16.

Je nutné však zmínit, že při implementaci nového systému by musel být změněn současný postup během frekvenčního odlehčování.

Přínosy funkce breaker/limiter

a) Přínosy z pohledu distributora

Frekvenční odlehčování s využitím funkce breaker/limiter přináší mnoho výhod. Jedna z hlavních výhod je odpojování jen spotřeby a nevypínání výroben na vývodu VN. Tyto výroby jsou nápomocné pro obnovení frekvence.

Frekvenční odlehčování je v tomto případě automatizované a selektivní. Na základě hodnoty frekvence v OM dochází automaticky k odpojení těch OM, které překračují nastavený limit okamžitého příkonu. Nejsou odpojování OM, kteří nemají vliv na stabilitu ES. Přináší tedy jednodušší a spolehlivé řešení při frekvenčním odlehčování, tzv. při selhání této funkce u několika OM nedojde k ohrožení stability ES.

Na frekvenční odlehčování lze navázat s automatickým a selektivním opětovným zapínáním OM podle nastavené hodnoty frekvence pomocí funkce breaker/limiter.

Obecně dává dispečinku PDS více možností pro omezení spotřeby v síti při předcházení stavu nouze.

Shrnutí přínosů

- Selektivní a automatické vypínání vybraných typů OM
- Odpojení jen na straně spotřeby
- Možnost využití výroben připojených na vývodech VN pro obnovení frekvence
- Odpojení jen OM přispívajících k nestabilitě ES
- Více možností omezení spotřeby v síti pro PDS při předcházení stavu nouze

b) Přínosy z pohledu odběratele

Při stavech nouze nebo předcházení stavu nouze je v současnosti odběratel odpojen od sítě bez ohledu na místně provozní podmínky. S využitím funkce breaker/limiter nebudou odpojeny od sítě OM se zanedbatelným příkonem. Tzv. nebudou vypínány OM s nízkým výkonem spotřebičů, např. OM, kde je v provozu jen lednička, mrazák, bezpečnostní systémy a hodiny. Takový systém má především přínosy pro sezónně obývané objekty nebo u domů nebo bytů, ve kterých nedochází ke spotřebě, ale vstup do nich je podmíněný elektronickým zámekem dveří.

Shrnutí přínosů

- Odpojení jen OM přesahující určitý limit okamžitého příkonu
- Možnost provozu OM se zanedbatelným příkonem

B. Měření frekvence v rozvodně

Z pohledu, že frekvence není parametrem lokálním, ale systémovým, je možné neměřit frekvenci v každém OM, ale měřit ji jen v rozvodnách. Tedy oproti variantě A nedochází v každém OM k měření frekvence smart meterem. Při předcházení stavu nouze datový koncentrátor dá skupině smart meterům pokyn ke sledování okamžitého příkonu s nastaveným limitem.

Oproti variantě A má však tato možnost nevýhodu s ohledem na selhání komunikace mezi datovým koncentrátorem a smart metery. Selhání komunikace je možné řešit zálohou pomocí frekvenčních relé, které budou nastaveny na delší vypínací čas – pokud nebude odlehčen potřebný objem zátěže, dojde k vypnutí vývodu pomocí frekvenčních relé.

Přínosy funkce breaker/limiter

a) Přínosy z pohledu distributora

Přínosy jsou stejné jako v případě varianty A. Avšak z pohledu nákladů na smart meter je měření frekvence v rozvodně ekonomicky výhodnější než v případě implementace funkce do každého smart meteru.

b) Přínosy z pohledu odběratele

Přínosy z pohledu odběratele jsou stejné jako ve variantě A.

5.8 Možnost využití pro omezení odběru

V ostatních zemích se velmi často nastavuje hodnota smluvního odběru, který odběratel nemůže překročit. Limiter může sledovat několik veličin a na základě překročení limitní hodnoty konkrétní veličiny aktivuje breaker. PDS nastavením monitorované veličiny poté omezuje odběr u zákazníka. O možnostech nastavení limiteru je více pojednáno v kapitole 2.2.

5.8.1 Současné omezení odběru

Legislativa ČR nyní neumožňuje využívat důvod překročení nasmlouvaného odběru pro odpojení OM, pouze umožňuje odpojení OM z důvodu neplacení.

V současné době každý rok přichází odběrateli vyúčtování, kde se nachází celková částka za spotřebu elektřiny a služby v daném období, souhrn zaplacených záloh a vypočítaný rozdíl mezi nimi. Odběratel má na výběr produktovou řadu. Sazby elektřiny jsou obvykle dané způsobem vytápění objektu. Je možné využívat jednotarifní nebo dvoutarifní sazby.

Podle NAP [34] není současný tarifní systém optimální a v budoucnu může být neudržitelný. Nový tarifní systém by měl být podle NAP [34] transparentní, nediskriminační a maximálně adresný. Zároveň by neměl ekonomicky zvýhodňovat subjekty na trhu a měl by motivovat k efektivnímu chování a k úsporám.

5.8.2 Využití funkce breaker/limiter při omezení odběru

Funkce breaker/limiter se využívá k nastavení smluvního odběru. Např. v Itálii PDS Enel uvádí průměrný smluvní odběr 3 kW. Lze přistoupit k omezení hodnot

- a) fázové hodnoty proudu,
- b) okamžitého příkonu,
- c) průměrné hodnoty odebíraného výkonu za periodu např. 15 minut,
- d) dodávané energie např. na měsíc.

K nastavení prahové hodnoty v limiteru lze přistupovat pomocí fixní hodnoty nebo proměnlivé hodnoty podle typu tarifu a denní doby.

A. Nastavení fixní hodnoty v limiteru

Limiter má nastavenou jednu z výše uvedených hodnot jako limit. Při jejím překročení se aktivuje breaker, který zůstane ve stavu *zapnutí povoleno*. Zákazník se opět připojí pomocí stisknutí tlačítka na smart meteru.

Avšak v případě limitu v kWh dochází k vyčerpání nasmlouvané energie a opětovné připojení nelze provést. To znamená, že před vyčerpáním limitu by měl být odběratel informován o blížícím se vyčerpání a mít možnost limit případně zvýšit. Systém s limitní hodnotou dodané energie tedy funguje podobně jako systém předplacené energie popsany v kapitole 5.4, avšak za energii se dopředu neplatí. Takové řešení je výhodné např. u sezónně obývaných objektů a napomáhá k optimalizaci rezervovaného příkonu.

Nastavení nasmlouvaného odběru otevírá pro odběratele možnost výběru z více tarifů a také možnost změny nasmlouvaného odběru dálkově podle potřeby.

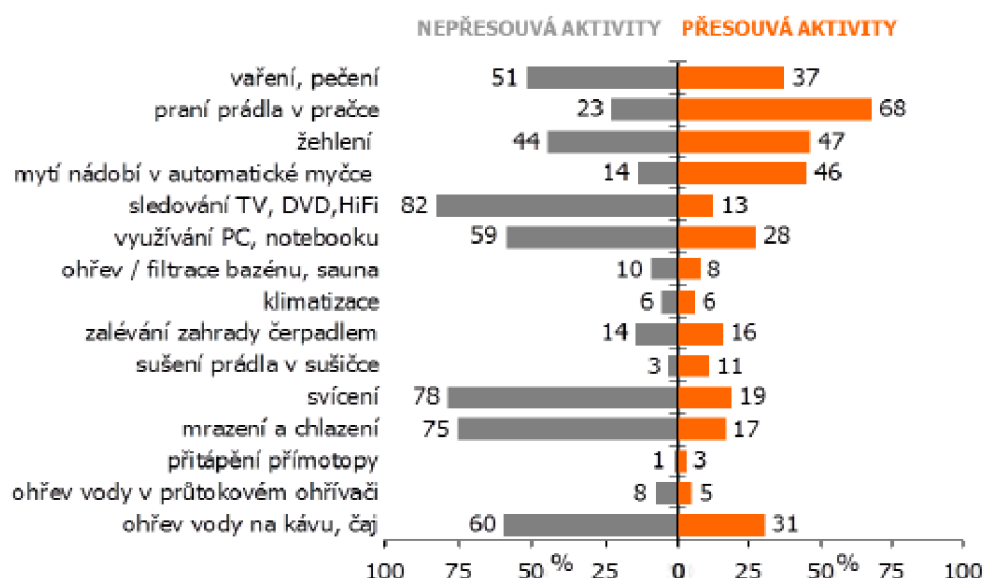
Případ změny proudové hodnoty jističe je popsán více v kapitole 5.10, kde je možné uvažovat jen snížení rezervovaného příkonu. Nastavený proudový limit v limiteru musí být vždy menší než proudová hodnota jističe.

