

# **PRAVIDLA PROVOZOVÁNÍ**

## **DISTRIBUČNÍCH SOUSTAV**

### **PŘÍLOHA 4**

# **PRAVIDLA PRO PARALELNÍ PROVOZ ZDROJŮ SE SÍTÍ PROVOZOVATELE DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY**

## **PROVOZOVATEL DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY**

I.P.P.E. s.r.o.

červenec 2009

 Czech Republic  
I.P.P.E. s.r.o. 330 02 Dýšina 297  
tel: +420 377 945 751 • IČO 45350507  
fax: +420 377 945 819 • DIČ CZ45350507



Schválil:

**ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD**

dne

**PRAVIDLA PROVOZOVÁNÍ  
DISTRIBUČNÍCH SOUSTAV**

**PŘÍLOHA 4**

**PRAVIDLA PRO PARALELNÍ PROVOZ ZDROJŮ SE  
SÍTÍ PROVOZOVATELE DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY**

Zpracovatel:

**PROVOZOVATELÉ DISTRIBUČNÍCH SOUSTAV**

*prosinec 2008*

Schválil:

**ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD**

dne

## Obsah

|           |                                                                                                                      |           |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>  | <b>OZNAČENÍ A POJMY .....</b>                                                                                        | <b>5</b>  |
| <b>2</b>  | <b>ROZSAH PLATNOSTI.....</b>                                                                                         | <b>8</b>  |
| <b>3</b>  | <b>VŠEOBECNÉ .....</b>                                                                                               | <b>8</b>  |
| <b>4</b>  | <b>PŘIHLAŠOVACÍ ŘÍZENÍ .....</b>                                                                                     | <b>8</b>  |
| 4.1       | TECHNICKÉ KONZULTACE .....                                                                                           | 9         |
| 4.2       | ŽÁDOST O PŘIPOJENÍ .....                                                                                             | 9         |
| 4.3       | POSOUZENÍ ŽÁDOSTI O PŘIPOJENÍ VÝROBNY .....                                                                          | 9         |
| 4.4       | STUDIE PŘIPOJITELNOSTI VÝROBNY .....                                                                                 | 10        |
| 4.4.1     | ROZSAH STUDIE .....                                                                                                  | 10        |
| 4.5       | PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE .....                                                                                         | 11        |
| 4.6       | ZMĚNY ŽÁDOSTI O PŘIPOJENÍ.....                                                                                       | 11        |
| <b>5</b>  | <b>PŘIPOJENÍ K SÍTI .....</b>                                                                                        | <b>11</b> |
| <b>6</b>  | <b>ELEKTROMĚRY, MĚŘICÍ A ŘÍDÍCÍ ZAŘÍZENÍ.....</b>                                                                    | <b>12</b> |
| <b>7</b>  | <b>SPÍNACÍ ZAŘÍZENÍ .....</b>                                                                                        | <b>12</b> |
| <b>8</b>  | <b>OCHRANY .....</b>                                                                                                 | <b>13</b> |
| <b>9</b>  | <b>ŘÍZENÍ JALOVÉHO VÝKONU .....</b>                                                                                  | <b>14</b> |
| 9.1       | ZDROJE PŘIPOJOVANÉ DO SÍTÍ NN.....                                                                                   | 14        |
| 9.1.1     | ZDROJE DO 16 A/FÁZI VČETNĚ .....                                                                                     | 14        |
| 9.1.2     | FVE DO 4.6 KVA/FÁZI VČETNĚ.....                                                                                      | 14        |
| 9.1.3     | OSTATNÍ ZDROJE .....                                                                                                 | 14        |
| 9.2       | ZDROJE PŘIPOJOVANÉ DO SÍTÍ VN.....                                                                                   | 14        |
| <b>10</b> | <b>PODMÍNKY PRO PŘIPOJENÍ .....</b>                                                                                  | <b>15</b> |
| 10.1      | ZVÝŠENÍ NAPĚTÍ.....                                                                                                  | 15        |
| 10.2      | ZMĚNY NAPĚTÍ PŘI SPÍNÁNÍ .....                                                                                       | 17        |
| 10.3      | PŘIPOJOVÁNÍ SYNCHRONNÍCH GENERÁTORŮ .....                                                                            | 18        |
| 10.4      | PŘIPOJOVÁNÍ ASYNCHRONNÍCH GENERÁTORŮ .....                                                                           | 18        |
| 10.5      | PŘIPOJOVÁNÍ VÝROBEN SE STRÍDAČI, EV. MĚNIČI KMITOČTU .....                                                           | 18        |
| <b>11</b> | <b>ZVLÁŠTNÍ POŽADAVKY NA VÝROBNY S OBNOVITELNÝMI ZDROJI S VÝKONEM NAD<br/>15 MW PŘIPOJOVANÉ DO SÍTÍ 110 KV .....</b> | <b>18</b> |
| 11.1      | VŠEOBECNĚ.....                                                                                                       | 18        |
| 11.2      | URČENÍ JMENOVITÉHO VÝKONU .....                                                                                      | 18        |
| 11.3      | DODÁVKA ČINNÉHO VÝKONU .....                                                                                         | 19        |
| 11.4      | DODÁVKA JALOVÉHO VÝKONU .....                                                                                        | 19        |
| 11.5      | VÝJIMKY PRO VÝROBNY S OBNOVITELNÝMI ZDROJI.....                                                                      | 21        |
| <b>12</b> | <b>ZPĚTNÉ VLIVY NA NAPÁJECÍ SÍŤ.....</b>                                                                             | <b>21</b> |
| 12.1      | ZMĚNA NAPĚTÍ.....                                                                                                    | 22        |
| 12.2      | FLIKR.....                                                                                                           | 22        |
| 12.3      | PROUDY HARMONICKÝCH.....                                                                                             | 23        |
| 12.3.1    | VÝROBNY V SÍTI NN.....                                                                                               | 23        |
| 12.3.2    | VÝROBNY V SÍTI VN.....                                                                                               | 23        |
| 12.3.3    | VÝROBNY V SÍTI 110 KV .....                                                                                          | 25        |
| 12.4      | OVLIVNĚNÍ ZAŘÍZENÍ HDO .....                                                                                         | 26        |
| <b>13</b> | <b>UVEDENÍ DO PROVOZU .....</b>                                                                                      | <b>26</b> |
| 13.1      | ZKUŠEBNÍ PROVOZ.....                                                                                                 | 27        |
| 13.2      | SCHVÁLENÍ VÝROBNY K TRVALÉMU PROVOZU, UZAVŘENÍ SMLOUVY O PŘIPOJENÍ ....                                              | 27        |

|           |                                                     |           |
|-----------|-----------------------------------------------------|-----------|
| <b>14</b> | <b>PROVOZOVÁNÍ .....</b>                            | <b>27</b> |
| <b>15</b> | <b>PŘÍKLADY PŘIPOJENÍ VÝROBEN .....</b>             | <b>29</b> |
| <b>16</b> | <b>DODATEK .....</b>                                | <b>41</b> |
| 16.1      | VYSVĚTLIVKY .....                                   | 41        |
| <b>17</b> | <b>LITERATURA .....</b>                             | <b>47</b> |
| <b>18</b> | <b>PŘÍKLADY VÝPOČTU.....</b>                        | <b>47</b> |
| <b>19</b> | <b>FORMULÁŘE (INFORMATIVNĚ).....</b>                | <b>50</b> |
| 19.1      | DOTAZNÍK PRO VLASTNÍ VÝROBNU .....                  | 50        |
| 19.2      | DOTAZNÍK PRO VLASTNÍ VÝROBNU .....                  | 51        |
| 19.3      | PROTOKOL O UVEDENÍ VLASTNÍ VÝROBNY DO PROVOZU ..... | 52        |



**Předmluva**

Následující pravidla shrnují hlavní hlediska, na která je zapotřebí brát zřetel při připojování výrobní elektřiny do sítě nn, vn nebo 110 kV provozovatele distribuční soustavy (PDS). Slouží proto stejně pro provozovatele distribučních soustav i pro výrobce elektřiny jako podklad při projektování a pomůcka při rozhodování.