B. Nastavení proměnlivé hodnoty v limiteru

Dále je možné uvažovat o nastavení maximálního odebraného výkonu podle typu tarifu a denní doby. Jako příklad lze uvést tarifní strukturu v Itálii, která má podle [14] následující vlastnosti

- 6 různých tarifů (s nastavitelným maximálním výkonem),
- 8 různých denních dob (00.00 ÷ 24.00),
- 8 typů dní (od pondělí do neděle a státní svátky),
- různé týdenní struktury,
- 6 různých ročních období.

V tomto případě hlavně záleží na ochotě zákazníka přistoupit k omezení spotřeby v různých časových intervalech a plánovat spotřebu dopředu. Na Obr. 14 je vidět ochota zákazníků přesouvat dílčí aktivity. Je ukázáno, že některé aktivity v domácnosti jsou odběratelé ochotni přesunout, např. praní prádla, žehlení, mytí nádobí v automatické myčce, zalévání zahrady čerpadlem a sušení prádla v sušičce.



Obr. 14: Ochota zákazníků přesouvat dílčí aktivity v domácnosti [34]

Omezení odběru podle tarifu během dne by mohly využít malé výrobní závody, u kterých se předpokládá během pracovní doby vyšší odběr než mimo pracovní dobu.

Přínosy funkce breaker/limiter

a) Přínosy z pohledu distributora

Omezení maximálního odběru OM přináší distributorovi přesnější zpracování predikce spotřeby, což napomáhá udržování trvalé rovnováhy mezi výrobou a spotřebou elektřiny.

Změna nasmlouvaného odběru je snadno proveditelná na dálku a neznamena po PDS náklady navíc.

PDS může nabídnout specifický tarif, který vyhovuje konkrétní skupině zákazníků. Výhody implementace funkce v rámci omezení odběru jsou zejména u sezónně obývaných objektů, u kterých je vhodné rovněž zavedení systému předplacené energie. Přínos má hlavně tato možnost pro novou tarifní strukturu.

Shrnutí přínosů

- Přesnější zpracování predikce spotřeby
- Změna je snadno proveditelná na dálku a neznamená pro PDS náklady navíc
- Nabídka specifického tarifu konkrétní skupině zákazníků
- Přínos pro novou tarifní strukturu

b) Přínosy z pohledu odběratele

Odběratel má možnost si nastavit podle svého přání smluvní odběr, který může případně měnit podle smlouvy s dodavatelem dálkově. Dále má možnost si vybrat tarif z více možností s ohledem na to, jaký mu nejvíce vyhovuje. Největší přínos má tato možnost pro odběratele, kteří využívají sezonně obývané objekty.

Popsaným řešením má nad svým odběrem zákazník i větší kontrolu, což vede ke snížení měsíčních nákladů na elektřinu. Předpokladem je však ochota zákazníka plánovat spotřebu dopředu.

Shrnutí přínosů

- Možnost výběru tarifu z více možností
- Větší kontrola nad odběrem ze strany zákazníka

5.9 Možnost využití při neoprávněné dodávce do ES

Tato kapitola se zabývá možností využití funkce breaker/limiter v případě neoprávněné dodávky do ES.

5.9.1 Současné podmínky dodávky do ES

V současné době na úrovni hladiny NN je možné připojovat s možností dodávky do DS mikrozdroje do 10 kW bez licence připojení a výrobní s licenci připojení. EZ [25] povoluje provozovat výrobní elektřiny s instalovaným výkonem do 10 kW pouze uzavřením smlouvy o připojení, pokud v OM není připojena jiná výrobní elektřina.

Do žádosti o připojení mikrozdroje a o připojení výrobní elektřiny k DS z napěťové hladiny NN se mimojiné vyplňují informace o požadovaném instalovaném výkonu výrobní⁴, požadovaném rezervovaném výkonu pro výrobu⁵ a štitkových údajích střídače.

Podle EZ [25] má PDS právo změnit nebo přerušit dodávku elektřiny z výroben do DS při neoprávněné dodávce podle § 52, viz kapitola 4.3. Do neoprávněné dodávky patří i zaznamenání nesprávné hodnoty dodávky v důsledku neoprávněného zásahu do elektroměru, nebo pokud byl do elektroměru proveden takový zásah, že došlo ke změně skutečných údajů o dodávce. Výrobci a zákazníci musí podle EZ [25] ihned hlásit závady na měřicích zařízeních. Výrobce nesmí připojit k DS žádná zařízení, která ovlivňují správnost měření, zvláště pak ta za účelem vlastního prospěchu.

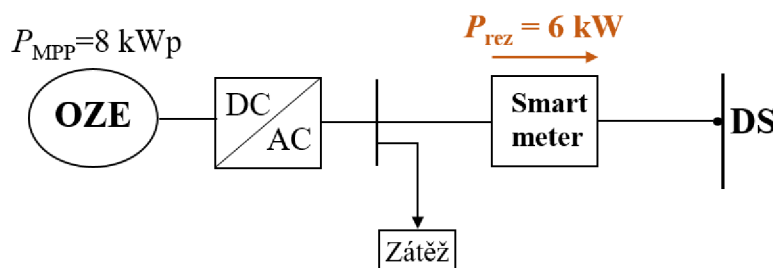
5.9.2 Využití funkce breaker/limiter při neoprávněné dodávce do sítě

Smart meter umožňuje 4Q měření odběru a dodávky činné a jalové energie. Ve smart meteru jsou dostupné registry činné a jalové energie rozdělené podle směru toku energie, fáze, tarifů.

Funkce breaker/limiter lze použít v OM s instalovaným mikrozdroidem nebo výrobní, která dodává do sítě. Situaci lze ukázat na příkladu zobrazeném na Obr. 15. Odběratel má instalovaný mikrozdroid FVE s uvedeným instalovaným výkonem ve smlouvě $P_{MPP} = 8 \text{ kW}$ a rezervovaným výkonem pro výrobu $P_{rez} = 6 \text{ kW}$. Limiter může mít nastavenou jako prahovou hodnotu rezervovaný výkon pro výrobu s ohledem na smlouvu o připojení. Limiter bude monitorovat dodávaný výkon do sítě, pokud v příslušném kvadrantu zaregistruje větší hodnotu, než je nastavený limit, generuje událost pro rozpojení breakeru, která bude poslána do centrály jako alarm včetně zaznamenaného stavu elektroměru. Dále je nutné řešit situaci přímo s odběratelem. Je možné nastavit jen zaslání upozornění při překročení limitu se zaznamenaným stavem elektroměru distributorovi a OM okamžitě neodpojovat. Nastavení závisí na rozhodnutí příslušného PDS.

⁴ Celkový součet instalovaného výkonu výrobní elektřiny

⁵ Smluvní hodnota maximálního dodávaného výkonu výrobní elektřiny do DS



Obr. 15: Dodávka do sítě z OZE s rezervovaným výkonem pro výrobu $P_{rez}=6kW$

V případě překročení se může jednat

- o neoprávněnou dodávku,
- o nepřípustnou chybu měření elektroměru vlivem jeho elektromagnetického rušení nebo poruchy, nebo
- OM neodpovídá skutečnostem uvedených ve smlouvě o připojení.

Přínosy funkce breaker/limiter

a) Přínosy funkce z pohledu distributora

V současné době není žádný mechanismus, který by včas odhalil chybu měření elektroměru nebo včas odhalil neoprávněnou dodávku. Z toho důvodu nastávají situace, kdy se v první chvíli předpokládá neoprávněná dodávka ze strany zákazníka, i když se může jednat o chybu měření zapříčiněnou např. elektromagnetickým rušením. V některých případech však dochází i k samotné neoprávněné dodávce, kdy se uživatel snaží ovlivnit správnost měření za účelem vlastního prospěchu nebo se snaží dodávat větší výkon, než má rezervovaný pro výrobu. Hlavním přínosem funkce je tedy včasné odhalení všech skutečností uvedených v bodech a), b), c). Pomocí funkce breaker/limiter dochází k předcházení neoprávněné dodávky díky okamžitému zjištění problému a záznamu stavu smart meteru. OM je tedy možné následovně hned zkontrolovat na základě alarmu v systému a určit příčinu překročení limitu. Popsaným řešením se i předchází sporům a zpětnému zjišťování hodnoty neoprávněně dodané energie.

Distributorovi funkce přináší obecně větší automatickou kontrolu nad OM s mikrozdrcem nebo s výrobnou, jelikož se měřicí zařízení obvykle nachází ve výrobním zařízení výrobce a na základě toho nemůže být pod přímou kontrolou PDS.

V budoucnu se předpokládá čím dál tím větší míra zákazníků s instalovanou výrobnou v OM. Sledování dodávky do sítě pomocí nastavené prahové hodnoty v limiteru se tedy jeví jako velmi přínosná funkce pro PDS, která je smart meterem realizovatelná.

Shrnutí přínosů

- Záznam stavu při překročení nasmlouvaného dodávaného výkonu
- Včasné odhalení neoprávněné dodávky se záznamem stavu
- Možnost okamžitého odpojení při překročení limitu
- Větší kontrola nad OM s mikrozdrcem nebo výrobnou
- Alarm při překročení limitu, při vyslání technických pracovníků na OM rychlá identifikace příčiny

b) Přínosy funkce z pohledu odběratele

Z pohledu odběratele je přínosné rychlé zjištění příčiny v případě chyby měření elektroměru, případně urychlení soudních sporů díky včasnému odhalení a záznamu stavu elektroměru.

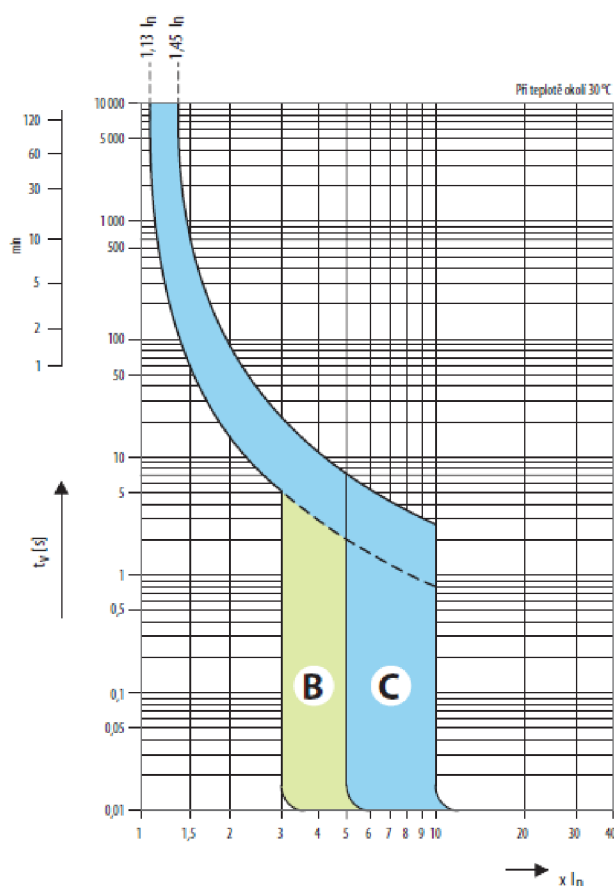
5.10 Možnost využití při změně hodnoty rezervovaného příkonu

Při požadavku odběratele na snížení hodnoty rezervovaného příkonu lze využít funkci breaker/limiter.

5.10.1 Současný postup při změně rezervovaného příkonu

Hlavní jistič před elektroměrem je jističí zařízení, které nejen chrání, ale i definuje hodnotu rezervovaného příkonu v OM. Distribuční sazba obsahuje proudovou hodnotu jističe, kterému odpovídá měsíční platba za příkon. Pro sítě na hladině NN jsou preferované proudové hodnoty hlavního jističe podle ČSN EN 60 898-1 [42] s charakteristikou typu B ve jmenovité řadě: 6, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125 A. Charakteristika C nebo D se používá pro sítě na hladině NN výjimečně po schválení příslušného distributora.

Vypínací charakteristika jističe B a C je vidět na Obr. 16. V pásmu přetížení působí tepelná spoušť jako časově závislá nadproudová ochrana. Čas vypnutí závisí na velikosti proudu I_r , čím je větší proud, tím spoušť vypíná v kratším čase. Podle ČSN EN 60898-1 [42] jistič s charakteristikou B musí vypnout 1,45násobek I_n nebo I_r do 2 hodin a nesmí vypnout 1,13násobek I_n nebo I_r do 2 hodin. Jistič s I_n menším než 63 A má smluvený čas 1 hodinu, ve které musí vypnout 1,45násobek I_n nebo I_r a nesmí vypnout 1,13násobek I_n nebo I_r . V pásmu zkratu působí zkratová spoušť jako časově nezávislá nadproudová ochrana. Působí v pevně nastaveném čase při dosažení proudu I_i . ČSN EN 60898-1 [42] určuje pro charakteristiku B proudový rozsah $I = (3 \div 5)I_n$ a čas vybavení zkratové spouště pro $3I_n$ čas $t \geq 0,1$ s a pro $5I_n$ čas $t < 0,1$ s.



Obr. 16: Vypínací charakteristika jističe [43]

V současné době, pokud zákazník chce změnit rezervovaný příkon OM, prochází obvykle následujícím postupem

1. podá žádost o snížení/zvýšení rezervovaného příkonu,
2. obdrží návrh smlouvy o připojení na základě technického posouzení,
3. podepíše smlouvu o připojení,
4. uhradí případný podíl na oprávněných nákladech dle Smlouvy o připojení,
5. zajistí revizi OM (výměnu hlavního jističe),
6. provede změnu smlouvy o sdružených službách/o distribuci a dodávce elektřiny,
7. dodavatel zaplombuje, případně vymění elektroměr.

Tímto způsobem dojde k úspěšné změně rezervovaného příkonu.

5.10.2 Využití funkce breaker/limiter při změně rezervovaného příkonu

Funkci breaker/limiter je možné použít pro vzdálené snížení rezervovaného příkonu. První popsanou možností (A) je nastavení požadované hodnoty nadproudu po určený čas. Druhou možností (B) je implementace celé vypínací charakteristiky jističe do smart meteru. Předpokládá se, že chránění OM je zajištěno původním jističem, ale odběratel platí za rezervovaný příkon podle dálkově nastavené hodnoty.

Vzhledem k funkci breaker/limiter je nutné zmínit, že není možné, aby breaker nahrazoval funkci jističe. Jistič musí být zachován pro chránění OM. Breaker nesplňuje normy jako jistič a limiter není definovaný standardem. Níže popsané řešení platí tedy jen pro snížení hodnoty rezervovaného příkonu, nikoli pro zvýšení. Pro zvýšení rezervovaného příkonu je nutná přítomnost technického pracovníka na OM.

A. Nastavení jednoho bodu pro vypnutí

Jako příklad lze použít OM, které je osazeno jističem 3x32 A. Odběratel zažádá o snížení rezervovaného příkonu na 3x25 A v daném OM. Pomocí funkce limiteru tato změna proběhne dálkově.

Limiter se chová jako časově nezávislá nadproudová ochrana. Má nastavenou jednu popudovou hodnotu, kterou sleduje a pokud dojde k jejímu překročení po určitou stanovenou dobu, dává pokyn breakeru k rozpojení. Více o možnostech nastavení limiteru je pojednáno v kapitole 2.2. Vzhledem k dálkové změně hodnoty není nutná fyzická výměna jističe.