V jejich rámci je možné se zabývat pouze všeobecně běžnými koncepcemi zařízení, vycházejícími ze současných zvyklostí, dostupných zařízení i současně platných předpisů.

V části "Označení a pojmy" jsou krátce vysvětleny nejdůležitější pojmy.

K jednotlivým bodům pravidel jsou poskytnuty další informace pro vysvětlení jejich určitých požadavků, popř. záměrů. Pro omezení vlastního textu pravidel na to nejpodstatnější jsou tato vysvětlení shrnuta v dodatku po jednotlivých částech.

Dále se nachází v dodatku stručný seznam literatury, příklad výpočtu a formuláře "Základní údaje" a "Protokol o uvedení do provozu".

**1 OZNAČENÍ A POJMY**

$S_{kv}$  zkratový výkon ve společném napájecím bodu (pro přesný výpočet  $S_{kv}$  viz [7])

$\psi_{kv}$  fázový úhel zkratové impedance

$U_n$  jmenovité napětí sítě

$P_{lt}$ ,  $A_{lt}$  dlouhodobá míra vjemu flikru, činitel dlouhodobého rušení flikrem [7], [9];

míra vjemu flikru  $P_{lt}$  v časovém intervalu dlouhém ( $lt$  = long time) 2 h

*Pozn.:  $P_{lt}=0.46$  je stanovená mez rušení pro jednu výrobní. Hodnota  $P_{lt}$  může být měřena a vyhodnocena flikremetrem. Kromě míry vjemu flikru  $P_{lt}$  se používá i činitel rušení flikrem  $A_{lt}$ , mezi kterými platí vztah  $A_{lt} = P_{lt}^3$ .*

$\Delta U$  změna napětí

Rozdíl mezi efektivní hodnotou na začátku napěťové změny a následujícími efektivními hodnotami.

*Pozn.: Pro relativní změnu  $\Delta u$  se vztahuje změna napětí sdruženého napětí  $\Delta U$  k napájecímu napětí sítě  $U_n$ .*

*Pokud má změna napětí  $\Delta U$  význam úbytku fázového napětí, pak pro relativní změnu napětí platí  $\Delta u = \Delta U/U_n/\sqrt{3}$ .*

$c$  činitel flikru zařízení

Bezrozměrná veličina, specifická pro dané zařízení, která spolu s dvěma charakteristickými veličinami, tj. výkonem zařízení a zkratovým výkonem ve společném napájecím bodu, určuje velikost flikru vyvolaného zařízením ve společném napájecím bodu.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Norma [7] rozlišuje mezi činitelem flikru pro ustálený provoz (u větrných elektráren), který závisí na vnitřním úhlu zkratové impedance sítě a činitelem flikru pro spínání připojování a odpojování. Protože dosud nejsou tyto činitele od všech typů k dispozici, nejsou v této verzi Přílohy 4 PPDS odvozené požadavky v částech 10 a 11 uplatněny.

$S_A$  jmenovitý zdánlivý výkon výroby

$S_{Amax}$  maximální zdánlivý výkon výroby

$S_{nE}$  jmenovitý zdánlivý výkon výrobního bloku

$S_{nG}$  jmenovitý zdánlivý výkon generátoru

$\varphi_i$  fázový úhel proudu vlastního zdroje

$\cos \varphi$  cosinus fázového úhlu mezi základní harmonickou napětí a proudu

$\lambda$  účinník – podíl činného výkonu  $P$  a zdánlivého výkonu  $S$

$k$  poměr mezi rozběhovým, popř. zapínacím proudem a jmenovitým proudem generátoru

$I_a$  rozběhový proud

$I_r$  proud, na který je zdroj dimenzován (obvykle jmenovitý proud  $I_n$ )

$k_{kl}$  zkratový poměr, poměr mezi  $S_{kV}$  a maximálním zdánlivým výkonem výroby  $S_{rAmax}$

#### **Fliker**

Subjektivní vjem změny světelného toku.

#### **Harmonické**

Sinusové kmity, jejichž kmitočet je celistvým násobkem základní frekvence (50 Hz).

#### **Meziharmonické**

Sinusové kmity, jejichž kmitočet není celistvým násobkem základní frekvence (50 Hz).

*Poznámka: Meziharmonické se mohou vyskytovat i ve frekvenčním rozsahu mezi 0 a 50 Hz.*

#### **OZ**

Zapnutí obvodu vypínače spojeného s částí sítě, v níž je porucha, automatickým zařízením po časovém intervalu, umožňujícím, aby z této části sítě vymizela přechodná porucha.

#### **PDS**

Fyzická či právnická osoba, která je držitelem licence na distribuci elektřiny; na částech **vymezeného území** provozovatele velké regionální DS mohou působit **provozovatelé lokálních DS (PLDS)** s vlastním vymezeným územím a napěťovou úrovní.

#### **Předávací místo**

Místo styku mezi DS a zařízením uživatele DS, kde elektřina do DS vstupuje nebo z ní vystupuje

**Přípojný výkon zdroje**

Nejvyšší činný výkon, který smí výrobná v přípojném bodě dodávat do sítě PDS, stanovený ve smlouvě o připojení

**Společný napájecí bod**

Nejbližší místo veřejné sítě, do kterého je vyveden výkon vlastního zdroje, ke kterému jsou připojeni, nebo ke kterému mohou být připojeni další odběratelé.

**Střídače řízené vlastní frekvencí**

Samostatné střídače nepotřebují pro komutaci žádné cizí napětí, pro paralelní provoz se sítí ale potřebují odvodit řízení zapalovacích impulsů od frekvence sítě. Jsou schopné ostrovního provozu, pokud mají vnitřní referenční frekvenci (např. krystal) a přídavnou regulaci pro trvalý ostrovní provoz, na který se při výpadku sítě přechází buď automaticky nebo ručním přepnutím.

**Střídače řízené sítí**

Střídače řízené sítí potřebují ke komutaci cizí napětí, které nepatří ke zdroji střídače. Tyto střídače nejsou ve smyslu této směrnice schopné ostrovního provozu.

**Výrobná**

Část zařízení zákazníka, ve které se nachází jeden nebo více generátorů k výrobě elektřiny, včetně všech zařízení potřebných pro její provoz. Vztahy, které se vztahují k výrobně, obsahují index "A".