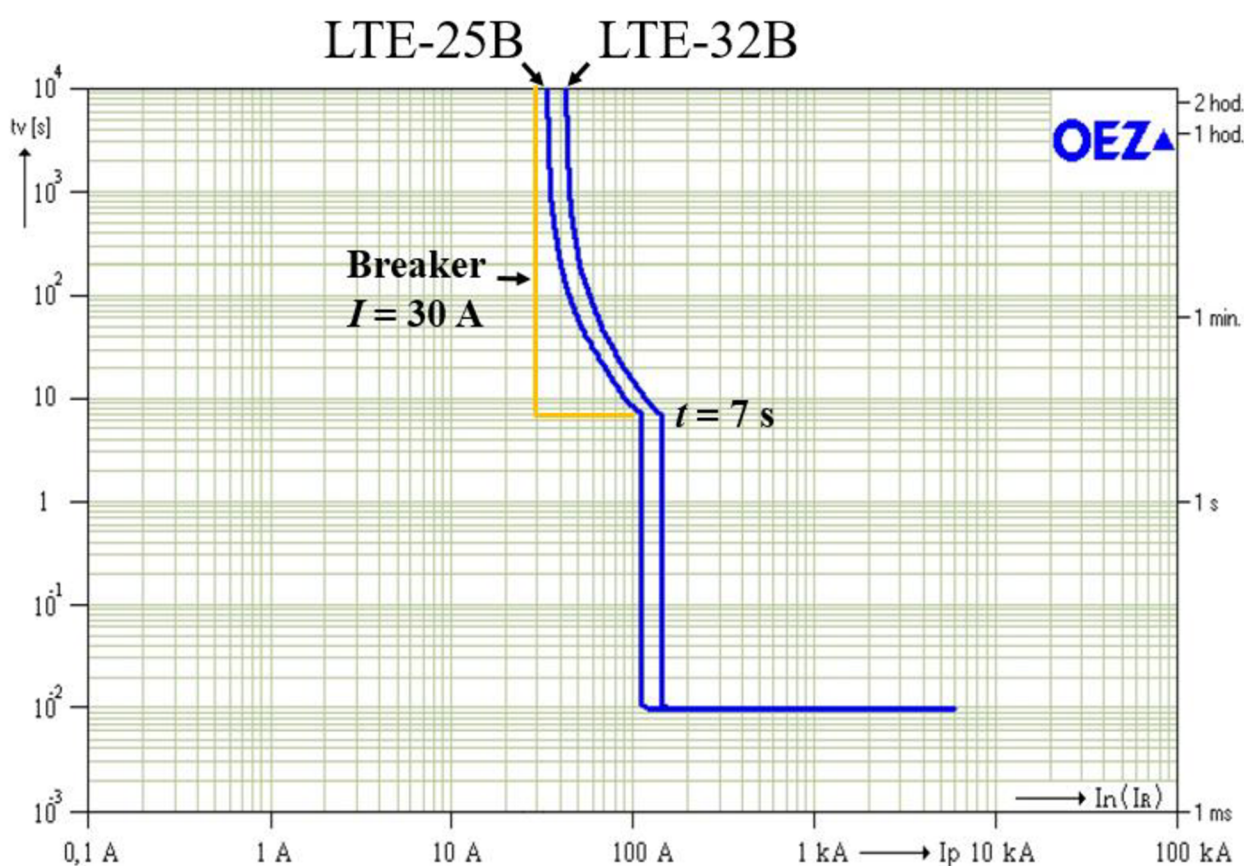
Je potřebné vhodně zvolit popudovou hodnotu proudu a dobu překročení (dobu, po kterou musí být popudová hodnota překročena) z důvodu rozdílné vypínací charakteristiky funkce breaker/limiter a jističe.

V příkladu se předpokládá breaker s maximálním spínacím proudem 100 A podle Tab. 6. – breaker vypíná proudy do 100 A. Nastavení popudové hodnoty v pásmu přetížení je možné zvolit podle ČSN EN 60898-1 [42] pro jističe domovních a podobných instalací v rozmezí $1,13I_n < I \leq 1,45I_n$. V případě změny jističe z 3x32 A na 3x25 A, lze tedy zvolit popudovou hodnotu např. na $1,20 I_n$, tzv. na $I = 30 \text{ A}$ a dobu překročení $t = 7 \text{ s}$ bez zpoždění (přechod charakteristiky z pásma přetížení do pásma zkratu) jak je vidět na Obr. 17. Nastavení proudové hodnoty na $1,20I_n$ vede ke splnění podmínky vybavení při $1,45I_n$ a nevybavení při $1,13I_n$ do 1 hodiny, avšak po 1 hodině nedojde k vypnutí $1,13I_n$, ale umožňuje trvalý provoz zařízení, který pracuje s tímto přetížením.

Oblast charakteristiky tepelné spouště jističe je časově závislá nadproudová ochrana, v případě využití limiteru je nahrazena časově nezávislou nadproudovou ochranou, která vybaví při přetížení v čase $t = 7$ s, tedy rychleji než jistič. Vybavení v delším čase je také možné nastavit, tzv. část vypínání při přetížení by přebrala tepelná spoušť jističe 3x32 A. Nastavení prahové hodnoty na $1,20I_n$ neumožňuje odběrateli krátkodobě pracovat se zařízením, které vyžaduje např. $1,3I_n$. V této oblasti limiter reaguje na přetížení v nastaveném čase a rychleji než jistič.

Na Obr. 17 je vidět, že vypínání v pásmu zkratu zajišťuje jistič 3x32 A, což ale umožňuje odběrateli odebírat krátkodobě nadproudy podle této hodnoty jističe 3x32 A, i když platí za rezervovaný příkon 3x25 A.

Jak již bylo zmíněno výše OM je chráněno původním jističem – v tomto příkladu jističem 3x32 A s platnou revizí (nedochází ke změně elektroinstalace). Funkce breaker/limiter slouží jen pro snížení rezervovaného příkonu.



Obr. 17 Vypínací charakteristika B 25 A, 32 A a vypínací charakteristika limiteru 30 A

Dále je potřebné zmínit, že breaker musí být nastavený s ohledem na maximální spínací proud 100 A, hodnoty vyšší jak 100 A musí být vypnuty jističem. Pokud elektroměr nemá vnitřní ochranu, která zamezí vypínání proudu většího, než je jmenovitá schopnost, je nutné zamezit vypínání časovým zpožděním, aby vypnutí breakerem proběhlo později než jističem.

Příklad rozběhu motoru

V tomto příkladu se uvažuje rozběh trojfázového asynchronního motoru s kotvou nakrátko 1LA7 096-2AA od společnosti Siemens. Motor má parametry uvedené v Tab. 19. [44]

Tab. 19: Parametry asynchronního motoru nakrátko

Jmenovitý výkon [kW]	2,2
Jmenovitý proud při 400 V I_n [A]	4,55
Poměrný záběrný proud I_k/I_n [-]	6,3

Záběrný proud je podle hodnot z Tab. 19

$$I_k = I_n \cdot 6,3 = 28,665 \text{ A}, \quad (7)$$

Rozběhnutí daného motoru napřímo bude zabezpečeno i pro výše popsany příklad nastavení limiteru na popudovou hodnotu $I = 30 \text{ A}$ po dobu $t = 7 \text{ s}$ bez zpoždění.

Lze předpokládat, že pokud je v OM požadováno snížení rezervovaného příkonu, tak OM nebude vybaveno významnou motorovou zátěží.

B. Nastavení celé charakteristiky

V případě zavedení vypínací charakteristiky jističe odvozené od charakteristiky zobrazené na Obr. 16 do smart meteru, limiter simuluje přímo vypínací charakteristiku jističe podle požadované hodnoty. Takové řešení však v současné době není zavedeno do smart meteru a lze předpokládat, že tato varianta bude představovat vyšší cenu za smart meter.

Přínosy funkce breaker/limiter**a) Přínosy z pohledu distributora**

Pro distributora dálková změna rezervovaného příkonu představuje opět menší počet výjezdů na OM a ušetření značných nákladů v oblasti výjezdů. Dále se sníží PDS náklady spojené s administrativními úkony. Možnost má také přínos pro novou tarifní strukturu.

b) Přínosy z pohledu odběratele

Odběratel ušetří na nákladech spojených s fyzickou výměnou hlavního jističe, tzv. náklady na práci, materiál a náklady na revizní zprávu. Celý proces změny rezervovaného příkonu se díky absenci fyzické výměny urychlí. Avšak v případě nastavení jedné popudové hodnoty proudu je nutné brát v úvahu, že nebude možné využívat oblast přetížení déle, než je nastavená doba překročení.