**Výrobní blok**

Část výrobní, zahrnující jeden generátor včetně všech zařízení, potřebných pro jeho provoz. Hranicí výrobního bloku je místo, ve kterém je spojen s dalšími bloky nebo s veřejnou distribuční sítí.

Vztahy týkající se jednoho bloku výrobní obsahují index "E".

**Generátor**

Část výrobního bloku vč. event. střídače, ale bez event. kondenzátorů ke kompenzaci účinnku. Ke generátoru nepatří ani transformátor, přizpůsobující napětí generátoru napětí veřejné sítě. Vztahy týkající se jednoho generátoru obsahují index "G".



## 2 ROZSAH PLATNOSTI

Tato pravidla platí pro plánování, zřizování, provoz a úpravy výroben elektřiny, připojených k síti nn, vn nebo 110 kV PDS.

Takovýmito výrobny jsou např.:

- vodní elektrárny
- větrné elektrárny
- generátory poháněné tepelnými stroji, např. blokové teplárny
- fotočláňková zařízení.

Minimální výkon, od kterého je nutné připojení k síti vn nebo 110 kV a maximální výkon, do kterého je možné připojení do sítě nn, resp. vn závisí na druhu a způsobu provozu vlastní výroby, stejně jako na síťových poměrech PDS.

U fotočláňkových zařízení připojovaných do sítí nn je omezen výkon při jednofázovém připojení v jednom přípojném bodě na 4,6 kVA/fázi, nesymetrie u fázových vodičů nesmí za normálního provozního stavu překročit 4,6 kVA.

Maximální výkon na výstupu střídače (maximální 10-minutová střední hodnota) musí být omezen na nejvýše 110 % jmenovitého výkonu.

## 3 VŠEOBECNÉ

Při zřizování vlastní výroby je zapotřebí dbát na platná nařízení a předpisy, na to, aby byla vhodná pro paralelní provoz se sítí PDS a aby bylo vyloučeno rušivé zpětné působení na síť nebo zařízení dalších odběratelů.

Při zřizování a provozu elektrických zařízení je zapotřebí dodržovat:

- současně platné zákonné a úřední předpisy, především [1], [2] a [3]
- platné normy ČSN, PNE, případně PN PDS
- předpisy pro ochranu pracovníků a bezpečnost práce
- nařízení a směrnice PDS.

Projektování, výstavbu a připojení vlastní výroby k síti PDS je zapotřebí zadat odborné firmě.

Připojení k síti je třeba projednat a odsouhlasit s PDS.

PDS může ve smyslu zákona [1] požadovat změny a doplnění na zřizovaném nebo provozovaném zařízení, pokud je to nutné z důvodů bezpečného a bezporuchového napájení, popř. též z hlediska zpětného ovlivnění distribuční soustavy. Konzultace s příslušným útvarem PDS by proto měly být prováděny již ve stadiu přípravy, nejpozději při projektování vlastní výroby.

## 4 PŘIHLAŠOVACÍ ŘÍZENÍ

Pro přihlášení je zapotřebí předat PDS včas podklady podle části 3.8.3 PPDS a dále:

- situační plán, na kterém jsou vyznačeny hranice pozemku a místo výstavby včetně širších vztahů
- přehledové schéma celého elektrického zařízení s jmenovitými hodnotami použitých zařízení (jednopolové schéma postačí) vč. údajů o vlastních přípojných vedeních a rozvodném zařízení výrobce elektřiny
- údaje o zkratové odolnosti předávací stanice
- elektrická data napájecího/ch transformátoru/ů, tzn. výkon, převod, napětí nakrátko, spojení vinutí, ztráty naprázdno a nakrátko atd.



- popis ochrany s přesnými údaji o druhu, výrobci, zapojení a funkci
- příspěvek vlastní výroby k počátečnímu zkratovému proudu v místě připojení k síti
- popis druhu a způsobu provozu pohonu, generátoru a případně střídače stejně jako způsob připojení k síti včetně technických dat a zkušebních protokolů
- u střídačů, měničů frekvence a synchronních generátorů s buzením napájeným usměrňovači: zkušební protokoly k očekávaným proudům harmonických a meziharmonických
- u větrných elektráren: osvědčení a zkušební protokol k očekávaným zpětným vlivům podle [7] (jmenovitý výkon, činitel flikru, kolísání činného a jalového výkonu, vnitřní úhel zdroje, meze pro řízení účinníku - kapacitní/induktivní, emitované harmonické a meziharmonické proudy a náhradní schéma pro určení příspěvku do zkratu a vlivu na úroveň signálu HDO, vybavení ochranami a jejich vypínací časy).

Především je zapotřebí přiložit dotazník s technickými údaji o zařízení, jehož vzor je přiložen v části 15.5. této přílohy

#### 4.1 TECHNICKÉ KONZULTACE

Na základě obecného požadavku poskytne PDS žadateli informace o možnostech a podmínkách připojení výroby k DS a o podkladech, které musí žádost o připojení výroby k DS obsahovat (viz.4.2.). Poskytnuté informace o možnosti připojení výroby jsou pouze orientační, nejsou závazné a písemné vyjádření není možné použít pro účely územního a stavebního řízení. Vyjádření nemá vymezenou časovou platnost.

V případě potřeby poskytne PDS žadateli v rámci technické konzultace závazné podklady pro zpracování studie připojitelnosti výroby (viz. 4.4.).

#### 4.2 ŽÁDOST O PŘIPOJENÍ

Základní náležitosti žádosti výrobce o připojení zařízení k DS jsou uvedeny v Příloze č.1 vyhlášky [2] a v PPDS č. 3.8.3. Především je zapotřebí přiložit vyplněný formulář PDS, jehož vzor je přiložen v části 15.5.

Součástí podkladů dále jsou:

- souhlas vlastníků nemovitostí dotčených výstavbou výroby
- souhlas obce a příslušného stavebního úřadu s realizací výroby (v případě výroben, které nebudou součástí stávajících objektů)
- požadovaná hodnota rezervovaného výkonu
- stávající hodnota rezervovaného příkonu a výkonu
- studie připojitelnosti výroby k DS - v těch případech, kdy to PDS vyžaduje (viz. bod. č.4.3)

V případě, že žádost neobsahuje všechny uvedené náležitosti, nebude ze strany PDS přijata jako odpovídající a žadatel bude neprodleně vyzván k doplnění žádosti. Na základě neúplné žádosti lze vystavit pouze vyjádření dle bodu č.4.1.

V odůvodněných případech může PDS požadovat do 10 dnů doplnění dalších údajů, nezbytných k posouzení žádosti. Žadatel je povinen tyto údaje PDS poskytnout.

Za termín přijetí žádosti se považuje datum doložení všech úplných uvedených náležitostí žádosti o připojení výroby.

#### 4.3 POSOUZENÍ ŽÁDOSTI O PŘIPOJENÍ VÝROBY

PDS po obdržení žádosti rozhodne do 30-ti dnů od doručení žádosti (dle charakteru výroby a navrhovaného místa připojení), zda je nutné, aby žadatel nechal možnost připojení výroby k DS ověřit studií připojitelnosti.