Naopak výhodou pro odběratele je možnost využívat rozběhové proudy ve zkratové oblasti instalovaného jističe i přes platbu za nižší rezervovaný příkon.

5.11 Možnost využití při ohlašování OM, která ohrožují zdraví nebo majetek osob

Funkci breaker/limiter lze využít pro upozornění na stav OM, které ohrožují zdraví nebo majetek osob.

5.11.1 Současný postup při ohlašování OM, která ohrožují zdraví nebo majetek osob

Poruchy, které ohrožují život nebo zdraví musí zákazník hlásit neprodleně PDS. Podle EZ [25] má PDS právo na přerušení nebo omezení dodávky elektřiny při odběru elektřiny zařízeními, která ohrožují život, zdraví nebo majetek osob.

5.11.2 Využití funkce breaker/limiter při ohlašování OM, která ohrožují zdraví nebo majetek osob

Možností, jak ověřit špatný stav OM, které ohrožují zdraví nebo majetek osob, je např. sledovat četnost vypnutí hlavního jističe a upozornit tak na špatnou elektroinstalaci v OM. Pomocí limiteru se nastaví prahová hodnota proudu a zaznamená se počet překročení této hodnoty. Za limitní hodnotu proudu lze zvolit hodnotu $I_{lim} = 3 \cdot I_n$ s definovaným časem vybavení $t \geq 0,1$ s podle normy ČSN EN 60 898-1 [42]. Pokud dojde k překročení daného počtu četnosti vypnutí hlavního jističe, bude upozorněn distributor i odběratel na podezření, že stav OM nevyhovuje technickým podmínkám a může ohrozit zdraví nebo majetek osob. Před odpojením OM distributor vyšle pracovníka na OM pro zkontrolování stavu. V případě, že stav OM bude života ohrožující, OM odpojí. Pokud je možné stav OM zlepšit, ale není to v zájmu odběratele, přistoupí PDS k funkci breaker/limiter. Bude sledovat četnost poruch v OM pomocí nastavené prahové hodnoty v limiteru a při překročení dané hodnoty četnosti bude odběratel odpojen dálkově od sítě.

Přínosy funkce breaker/limiter

a) *Přínosy z pohledu distributora*

Monitorování špatného stavu OM má výhodu s ohledem na dodržování kvality napětí v okolí OM. Z důvodu častých zkratů v OM dochází k poklesům napětí v síti, které jsou nežádoucí.

b) *Přínosy z pohledu odběratele*

Přínos z pohledu odběratele je zřejmý již z názvu – monitorování špatného stavu OM zamezí případnému ohrožení zdraví nebo majetku osob, které si neuvědomují možná rizika související s provozem daného OM.

6 SOUČASNÉ ZHODNOCENÍ MOŽNOSTÍ VYUŽITÍ FUNKCE BREAKER/LIMITER

Cílem této kapitoly je zhodnotit možnosti využití funkce breaker/limiter v současné době v ČR, a to z hlediska jejích výhod, nevýhod, limitujících faktorů a legislativy. Kapitola vychází z informací uvedených ve zdroji [34].

Na začátek je vhodné zmínit dokument Národní akční plán (NAP) pro Smart Grids [34], který zpracovalo MPO v roce 2015. Tento dokument poskytuje analýzu zavedení smart grids v ČR. Jeho hlavním cílem je zajištění, aby ES ČR byla připravena na nové trendy v elektroenergetice, a připravuje strategii s ohledem na nárůst integrace tzv. intermitentních zdrojů. Dokument je vypracován až do roku 2040.

Pro zavedení smart meteringu je nutné jednak, aby řešení bylo ekonomicky přijatelné a aby byly stanoveny standardy v oblasti komunikace (zajistit interoperabilitu smart meterů) a vyřešeny nutné změny v oblasti legislativy.

V období do roku 2019 bude instalace smart meterů probíhat v pilotních projektech. Dále se do konce roku 2019 neočekává, že se HDO nahradí jinou funkcí pro spínání tarifů. Využití HDO se dá předpokládat při mimořádných stavech v ES ČR.

Na konci období od roku 2025 do 2029 lze předpokládat ukončení plošné implementace AMM⁶.

V období od roku 2030 až 2040 se očekává nahrazení HDO jinou technologií pro spínání spotřebičů. V tomto období dále bude ukončena automatizace sítí na hladině NN.

V rámci NAP [34] byly stanovené různé skupiny opatření, s ohledem na uvedené možnosti využití funkce breaker/limiter lze uvést

- analýza možnosti osazení elektroměru funkcí breaker/limiter pro řešení mimořádných situací v ES ČR a v souvislosti s problematikou energetické chudoby,
- analýza měření napětí elektroměrem, zpětná vazba na řízení OM a měření frekvence,
- analýza negativních dopadů nesymetrie spotřeby třífázových odběrů v sítích NN na provoz DS.

⁶ Obousměrná komunikace s funkcemi např. řízení tarifu, připojení a odpojení odběrného místa

6.1 Zhodnocení implementace funkce breaker/limiter z pohledu využitelnosti a legislativy v ČR

V současné době zavedení funkce breaker/limiter v rámci nasazování smart meterů limituje zejména spolehlivost komunikace. Řada vnějších vlivů působí na stabilitu PLC komunikace. S ohledem na komunikaci je plánované odečítat naměřené hodnoty zpětně. Pro plošné zavedení smart meterů je nezbytné vyžadovat po výrobcích komunikačních jednotek, aby byly dodrženy používané komunikační standardy veškerých zařízení komunikační infrastruktury. Každá navržená možnost využití funkce breaker/limiter předpokládá spolehlivou komunikaci.

Dalším limitujícím faktorem je umístění elektroměrů za krycím plechem. Takové umístění elektroměrů v ČR je časté a zamezuje opětovnému připojení OM manuálně stisknutím tlačítka na smart meteru. Při umístění elektroměru za krycím plechem je tedy nutné najít řešení, které umožňuje připojení OM fyzicky odběratelem.

V této práci se očekává znovu připojení ze stavu *odpojeno* vždy s autorizací odběratele a upozornění odběratele na možnost připojení OM od distributora. Toto upozornění lze automaticky zaslat SMS zprávou, aby nebylo nutné se při každém opětovném připojení domlouvat telefonním hovorem se zákazníkem.

Obecně za největší přínos pro PDS v popsáných možnostech se považuje snížení počtu výjezdů na OM a ušetření tak značných nákladů v této oblasti. Avšak OM bude nutné i nadále náhodně fyzicky kontrolovat pro potvrzení, že je OM v souladu s technickými podmínkami a nedochází k neoprávněnému odběru – zvláště u dálkově odpojených neplaticích zákazníků.

Je nutné navržené možnosti dále analyzovat a stanovit jejich ekonomický přínos oproti stávajícímu systému.

V Tab. 20 jsou analyzovány jednotlivé navržené možnosti využití funkce breaker/limiter z hlediska využitelnosti v ČR. Možnosti jsou hodnoceny od 1 (nejpřínosnější) do 5 (nejméně přínosné) na základě výše popsáných informací. Zavedení jednotlivých možností využití je podmíněno ekonomickým zhodnocením.

Tab. 20 Zhodnocení implementace funkce breaker/limiter z pohledu využitelnosti a legislativy v ČR

Možnost využití	Zhodnocení využití v ČR	Odůvodnění	Přerušení dodávky dle EZ
Možnost využití při ukončení smlouvy s dodavatelem	1	Využití při změně dodavatele elektřiny.	ANO
Možnost využití při znemožnění přístupu k elektroměru	1	Omezení kontaktu pracovníka PDS s konfliktními zákazníky.	ANO
Možnost využití funkce breaker pro dálkové odpojení neplacících zákazníků	1	Snížení nákladů za výjezdy pracovníků PDS.	ANO
Možnost využití funkce breaker/limiter pro omezení okamžitého příkonu/energie a následovné odpojení při neplacení	3	Snížení nákladů za výjezdy pracovníků PDS. Podpora zranitelných zákazníků. Úpravy v legislativě.	NE
Možnost využití v systému předplacené energie	3	Výhodné pro sezónně obývané objekty a pronajímané nemovitosti. Úpravy v legislativě.	NE
Možnost využití při neoprávněném odběru z důvodu ovlivnění elektroměru	2	Napadení elektroměru => alarm dispečinku. Snížení počtu neoprávněných odběrů.	ANO
Možnost využití při odběru elektřiny zařízeními, která ovlivňují kvalitu elektřiny v neprospěch ostatních	4 Nutná další analýza	Zavedení odpovědnosti zákazníka za zhoršení parametrů kvality napětí.	ANO
Možnost využití při frekvenčním odlehčování	3 Nutná další analýza	Odlehčování na straně spotřeby, avšak nutná změna postupu během frekvenčního odlehčování.	ANO
Možnost využití pro omezení odběru	3	Zavedení nových tarifů. Limitovaná ochotou zákazníka dodržovat nastavený limit a legislativou.	NE
Možnost využití při neoprávněné dodávce do ES	1	Omezení neoprávněné dodávky do sítě.	ANO
Možnost využití při změně hodnoty rezervovaného příkonu	3	Snížení nákladů za výjezdy pracovníků PDS a nákladů OM za fyzickou výměnu jističe. Úpravy v legislativě.	NE
Možnost využití při ohlašování OM, která ohrožují zdraví nebo majetek osob	5	Nízký počet OM ohrožující zdraví v ČR	ANO

6.1.1 Dopady na legislativu a analýza nutných úprav legislativy při použití funkce breaker/limiter

Na vývoj smart meteringu v ČR bude mít hlavně v budoucnosti vliv nařízení z EU. Pro implementaci smart meteringu v ČR bude nutné provést legislativní úpravy, při kterých je vhodné přihlížet do budoucna k funkci breaker/limiter. Podle NAP [34] se plánují provést do roku 2019 legislativní úpravy do EZ v souvislosti s přípravou nového tarifního systému a s umožněním instalace nadstandardního měřidla na žádost zákazníka.

S ohledem na implementaci funkce breaker/limiter má PDS právo podle současné legislativy přerušit nebo omezit dodávku zákazníkům v případech popsanych v kapitole 4. V případě možnosti omezení odběru (popsaná v kapitole 5.8) a možnosti využití funkce breaker/limiter pro omezení okamžitého příkonu/energie a následovné odpojení při neplacení (popsaná v kapitole 5.3), legislativa ČR nyní neumožňuje využívat důvod překročení odběru pro odpojení OM. Tato možnost není v EZ definovaná jako důvod PDS k přerušení dodávky.

Možnost využití při změně hodnoty rezervovaného příkonu, popsaná v kapitole 5.10, představuje novou funkci limiteru, která není nijak implementovaná do legislativy. Při zavedení této možnosti se musí řešit legislativní úpravy.

S ohledem na možnost využití v systému předplacené energie (popsaná v kapitole 5.4) je nutné zmínit, že v ČR v současné době není stanovena metodika, jak přistoupit ke stálým platbám. V podmínkách ČR zatím nelze využít systém předplacené energie, při implementaci systému jsou nutné legislativní změny.

V současné době pojem breaker/limiter není nijak implementovaný do legislativy ČR. Z tohoto důvodu při zavedení této funkce nelze jen analyzovat EZ, ale je nutné upravit další právní předpisy a normy v elektroenergetice a postupy jednotlivých PDS. Dále jsou nutné úpravy v interních postupech daného PDS a ve smlouvě o připojení OM. Legislativa s ohledem na zavedení funkce breaker/limiter se musí tedy dále analyzovat.

V rámci popsanych možností lze navrhnout změny v následujících dokumentech

- Vyhláška č. 82/2011 Sb. o měření elektřiny a o způsobu stanovení náhrady škody při neoprávněném odběru, neoprávněné dodávce, neoprávněném přenosu nebo neoprávněné distribuci elektřiny,
- Vyhláška č. 16/2016 Sb. o podmínkách připojení k elektrizační soustavě,
- Vyhláška č. 408/2015 Sb. o Pravidlech trhu s elektřinou,
- Vyhláška č. 540/2005 Sb. o kvalitě dodávek elektřiny a souvisejících služeb v elektroenergetice,
- Vyhláška č. 80/2010 Sb. o stavu nouze v elektroenergetice a o obsahových náležitostech havarijního plánu,
- Vyhláška č. 79/2010 Sb. o dispečerském řízení elektrizační soustavy a o předávání údajů pro dispečerské řízení,
- Pravidla provozování distribučních soustav,
- Kodex přenosové soustavy.

7 ZÁVĚR

V diplomové práci je zpracovaná studie dálkového omezování a odpojování odběrných míst distribučních společností pomocí funkce breaker/limiter. Vzhledem k předpokládané implementaci AMM v ČR v budoucnu obsahuje tato práce ucelený popis funkce breaker/limiter s navrženými možnostmi využití v ČR. Popis jednotlivých možností s využitím funkce breaker/limiter představuje modelové situace použití a stanovuje reálné přínosy využití funkce jak pro distributora, tak pro odběratele.

7.1 Shrnutí práce

Práce je rozdělena do šesti kapitol. První kapitola se zabývá současným využitím funkce breaker/limiter v ČR, v ostatních zemích a definuje architekturu systému smart meteringu. V této kapitole jsou popsány důvody pro zavedení smart meteringu v členských státech EU. Dále jsou v kapitole uvedeny pilotní projekty zavádění smart meterů, na základě, kterých je zpracována analýza použití funkce breaker/limiter v jednotlivých zemích. Z analýzy vyplývá, že v rámci rozsáhlé instalace smart meterů v odběrných místech se ve většině případů zavádí funkce breaker/limiter jako součást smart meteru.

Druhá kapitola se zaměřuje na technické řešení breaker/limiter. Nejprve popisuje možnosti zapojení breakeru, dále možnosti nastavení limiteru – veličiny používané k aktivaci breakeru. Posledním bodem druhé kapitoly je způsob připojení/odpojení odběrného místa a konkrétní možnosti ovládání breakeru s názorným příkladem modelové situace.

Třetí kapitola seznamuje se způsoby aktivace breakeru zákazníkem a také popisuje problematiku umístění elektroměru v ČR. Jsou uvedeny dva způsoby aktivace opětovného připojení odběrného místa. Prvním způsobem je aktivace pomocí tlačítka na smart meteru a druhým způsobem je Opening reclosing system patentovaný firmou Circutor.

Čtvrtá kapitola definuje, v jakých případech je v současné době možné omezit a přerušit dodávku elektřiny v ČR. Dále se zaměřuje na průběh přerušování dodávky elektřiny při stavu nouze a předcházení stavu nouze. Definuje neoprávněný odběr a dodávku. Popisuje charakteristiky dodávky elektrické energie NN.

V páté kapitole je rozpracovaná detailní analýza použití funkce breaker/limiter a jsou popsány konkrétní možnosti využití této funkce v podmínkách ČR. Možnosti jsou navrženy s ohledem na používání funkce v ostatních zemích a na možnosti omezení nebo přerušování dodávky elektřiny PDS podle EZ. Každá možnost využití je zpracována s ohledem na potenciální využití funkce breaker/limiter a analyzuje možnost využití při implementaci funkce breaker nebo funkce breaker/limiter s definovanými přínosy pro distributora a pro odběratele. Popsané možnosti mají charakter návrhu, každý PDS může k implementaci přistupovat jinak a nastavit parametry podle potřeby.

Šestá kapitola zhodnocuje jednotlivé navržené možnosti využití v současné době z hlediska využitelnosti v ČR a z hlediska platné legislativy. Navrhované možnosti jsou především aplikovatelné v budoucnu po plošném zavedení smart meterů v ČR. Funkci breaker/limiter je potřeba dále analyzovat během testování, i pro účely zavedení této funkce do legislativy.