##### 4.3.1. PDS vyžaduje studii připojitelnosti

V případě, že je požadováno zpracování studie dle bodu č. 4.4, vystaví PDS žadateli do 30 dnů od doručení žádosti stanovisko s pouze předběžným určením místa (míst) připojení, pro které je možné připojitelnost výroby ve studii posuzovat.

Součástí stanoviska je upozornění PDS na související provozované, odsouhlasené a dříve požadované výroby (v době platnosti příslušných závazných vyjádření). Tyto informace budou pouze obecné a budou upřesněny při předávání platných podkladů pro zpracování studie. Dále budou ve stanovisku uvedeny příslušné parametry DS a souvisejících výroben, potřebné pro zpracování požadované studie připojitelnosti. Žadatel a zpracovatel studie jsou povinni tyto údaje použít pouze k uvedenému účelu a nesmí je bez souhlasu PDS poskytovat třetím osobám.

Termín pro předložení studie je určen na 90 dnů. Po tuto dobu je požadavek žadatele evidován.

Uvedený termín lze na žádost žadatele 1 x prodloužit za předpokladu doložení zadání zpracování studie a uvedení konečného závazného termínu jejího předložení. V případě požadavku na nezdůvodněné prodloužení termínu je PDS



oprávněna žádost zamítnout, resp. navrhovaný termín odpovídajícím způsobem zkrátit. Po předložení studie s kladným výsledkem je do 30-ti dnů žadateli vystaveno vyjádření dle bodu č. 4.3.2.

Pozn.: Vyjádření dle bodu (4.3.1) nelze použít pro účely územního nebo stavebního řízení.

4.3.2. V případě, že není předložena studie připojitelnosti výroby nutné a nebo již byla žadatelem studie se souhlasnými výsledky dle bodu č. 4.3.1. předložena a ze strany PDS odsouhlasena, je žadateli do 30 dnů od doručení žádosti vystaveno závazné stanovisko, které obsahuje všechny náležitosti v souladu s §5 vyhlášky [2]. Součástí stanoviska jsou požadavky na předložení platného územního rozhodnutí a prováděcí projektové dokumentace výroby včetně jejího připojení k DS. Platnost tohoto vyjádření je omezena na 180 dnů. Lze ji prodloužit pouze na základě splnění některé z podmínek, uvedených v §5, odst. 5 vyhlášky [2] nebo v případě doložení průběhu řízení pro posouzení vlivu stavby na životní prostředí (EIA).

#### 4.4 STUDIE PŘIPOJITELNOSTI VÝROBY

Studie připojitelnosti výroby (dále jen studie) musí obsahovat technické posouzení možného připojení výroby s ohledem na:

- napěťové poměry ve všech posuzovaných uzlech sítě při jejím maximálním a minimálním zatížení
- zatížitelnost jednotlivých prvků sítě
- dodržení parametrů zpětných vlivů na DS dle kritérií v části 10 a 11, tj. – zejména změny napětí vyvolané trvalým provozem výroby, změny napětí při spínání, útlumu signálu HDO, flikru, harmonických a dalších kritérií daných PPDS (dle charakteru výroby).

Provozovatel DS doporučí žadateli vhodné zpracovatele studie připojitelnosti.

Náklady na zpracování studie hradí jejímu zpracovateli žadatel.

Podklady pro tvorbu studie připojitelnosti zpravidla obsahují:

- a) zkratový výkon vvn nebo vn v napájecí rozvodně nebo místě od kterého bude vliv počítán
- b) stávající a výhledové hodnoty zatížení v soustavě
- c) související zdroje připojené k DS v předmětné části DS
- d) platné požadavky na připojení zdrojů k DS v předmětné části DS
- e) parametry transformátoru vvn/vn,
- f) stávající a výhledový stav HDO
- g) parametry vedení k místu připojení – délka, typ, průřez,
- h) možné provozní stavy (základní zapojení + zapojení při náhradních dodávkách)
- i) zjednodušený mapový podklad.

Posuzování připojitelnosti ve zpracovávané studii je nutné provádět postupy uvedenými v části 10 a 11 s ohledem na dosažení co nejnižšího zpětného ovlivnění DS provozem výroby a využívat při tom všech provozních možností připojovaného zařízení (např. určení provozního účinníku s ohledem na co nejnižší změnu napětí vyvolanou provozem výroby). Ve studii je nutné vycházet z podmínky dodržení účinníku v předávacím místě v celém rozsahu výkonu výroby v rozmezí  $\cos \phi = 0,95$  ind. až 1. PDS může v opodstatněných případech a vzhledem k místním podmínkám požadovat kontrolu pro jiné nastavení účinníku. U studií pro zdroje podle části 11 je zapotřebí ověřovat celý využitelný rozsah jalového výkonu podle provozního diagramu PQ.

V případě pochybností o správnosti a úplnosti předložené studie může PDS požadovat její doplnění, rozšíření a případně ji zamítnout jako neodpovídající. V tomto případě je žadateli prodloužena platnost evidence jeho požadavku o maximálně dalších 90 dnů (dle rozsahu studie) a umožněno v tomto termínu provést doplnění nebo přepracování studie.

Provozovatel DS má právo si vyžádat kopie dokladů z kterých zpracovatel studie čerpal při výpočtu: jedná se především o zkušební protokoly, atesty zkušeben, použité výpočetní metody apod. V případě, že zpracovatel studie není schopen doložit dokumenty z kterých čerpal technické údaje a postupy při výpočtech, má PDS právo považovat studii za nehodnověrnou a nemusí ji akceptovat.

##### 4.4.1 Rozsah studie

U zdrojů, připojovaných do sítí nn a vn je rozsah dán zpravidla stanicí s napájecím transformátorem sítě a vedením (vedeními) s doporučeným přípojným bodem zdroje. Je-li to pro ověření připojitelnosti zdroje důležité, může být rozsah studie rozšířen o další stanice a vedení se zahrnutím provozovaných či plánovaných zdrojů i zátěží těchto vedení. Posuzován je základní provozní stav, příp. v závislosti na požadované zabezpečení dodávky do DS i další reálné provozní varianty.

U zdrojů připojovaných do sítí 110 kV se navíc posuzují případné přetoky do přenosové soustavy a respektují se možná omezení provozovatele přenosové soustavy.



Protože v současné době nejsou k dispozici pro prokázání chování zdrojů v přechodových stavech podle části 11 pro konkrétní přípojně místo k soustavě 110 kV potřebné vstupní údaje, bude zpracovatel studie dokládat pouze schopnost (vybavenost) těchto zdrojů pro tyto stavy podle zkušebních protokolů výrobce.

#### **4.5 PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE**

Požadovaná prováděcí projektová dokumentace dle vyhlášky 499/2006, předložená PDS k odsouhlasení musí obsahovat minimálně tyto základní podklady:

- realizaci požadavků PDS dle vyjádření (bod č.4.3.2.)
- délky, typy a průřezy vedení mezi výrobnou a místem připojení k DS, parametry použitých transformátorů
- situační řešení připojení výroby k DS
- typy, parametry a navržené hodnoty nastavení el. ochran výroby souvisejících s DS
- návrh provedení obchodního měření
- potřebné údaje k rozhraní pro dálkové přenosy a dálkové ovládání (bylo-li požadováno)

K projektové dokumentaci vystaví PDS do 30ti dnů vyjádření, jehož součástí bude požadavek na předložení výchozích revizních zpráv výroby, jejího připojení k DS, ochran souvisejících s DS a dále místních provozních předpisů.

V případě, že připojení výroby připojením výroby vzniká nárok PDS na úhradu podílu za připojení dle vyhlášky [2] žadatelem, bude žadateli zaslán také návrh smlouvy o připojení k DS. V opačném případě lze smlouvu o připojení uzavřít až v rámci zahájení zkušebního provozu (viz. odst. 12.1.).

#### **4.6 ZMĚNY ŽÁDOSTI O PŘIPOJENÍ**

##### 4.6.1. Změny které lze provést v rámci evidované žádosti o připojení dle bodu č. 4.2.

- snížení celkového instalovaného výkonu výroby
- změna typu a počtu výroben do výše původně požadovaného celkového instalovaného výkonu
- změna umístění výroby s podmínkou zachování stanoveného místa a způsobu připojení k DS
- změna místa a způsobu připojení výroby k DS s podmínkou zachování umístění výroby

V případě požadavku na tyto uvedené změny žádosti je nutné znovu doložit všechny podklady dle odst. 4.2., které jsou požadovanou změnou dotčeny. Změněná žádost bude znovu posouzena a PDS žadateli vystaví do 30-ti dnů nové stanovisko (viz. odst. 4.3.).

##### 4.6.2. Změny které nelze provést v rámci evidované žádosti o připojení dle bodu č. 4.2.

- zvýšení celkového instalovaného výkonu výroby
- změna druhu výroby
- změna umístění výroby s návaznou změnou místa připojení k DS
- rozdělení žádosti (rezervovaného výkonu) mezi různé subjekty

V případě požadavku na tyto uvedené změny žádosti je nutné podat novou žádost o připojení.

### **5 PŘIPOJENÍ K SÍTÍ**

Vlastní výroby, popř. zařízení odběratelů s vlastními výrobami, které mají být provozovány paralelně se sítí PDS, je zapotřebí připojit k síti ve vhodném předávacím místě.

Způsob a místo připojení na síť stanoví PDS s přihlédnutím k daným síťovým poměrům, výkonu a způsobu provozu vlastní výroby, stejně jako k oprávněným zájmům výrobce. Tím má být zajištěno, že vlastní výroba bude provozována bez rušivých účinků, neohroží napájení dalších odběratelů.

Posouzení možností připojení z hlediska zpětných vlivů na síť vychází z impedance sítě ve společném napájecím bodě (zkratového výkonu), připojovaného výkonu, stejně jako druhu a způsobu provozu vlastní výroby.

Připojení k síti PDS se děje ve předávacím místě s oddělovací funkcí, přístupným kdykoliv personálu PDS.

Požadavek na kdykoliv přístupné spínací místo s oddělovací funkcí je u jednofázových zdrojů do 4,6 kVA a trojfázových do 30 kVA splněn, pokud jsou tyto zdroje vybaveny zařízením pro sledování stavu sítě s přiřazeným



spínacím prvkem. Spínací prvek může být samostatný nebo být součástí střídače. Princip může být sledování impedance a vyhodnocování její změny, trojfázové sledování napětí či změna fázoru napětí. Toto zařízení musí být ověřeno akreditovanou zkušebnou.

Příklady připojení jsou uvedeny v části 14 této přílohy. Pro zdroje s nízkou dobou využití, na jejichž provoz není vázána výrobní technologie a výrobce nepožaduje obvyklou zabezpečení připojení k soustavě (např. pro větrné elektrárny), lze připustit uvedená zjednodušená připojení k soustavě, pokud splňují ostatní požadavky na bezpečný provoz soustavy (např. selektivita ochrany a u venkovních vedení provoz s OZ).

- výrobce s licenci, který chce uplatňovat cenové zvýhodnění výroby pro část spotřebovanou (očistěnou o vlastní spotřebu zdroje) a část dodanou do DS musí zajistit připojení podle části 14, obr. 1a, obě měření musí být průběhová
- výrobce s licenci, který chce uplatnit celou výrobu jako dodanou do DS musí zajistit připojení podle části 14, obr. 1b.

Pro farmy větrných elektráren, připojovaných do sítí 110 kV jsou jako možné další varianty připojení uvedena zapojení pro připojení VTE do vedení 110 kV zasmyčkováním, vlastním vedením výrobce do rozvodny 110 kV i připojené transformátorem umístěným v rozvodně 110 kV PDS, uvedené v části 14 na obr. 12 až 14.

## 6 ELEKTROMĚRY, MĚŘICÍ A ŘÍDICÍ ZAŘÍZENÍ

Druh a počet potřebných měřicích zařízení (elektroměrů PDS) a řídících přístrojů (přepínačů tarifů) se řídí podle smluvních podmínek pro odběr a dodávku elektřiny příslušného PDS. Proto je nutné projednat jejich umístění s PDS již ve stadiu projektu.

Elektroměry pro účtování a jim přiřazené řídící přístroje jsou uspořádány na vhodných místech udaných PDS.

Měření se volí podle napěťové hladiny, do které výroba pracuje a podle jejího výkonu typicky

- nízké napětí: podle výkonu výroby buď přímé (do 80 A) nebo polopřímé
- vysoké napětí: do výkonu transformátoru 630 kVA včetně - měření na straně nn, polopřímé od výkonu 630 kVA měření na straně vn - nepřímé
- 110 kV: měření na straně 110 kV, nepřímé.

Elektroměry pro polopřímé a nepřímé měření se volí elektronické, čtyřkvadrantové.

Dodávka a montáž elektroměrů zajišťuje PDS, náklady na jejich instalaci hradí výrobce.

Přístrojové měřicí transformátory napětí či proudu jsou součástí zařízení výroby. Přístrojové měřicí transformátory musí být schváleného typu, požadovaných technických parametrů a úředně ověřeny (podrobnosti jsou v Příloze 5 PPDS: Obchodní měření).

V případě oprávněných zájmů PDS musí výrobce vytvořit podmínky pro to, aby přes definované rozhraní mohly být na příslušný dispečink PDS přenášeny další údaje důležité pro bezpečný a hospodárny provoz, např. hodnoty výkonu a stavy vybraných spínačů.

*Pozn.: Podrobnosti k měření je zapotřebí upřesnit při projednávání připojení výroby s PDS.*

## 7 SPÍNACÍ ZAŘÍZENÍ

Pro spojení vlastní výroby se sítí PDS musí být použito spínací zařízení (vazební spínač) minimálně se schopností vypínání zátěže (např. vypínač, odpínač s pojistkami, úsekový odpínač), kterému je předřazena zkratová ochrana podle části 8. Tento vazební spínač může být jak na straně nn, tak i na straně vn nebo 110 kV. Pokud se nepředpokládá ostrovní provoz, lze k tomuto účelu použít spínací zařízení generátoru.

Spínací zařízení musí zajišťovat galvanické oddělení ve všech fázích.