Výsledkem práce je celkový souhrn informací ohledně funkce breaker/limiter, která je jednou z nových vlastností v rámci zavádění smart meteringu. Implementace funkce a využití možností, které jsou popsány v diplomové práci, je závislé na rozhodnutí jednotlivých PDS.

7.2 Návrh dalšího postupu

Při řešení legislativních změn v rámci zavádění AMM v ČR navrhuji plánovat současně i změny v rámci nasazení funkce breaker/limiter. Na základě popsané analýzy doporučuji instalovat smart metery s funkcí breaker/limiter. Tato funkce využívá dálkově nebo lokálně ovládaného odpínače OM - breaker a pro automatické odpojování OM slouží limiter, který představuje softwarově nastavitelný omezovač proudu/výkonu/energie integrovaný v smart meteru.

Funkce breaker/limiter lze využít při možnostech:

1. Možnost při neoprávněné dodávce do ES

V současné době není žádný mechanismus, který by včas odhalil chybu měření elektroměru nebo včas odhalil neoprávněnou dodávku do sítě. Z důvodu nárůstu počtu instalovaných výroben v OM je nutné uvažovat o mechanismu kontroly, jednou z možností je zavedení této funkce.

2. Možnost při změně hodnoty rezervovaného příkonu

Tato možnost přináší snížení nákladů na výjezdy techniků PDS a nákladů OM za fyzickou výměnu jističe. Avšak v případě nastavení jedné popudové hodnoty proudu je nutné brát v úvahu, že nebude možné využívat oblast přetížení déle, než je nastavená doba překročení. Dále je tato možnost limitována nutnými úpravami v právních předpisech.

3. Možnost při frekvenčním odlehčování

Zejména s ohledem na využití výroben připojených na VN vývody, které jsou nápomocné pro obnovení frekvence, je tato možnost využití přínosná. Avšak implementace této možnosti v ČR vyžaduje značné legislativní úpravy a další analýzu. Dále je nutná změna procesu automatizace odlehčování z důvodu nutnosti potvrzení obsluhy při začátku odlehčování. V rámci funkcí smart meteru je nutné při této možnosti využít implementovat monitorování frekvence limitem v každém OM nebo zabezpečit spolehlivou, rychlou a bezpečnou komunikaci, z čehož plynou i vyšší náklady na smart metery.

4. Možnost při omezení odběru

Tato možnost je především limitovaná ochotou zákazníka dodržovat nastavený limit a legislativou z důvodu absence odpojení v EZ při překročení nastaveného limitu. Výhody implementace funkce v rámci omezení odběru však v současné době sledávám zejména u sezónně obývaných objektů, u kterých je vhodné rovněž zavedení systému předplacené energie.

5. Možnost při odběru elektřiny zařízeními, která ovlivňují kvalitu elektřiny v neprospěch ostatních,

Lze předpokládat, že bude docházet k pravidelnému monitorování kvality dodávané elektrické energie na hladině NN. Využití funkce breaker/limiter při této možnosti je však nutné dále analyzovat a zvolit vhodný přístup k této problematice z důvodu zavedení odpovědnosti zákazníka za zhoršení parametrů kvality napětí.

6. Možnost při ohlašování OM, která ohrožují zdraví nebo majetek osob.

Tuto možnost považuji za nejméně přínosnou z důvodu nízkého počtu OM ohrožující život.

7. Možnost využití funkce breaker/limiter pro omezení okamžitého příkonu/energie a následovné odpojení při neplacení

Možnost je přínosná s ohledem na snížení nákladů na výjezdy techniků na OM. Dále se tato možnost jeví jako případné řešení v rámci podpory zranitelných zákazníků. Tato možnost je ovšem limitována především legislativou z důvodu absence možnosti odpojení zákazníka při překročení nastaveného limitu v EZ.

8. Možnost využití v systému předplacené energie

Tento systém je hlavně přínosný pro sezonně obývané objekty a pro pronajímatele nemovitostí. Avšak v ČR v současné době není stanovena metodika, jak přistoupit ke stálým platbám. V podmínkách v ČR zatím nelze využít systém předplacené energie, při implementaci systému jsou nutné legislativní změny.

Funkci breaker lze využít při možnostech:

1. Možnost využití při ukončení smlouvy s dodavatelem

Tato možnost má největší potenciál využití při změně dodavatele elektřiny a je možné ji v současné době implementovat.

2. Možnost využití při znemožnění přístupu k elektroměru

Možnost má velký potenciál využití pro omezení kontaktu pracovníka PDS s konfliktními zákazníky a při zamezení PDS kontroly, údržby, výměny nebo odebrání měřicího zařízení v OM.

3. Možnost využití při neoprávněném odběru z důvodu neplacení zákazníka

S ohledem na snížení počtu výjezdů na OM a na zavedení možnosti dálkového odpojení neplaticích zákazníků je tato možnost velmi přínosná a v současné době realizovatelná s ohledem na EZ.

4. Možnost využití při neoprávněném odběru z důvodu ovlivnění elektroměru

Na základě počtu neoprávněných odběrů lze tuto možnost spatřovat jako přínosnou. Při napadení elektroměru je velkou výhodou záznam stavu elektroměru, avšak před odpojením OM je nutné provést jeho kontrolu a zaručit odpojení jen v případě napadení elektroměru. Pro spolehlivé rozpoznání ovlivnění elektroměru elektromagnetickým rušením, je nutné implementovat další funkce, z čehož plynou vícenáklady pro zavedení této možnosti.

V rámci elektroměrů za krycím plechem, které představují jeden z limitujících faktorů používání funkce breaker/limiter nedoporučují OM zapínat napřímo dálkově z hlediska bezpečnosti. V případě nutnosti použití dálkového zapojení je vhodné tuto možnost dále analyzovat. Nejpriznivější variantou je zapnutí dálkově z dispečinku do stavu *zapnutí povoleno* a autorizace odběratele stisknutím tlačítka do stavu *zapnuto*. U elektroměrů za krycím plechem je však aktivace tlačítkem problematická. Možným řešením je Opening reclosing system od společnosti Circutor (kapitola 3.2) nebo použití externího tlačítka pro ovládání breakeru.

U každé možnosti musí být vyřešeny limitující faktory popsané v kapitole 6.1 – zejména spolehlivost komunikace a nutné úpravy právních předpisů. Zavedení jednotlivých možností využití je podmíněno ekonomickým zhodnocením.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] *International Electrotechnical Vocabulary: The World's Online Electrotechnical Vocabulary* [online]. [cit. 2017-01-19].
Dostupné z: <http://www.electropedia.org/>
- [2] Inteligentní měření. *Skupina ČEZ* [online]. [cit. 2017-01-19].
Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/vyzkum-a-vzdelavani/vyzkum-a-vyvoj/subjekty-v-oblasti-vyzkumu-a-vyvoje/eu-verejne-zdroje-financovani/smart-grids/info-k-pilotnimu-projektu-inteligentniho-mereni.html>
- [3] 100 A Three Phase Latching Relay. *Made-in-China.com* [online]. [cit. 2017-02-17].
Dostupné z: <http://chuangyin.en.made-in-china.com/product/tKsQPoerfyWv/China-100A-Three-Phase-Latching-Relay.html>
- [4] *Sdělení Komise Evropskému parlamentu, radě, Evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a výboru regionů: Inteligentní sítě: od inovací k zavádění*. Brusel, 2011, 52011DC0202.
- [5] *Směrnice Evropského parlamentu a rady 2009/72/ES o společných pravidlech pro vnitřní trh s elektřinou a o zrušení směrnice 2003/54/ES*. Úřední věstník Evropské unie, 2009.
- [6] SEGOVIA, Rogelio a Manuel SÁNCHEZ. *A joint contribution of DG ENER and DG INFSO towards the Digital Agenda, Action 73: Set of common functional requirements of the SMART METER*. 2011.
- [7] *Srovnání zavádění inteligentního měření v zemích EU-27 s důrazem na elektřinu*. Brusel, 2014.
- [8] *Ekonomické posouzení přínosů a nákladů při zavedení inteligentních měřicích systémů v elektroenergetice*. Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2012.
- [9] TLUSTÝ, Josef. *Návrh a rozvoj elektroenergetických sítí*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04939-6
- [10] MACENAUER, Michal a Jiří PTÁČEK. *Potenciál říditelné spotřeby v ČR: možnosti uplatnění smart technologií*. EGÚ Brno, a. s., 2012.
- [11] Smart Metering deployment in the European Union. *JOHN RESEARCH CENTRE: Smart electricity systems and Interoperability* [online]. [cit. 2017-01-19].
Dostupné z: <http://ses.jrc.ec.europa.eu/smart-metering-deployment-european-union>
- [12] BUONDONNO, Antonello. Enel Roadmap toward Excellence in Grid Management: Trends in Power Industry in the European Context VIII. *Skupina ČEZ* [online]. Spindleruv Mlyn, 2013 [cit. 2017-01-19].
Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/o-spolecnosti/dcerine-spolecnosti/cez-mereni/konference_2013/14_enel_buondonno_en.pptx
- [13] URIBE-PÉREZ, Noelia, Luis HERNÁNDEZ, David DE LA VEGA a Itziar ANGULO. State of the Art and Trends Review of Smart Metering in Electricity Grids. *Applied Sciences* [online]. Spain, 2016 [cit. 2017-01-19].
Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2076-3417/6/3/68/htm>