*Pozn.: Poměrně závažným důsledkem sloučení funkcí oddělení zdroje od sítě při poruchách v síti a při pracích na přípojném vedení či vymezení poruch je u jednoduchého připojení zdrojů ztráta napětí pro vlastní spotřebu a s tím spojené nepříznivé důsledky při opětovném uvádění do provozu. Z tohoto důvodu považujeme pro takto připojené zdroje za výhodnější, aby při poruchách v DS docházelo přednostně k vypnutí generátoru a napájení vlastní spotřeby po skončení napěťového poklesu či úspěšném cyklu OZ zůstalo zachováno, tedy způsob připojení podle obr. 4 a obr. 11.*

U vlastních výroben se střídači je třeba spínací zařízení umístit na střídavé straně střídače. Při společném umístění ve skříní střídače nesmí být spínací zařízení vyřazeno z činnosti zkratem ve střídači.



Při použití tavných pojistek jako zkratové ochrany u nn generátorů je zapotřebí dimenzovat spínací zařízení minimálně podle vypínacího rozsahu předřazených pojistek.

Výrobce musí prokázat zkratovou odolnost celého zařízení. K tomu mu **PDS** udá velikost příspěvku zkratového ekvivalentního oteplovacího proudu a velikost nárazového zkratového proudu ze sítě. Způsobí-li nová výrobní zvýšení zkratového proudu v síti **PDS** nad hodnoty, na které je zařízení sítě dimenzováno, pak musí výrobce učinit opatření, která výši zkratového proudu z této výroby nebo jeho vliv patřičně omezí, pokud se s **PDS** nedohodne jinak.

Některé příklady připojení vlastních výroben jsou uvedeny v části 14.

## 8 OCHRANY

Opatření na ochranu vlastní výroby (např. zkratovou ochranu, ochranu proti přetížení, ochranu před nebezpečným dotykem) je zapotřebí provést podle části 3.5.9 **PPDS**. U zařízení schopných ostrovního provozu je třeba zajistit chránění i při ostrovním provozu.

K ochraně vlastního zařízení a zařízení jiných odběratelů jsou potřebná další opatření využívající ochran, které při odchylkách napětí a frekvence vybaví příslušná spínací zařízení podle části 7.

Je zapotřebí zajistit ochrany s následujícími funkcemi:

**TAB.1**

| Funkce                         | rozsah nastavení        | Příklad nastavení | Časové zpoždění | Příklad nastavení |
|--------------------------------|-------------------------|-------------------|-----------------|-------------------|
| Podpětí 1.stupeň $U_{<}$       | $0.70 U_n$ až $1.0 U_n$ | $90 \% U_n$       | $t_{U_{<}}$     | 0,5 s             |
| Podpětí 2.stupeň $U_{<<}$      | $0.70 U_n$ až $1.0 U_n$ | $80 \% U_n$       | $t_{U_{<<}}$    | 0,1 s             |
| Přepětí 1.stupeň $U_{>}$       | $1.0 U_n$ až $1.2 U_n$  | $110 \% U_n$      | $t_{U_{>}}$     | 0,5 s             |
| Přepětí 2.stupeň $U_{>>}$      | $1.0 U_n$ až $1.2 U_n$  | $120 \% U_n$      | $t_{U_{>>}}$    | 0,1 s             |
| Podfrekvence 1.stupeň $f_{<}$  | 48 Hz až 50 Hz          | 49,8 Hz           | $t_{f_{<}}$     | 0,5 s             |
| Podfrekvence 2.stupeň $f_{<<}$ | 48 Hz až 50 Hz          | 49,5 Hz           | $t_{f_{<<}}$    | 0,1 s             |
| Nadfrekvence $f_{>}$           | 50 Hz až 52 Hz.         | 50,2 Hz           | $t_{f_{>}}$     | 0,5 s             |

Po dohodě s **PDS** lze upustit od 2. stupně uvedených ochran.

Pro ochrany zdrojů s fázovými proudy do 16 A provozovaných paralelně s distribuční sítí nn, na které se vztahuje ČSN EN 50438 platí následující tabulka..

**TAB.2**

| Parametr     | Maximální vypínací čas [s] | Maximální nastavení pro vypnutí |
|--------------|----------------------------|---------------------------------|
| nadpětí      | 0,2                        | 230 V + 15 %                    |
| podpětí      | 0,2                        | 230 V - 15 %                    |
| nadfrekvence | 0,2                        | 50,5 Hz                         |
| podfrekvence | 0,2                        | 49,5 Hz                         |

V některých případech může být s ohledem na síťové poměry třeba jiné nastavení ochran. Proto je jejich nastavení vždy nutné odsouhlasit s **PDS**. Vhodným podkladem pro tato nastavení jsou studie dynamického chování zdrojů v dané síti.

Podpěťová a nadpěťová ochrana musí být trojfázová<sup>2</sup>.

Podfrekvenční a nadfrekvenční ochrana může být jednofázová.

Při připojení výroben k síti **PDS** provozované s OZ, které mohou tyto výroby ohrozit, je zpoždění vypínání přípustné jen tehdy, když je pro nezpožděné odpojení výroby při OZ k dispozici zvláštní ochrana.

<sup>2</sup> V sítích s izolovaným uzlem vn nebo s kompenzací zemních kapacitních proudů může být v dohodě s **PDS** použita přepětíová ochrana jednofázová, připojená na sdružené napětí.



Na rozpoznání stavu odpojení zdroje od sítě PDS může být použita též ochrana na skokovou změnu vektoru napětí nebo relé na výkonový skok.

*Pozn.: Pro ochranu na skok vektoru zatím není k dispozici metodika pro určení nastavení.*

K provádění funkčních zkoušek ochran je zapotřebí zřídít rozhraní (např. svorkovnici s podélným dělením a zkušebními svorkami).

Výrobce je povinen si zajistit sám, aby spínání, kolísání napětí, krátkodobá přerušení vč. OZ nebo jiné přechodové jevy v síti PDS nevedly ke škodám na jeho zařízení.

S PDS je zapotřebí dohodnout, které ochrany budou případně zaplombovány.

## 9 ŘÍZENÍ JALOVÉHO VÝKONU

Obecně způsob řízení jalového výkonu závisí vždy na konkrétním místě distribuční soustavy a určuje ho PDS po konzultaci s výrobcem.

### 9.1 ZDROJE PŘIPOJOVANÉ DO SÍTÍ NN

#### 9.1.1 Zdroje do 16 A/fázi včetně

Účinník zdroje za normálních ustálených provozních podmínek při dovoleném rozsahu tolerancí jmenovitého napětí musí být podle [20] mezi 0,95 kapacitní a 0,95 induktivní za předpokladu, že činná složka výkonu je nad 20 % jmenovitého výkonu zdroje.

#### 9.1.2 FVE do 4.6 kVA/fázi včetně

U fotovoltaických elektráren do výkonu 4.6 kVA/fázi se kompenzace účinníku nepožaduje.

#### 9.1.3 Ostatní zdroje

Účinník zdroje za normálních ustálených provozních podmínek při dovoleném rozsahu tolerancí jmenovitého napětí musí být mezi 0,95 kapacitní a 0,95 induktivní za předpokladu, že činná složka výkonu je nad 3 % jmenovitého výkonu zdroje.

U výrobců druhé kategorie podle [22] musí být při dodávce činného výkonu do DS a při dovoleném rozsahu tolerancí jmenovitého napětí účinník v předávacím místě mezi 0,95 kapacitní a 0,95 induktivní za předpokladu, že činná složka výkonu je nad 3 % jmenovitého proudu (transformátoru proudu) předávacího místa.

### 9.2 ZDROJE PŘIPOJOVANÉ DO SÍTÍ VN

Tyto zdroje musí být při dodávce činného výkonu P vybaveny pro některý z následujících režimů řízení jalového výkonu v předacím místě (u výkonu do 400 kW postačí vybavení pro řízení podle bodu a)):

- udržování pevné hodnoty zadaného účinníku  $\cos \varphi$
- udržování hodnoty účinníku  $\cos \varphi = f(P)$
- udržování zadané hodnoty jalového výkonu (odběr/dodávka) v rámci provozního diagramu stroje (PQ diagramu)
- udržování napětí v předávacím místě (na výstupu generátoru, za blokovým transformátorem nebo v pilotním uzlu DS) v rámci omezení daných PQ diagramem stroje.

Zdroj musí být schopen dodávat jmenovitý činný výkon v rozmezí účinníku  $\cos \varphi = 0,85$  až 1 (dodávka jalového výkonu) a účinníku až  $\cos \varphi = 1$  až 0,95 (odběr jalového výkonu) při dovoleném rozsahu napětí na svorkách generátoru  $\pm 5 \% U_n$  a při kmitočtu v rozmezí 48,5 až 50,5 Hz (pásma účinníku viz tabulka). Při nižších hodnotách činného výkonu se dovolené hodnoty jalového výkonu zjistí podle tzv. „Provozních diagramů“, které musí být součástí provozně-technické dokumentace zdroje. Pokud technologie vlastní spotřeby elektrárny a zajištění napájení vlastní spotřeby neumožňuje využití výše uvedeného dovoleného rozsahu (napětí vlastní spotřeby by se dostalo mimo dovolené meze), lze zvýšit regulační rozsah generátoru např. použitím odbočkového transformátoru napájení vlastní spotřeby s regulací pod zatížením.

Uvedený základní požadovaný regulační rozsah jalového výkonu může být modifikován, tedy zúžen nebo rozšířen. Důvodem případné modifikace může být např. odlišná (nižší/vyšší) potřeba regulačního jalového výkonu v dané lokalitě DS nebo zvláštní technologické důvody (výrobní s asynchronními generátory, fotovoltaiky, větrné elektrárny). Taková modifikace předpokládá uzavření zvláštní dohody mezi provozovatelem výrobní a PDS.

U kompenzačního zařízení zdrojů je zapotřebí přihlížet ke způsobu provozu vlastní výroby a z toho vyplývajících zpětných vlivů na síťové napětí.

Při silně kolísajícím výkonu pohonu (např. u některých typů větrných elektráren) musí být kompenzace jalového výkonu automaticky a dostatečně rychle regulována.

Kompenzační kondensátory nesmějí být připínány před zapnutím generátoru. Při vypínání generátoru musí být odpojeny současně.

Provoz zdrojů může vyžadovat opatření k omezení napětí harmonických a pro zamezení nepřipustného zpětného ovlivnění HDO. S PDS je proto zapotřebí odsouhlasit výkon, zapojení a způsob regulace kompenzačního zařízení, případně i hrazení harmonických nebo frekvence HDO vhodnými indukčnostmi.

Pro jednoznačné přiřazení pásem účinníku slouží následující tabulka. Pro předcházení rozporům při hodnocení účinníku se přitom doporučuje používat jednotně spotřebičovou orientaci.

TAB. 3

| Příklad                             | Zdrojová orientace                                     | Spotřebičová orientace                                 |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Synchronní generátor<br>(přebuzený) | $P > 0$ a $Q > 0$<br>$0^\circ < \varphi < 90^\circ$    | $P < 0$ a $Q < 0$<br>$180^\circ < \varphi < 270^\circ$ |
| Asynchronní generátor               | $P > 0$ a $Q < 0$<br>$270^\circ < \varphi < 360^\circ$ | $P < 0$ a $Q > 0$<br>$90^\circ < \varphi < 180^\circ$  |
| Synchronní motor<br>(přebuzený)     | $P < 0$ a $Q > 0$<br>$90^\circ < \varphi < 180^\circ$  | $P > 0$ a $Q < 0$<br>$270^\circ < \varphi < 360^\circ$ |
| Asynchronní motor                   | $P < 0$ a $Q < 0$<br>$180^\circ < \varphi < 270^\circ$ | $P > 0$ a $Q > 0$<br>$0^\circ < \varphi < 90^\circ$    |

## 10 PODMÍNKY PRO PŘIPOJENÍ

K zabránění zavlečení zpětného napětí do sítě PDS je zapotřebí zajistit technickými opatřeními, aby připojení vlastní výroby k síti PDS bylo možné pouze tehdy, když jsou všechny fáze sítě pod napětím.

K připojení může být použit jak spínač, který spojuje celé zařízení odběratele se sítí, tak i spínač, který spojuje generátor popř. více paralelních generátorů se zbylým zařízením odběratele. Zapnutí tohoto vazebního spínače musí být blokováno do té doby, dokud není na každé fázi napětí minimálně nad rozběhovou hodnotou podpětíové ochrany. K ochraně vlastní výroby se doporučuje časové zpoždění mezi obnovením napětí v síti a připojením výroby v rozsahu minut.

Časové odstupňování při připojování více generátorů v jednom společném předávacím místě je zapotřebí odsouhlasit s PDS.

### 10.1 ZVÝŠENÍ NAPĚTÍ

Zvýšení napětí vyvolané provozem připojených výroben nesmí v nejnepříznivějším případě (přípojném bodu) překročit 2 % pro výroby s přípojným místem v síti vn a 110 kV ve srovnání s napětím bez jejich připojení

$$\Delta u_{vn,110} \leq 2 \%, \quad (1)$$

pro výroby s přípojným místem v síti nn nesmí překročit 3 %, tedy

$$\Delta u_{nn} \leq 3 \%. \quad (2)$$



Pokud je v síti nn a vn jen jedno přípojné místo, je možné tuto podmínku (2), (3) posoudit jednoduše pomocí zkratového poměru výkonů

$$k_{k1} = \frac{S_{kV}}{\Sigma S_{Amax}}, \quad (3)$$

kde  $S_{kV}$  je zkratový výkon v přípojném bodu a  $\Sigma S_{Amax}$  je součet maximálních zdánlivých výkonů všech připojených/plánovaných výroben.

K vyšetření  $S_{Amax}$  u větrných elektráren je zapotřebí vycházet z maximálních zdánlivých výkonů jednotlivého zařízení  $S_{Emax}$ :

$$S_{Emax} = S_{Emax10min} = S_{nG} \cdot p_{10min} = \frac{P_{nG}}{\lambda} \cdot p_{10min}, \quad (4)$$

přičemž hodnotu  $p_{10min}$  (maximální střední výkon v intervalu 10 minut) je zapotřebí převzít ze zkušebního protokolu. U zařízení se speciálním omezením výkonu je zapotřebí dosadit tyto omezené hodnoty.