- [14] URBAN, Renato, Giuseppe MAURI, Wolfgang WASSERBURGER a Adela MARCOCI. ANALYSIS OF SMART-METERING PROJECTS: D 2.1. *METER-ON* [online]. 2014 [cit. 2017-01-19].
Dostupné z: http://www.meter-on.eu/file/2013/11/MeterON_Deliverable_D2.1_Final%20version%2001162014.pdf
- [15] URBAN, Renato, Giuseppe MAURI, Wolfgang WASSERBURGER, Adela MARCOCI, Giacomo DI FOGGIA, Guido MICHELI, Enrico CAGNO a Marco BARON. ANALYSIS OF SMART-METERING PROJECTS (UPDATE): D 2.3. *METER-ON* [online]. 2014 [cit. 2017-01-19].
Dostupné z: http://www.meter-on.eu/file/2014/08/Meter-ON_Deliverable_D2.3_Analysis%20of%20smart%20metering%20projects%20Update%20n.2_Version%201.1_20140813.pdf
- [16] COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT: *Country fiches for electricity smart metering*. Brusel, 2014.
Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014SC0188&from=EN>
- [17] ARAFAT, Yasir. *On possibilities of smart meters switching at low voltage level for emergency grid management*. Gothenburg, Sweden, 2015. THESIS FOR THE DEGREE OF LICENTIATE OF ENGINEERING. Chalmers University of Technology.
- [18] Advanced Metering Infrastructure Cost Benefit Analysis. *Smart meters: State Government of Victoria* [online]. 2011 [cit. 2017-01-19].
Dostupné z: <http://www.smartmeters.vic.gov.au/about-smart-meters/reports-and-consultations/advanced-metering-infrastructure-cost-benefit-analysis>
- [19] *Požadavky na umístění, provedení a zapojení měřících souprav u zákazníků a malých výroben s připojovaným výkonem do 250 kW připojených k elektrické síti nízkého napětí*. 2013.
- [20] ZPA Smart Energy, *TECHNICKÝ A SERVISNÍ MANUÁL AM160, AM360, AM360.I*. ZPA Smart Energy a.s., 2015.
- [21] CHIU, Yan, Kevin XU a Cindy ZHU. *Smart Grid Connect: User guide V2.0.16*. 2.0.16. Corinex.
- [22] COMELLAS FUSTE, Ramón. *Current-limiting device with automatic resetting*. ES2063699
- [23] AM360 - poly phase smart electricity meter. *ZPA Smart Energy* [online]. [cit. 2017-01-19].
Dostupné z: <http://www.zpa.cz/en/products-solutions/Smart%20Meters:c4/am-360:p13.htm>
- [24] Conventional & Smart Metering. *Levubu Prepayment Solutions and Consulting* [online]. [cit. 2017-01-19].
Dostupné z: <http://www.lpsc.co.za/products.php?category=CONVSMART>
- [25] *Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon)*. 2000.
Dostupné z: <https://www.eru.cz/documents/10540/463082/Energetick%C3%BD%20z%C3%A1kon/5f823e96-cc2b-42d6-bca3-6c32f50c888f>

- [26] *Pravidla provozování distribučních soustav*. 2016
Dostupné z: http://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/energeticka-legislativa/ppds/2016/ppds_2016.pdf
- [27] *Vyhláška č. 80/2010 Sb., o stavu nouze v elektroenergetice a o obsahových náležitostech havarijního plánu*. 2010.
Dostupné z: <https://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?page=0&idBiblio=70720&nr=80~2F2010&rpp=15#local-content>
- [28] ČSN EN 50160. *Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné distribuční sítě*.
- [29] PNE 33 3430-3. *Parametry kvality elektrické energie – Část 3: Nesymetrie napětí, změny kmitočtu 50 Hz a rušení v kmitočtovém rozsahu 2 kHz až 150 kHz*. 4. vydání. 2016.
- [30] *Vyhláška č. 16/2016 Sb. o podmínkách připojení k elektrizační soustavě*. 2016.
Dostupné z: http://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/energeticka-legislativa/vyhlaskey-platne/vyhlaskey-16_2016-ucinnost-od-01_02_2016.pdf
- [31] Všeobecné obchodní podmínky dodávky elektřiny. *SKUPINA ČEZ* [online]. 2016 [cit. 2017-04-17].
Dostupné z: https://www.cez.cz/edee/content/file/pece-a-podpora/cezprodej_vopde_20160501_web.pdf
- [32] Ceník služeb ČEZ Distribuce, a.s. *ČEZ DISTRIBUCE* [online]. 2016 [cit. 2017-04-17].
Dostupné z: <http://www.cezdistribuce.cz/edee/content/file-other/distribuce/formulare/cenik/cenik-sluzeb.pdf>
- [33] Výpočet proudové hodnoty jističe podle spotřebičů. *SKUPINA ČEZ* [online]. [cit. 2017-04-17].
Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/podpora/technicke-zalezitosti/pro-stavebniky/proudova-hodnota-jistice.html>
- [34] *Národní akční plán pro chytré sítě*. Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2016.
Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/elektroenergetika/2016/11/Narodni-akcni-plan-pro-chytre-site.pdf>
- [35] Near-Field Communications power utility transactions. *Embedded* [online]. 2012 [cit. 2017-04-17].
Dostupné z: <http://www.embedded.com/print/4399054>
- [36] *Vyhláška č. 408/2015 Sb., o Pravidlech trhu s elektřinou*. 2015.
Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-408>
- [37] SANTARIUS, Pavel, Josef GAVLAS, Blanka BIČOVSKÁ a Miloslav KUŽELA. *Zachování kvality dodávané elektrické energie při nárůstu úrovně rušivých vlivů v distribučních sítích*. Ostrava, 2001. VŠB.
- [38] Engineering recommendation P28: Planning Limits for Volatage Fluctuations Cused by Industrial, Commercial and Domestic Equipmnet in the United Kingdom. *Engineering recommendation*. 1989, 15.
- [39] *Kodex přenosové soustavy: Část V. Bezpečnost provozu a kvalita na úrovni PS*. 2015.
- [40] *Návrh nového šestistupňového SAFO*. 2016.

- [41] Roční zpráva o provozu ES ČR 2015. *Energetický regulační úřad* [online]. Praha, 2016 [cit. 2017-03-04].
Dostupné z: http://www.eru.cz/documents/10540/462820/Rocni_zprava_provoz_ES_2015.pdf/3769f65b-3789-4e93-be00-f84416e1ca03
- [42] ČSN EN 60898-1. *Jističe pro nadproudové jištění domovních a podobných instalací - Část 1: Jističe pro střídavý provoz (AC)*.
- [43] OEZ. *Jističe do 63 A (6 kA) – LTE*.
- [44] Siemens. *Trojfázové asynchronní motory nakrátko I LA7 osová výška 56 až 160 výkon 0,06 až 18,5 kW*. Siemens, Praha, K 02 - 0811 CZ.