V případě jediného předávacího místa v síti bude podmínka pro zvýšení napětí dodržena vždy, když zkratový poměr výkonů  $k_{k1}$  je pro výroby s předávacím místem v síti vn

$$k_{k1vn} \geq 50, \quad (5)$$

podobně pro výroby s předávacím místem v síti nn

$$k_{k1nn} \geq 33. \quad (6)$$

Pokud je síť nn a vn silně induktivní, pak je posouzení pomocí činitele  $k_{k1}$  příliš konzervativní, tzn., že dodávaný výkon bude silněji omezen, než je zapotřebí k dodržení zvýšení napětí. V takovém případě je zapotřebí provést výpočet s komplexní hodnotou impedance sítě s jejím fázovým úhlem  $\psi_{kV}$ , který poskytne mnohem přesnější výsledek.

Podmínka pro maximální výkon pak je pro výroby s předávacím místem v síti vn

$$S_{Amax} \leq \frac{2\% \cdot S_{kV}}{|\cos(\psi_{kV} - \varphi)|} = \frac{S_{kV}}{50 \cdot |\cos(\psi_{kV} - \varphi)|}, \quad (7)$$

pro výroby s předávacím místem v síti nn

$$S_{Amaxnn} \leq \frac{3\% \cdot S_{kV}}{|\cos(\psi_{kv} - \varphi)|} = \frac{S_{kV}}{33 \cdot |\cos(\psi_{kv} - \varphi)|}, \quad (8)$$

kde  $\varphi$  je fázový úhel mezi proudem a napětím výroby při maximálním zdánlivém výkonu  $S_{Amax}$ .

U výroben, které dodávají do sítě jalový výkon (např. přebuzené synchronní generátory, pulzní měniče), přitom platí:

$$P > 0 \text{ a } Q > 0 \\ 0^\circ \leq \varphi_E \leq 90^\circ.$$

U výroben, které odebírají ze sítě jalový výkon (např. asynchronní generátory, podbuzené synchronní generátory, síti řízené střídače) platí:

$$P > 0 \text{ a } Q < 0 \\ 270^\circ \leq \varphi_E \leq 360^\circ \text{ } (-90^\circ \leq \varphi_E \leq 0^\circ).$$

Pokud pro cosinový člen, tj.  $\cos(\psi_{kV} - \varphi)$  v rovnici (2) vychází hodnota menší než 0,1, pak se se zřetelem na nejistoty tohoto výpočtu odhaduje 0,1.

V mnoha případech je v praxi udán maximální přípojitelný výkon  $S_{Amax}$  pro který je pak zapotřebí určit zvýšení napětí v přípojném bodu. K tomu je používán následující vztah:

$$\Delta u_{AV} = \frac{S_{Amax} \cdot \cos(\psi_{kV} - \varphi)}{S_{kV}}. \quad (9)$$

V propojených sítích, v sítích 110 kV a/nebo při provozu více rozptýlených výroben v síti je zapotřebí určovat zvýšení napětí s pomocí komplexního chodu sítě. Přitom musí být dodržena podmínka pro  $\Delta u$  v nejnepříznivějším přípojném bodě.

Při posuzování připojitelnosti výroben se vychází z neutrálního účinku v předávacím místě do DS, pokud PDS vzhledem k místním podmínkám (bilance jalové energie, napětí v síti) nestanoví jinak. V tomto případě je pak zapotřebí doložit podrobnějšími výpočty bilanci ztrát v síti bez zdroje a při jeho provozu.

## 10.2 ZMĚNY NAPĚTÍ PŘI SPÍNÁNÍ

Změny napětí ve společném napájecím bodě, způsobené připojováním a odpojováním jednotlivých generátorů nebo zařízení, nevyvolávají nepřijatelné zpětné vlivy, pokud největší změna napětí pro výrobní s předávacím místem v síti nn nepřekročí 3 %, tj.

$$\Delta u_{\max m} \leq 3 \% . \quad (10)$$

Pro výrobní s předávacím místem v síti vn platí

$$\Delta u_{\max vn} \leq 2 \% . \quad (11)$$

Toto platí, pokud spínání není častější než jednou za 1,5 minuty.

Při velmi malé četnosti spínání, např. jednou denně, může PDS připustit větší změny napětí, pokud to dovolí poměry v síti.

Pro výrobní v síti 110 kV platí pro omezení změny napětí vyvolané spínáním :

a) Normální provoz:

Spínání jedné výrobní jednotky (např. jednoho generátoru větrné turbíny)

$$\Delta u_{\max} \leq 0,5 \% \quad (12)$$

Spínání celého zařízení (např. větrného parku)

$$\Delta u_{\max} \leq 2 \% \quad (13)$$

b) Poruchový provoz

Pro změnu napětí při spínání celého zařízení platí

$$\Delta u_{\max} \leq 5 \% \quad (14)$$

V závislosti na zkratovém výkonu  $S_{KV}$  v síti PDS a jmenovitém zdánlivém výkonu  $S_{nE}$  jednotlivé výrobní lze odhadnout změnu napětí

$$\Delta u_{\max} = k_{imax} \cdot \frac{S_{nE}}{S_{KV}} . \quad (15)$$

Činitel  $k_{imax}$  se označuje jako "největší spínací ráz" a udává poměr největšího proudu, který se vyskytuje v průběhu spínacího pochodu (např. zapínací ráz  $I_a$ ) ke jmenovitému proudu generátoru nebo zařízení, např.

$$k_{imax} = \frac{I_a}{I_{nG}} . \quad (16)$$

Výsledky na základě tohoto "největšího zapínacího rázu" jsou na bezpečné straně.

Pro činitel zapínacího rázu platí následující směrné hodnoty:

|                           |                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $k_{imax} = 1$            | synchronní generátory s jemnou synchronizací, střídače                                                                                                                                                                                                               |
| $k_{imax} = 4$            | asynchronní generátory, připojované s 95 až 105 % synchronních otáček, pokud nejsou k dispozici přesnější údaje o způsobu omezení proudu. S ohledem na krátkodobost přechodového jevu musí přitom být dodržena dále uvedená podmínka pro velmi krátké poklesy napětí |
| $k_{imax} = I_a / I_{nG}$ | asynchronní generátory motoricky rozbíhané ze sítě                                                                                                                                                                                                                   |
| $k_{imax} = 8$            | pokud není známo $I_a$ .                                                                                                                                                                                                                                             |



Asynchronní stroje připojované přibližně se synchronními otáčkami mohou vlivem svých vnitřních přechodných jevů způsobit velmi krátké poklesy napětí. Takovýto pokles smí dosáhnout dvojnásobku jinak přípustné hodnoty, tj. pro síť vn 4 %, pro síť nn 6 %, pokud netrvá déle než dvě periody a následující odchylka napětí od hodnoty před poklesem napětí nepřekročí jinak přípustnou hodnotu.

Pro větrné elektrárny platí speciální "činitel spínání závislý na síti", který musí výrobce prokazovat, jímž se hodnotí jejich spínání a který také respektuje zmíněné velmi krátké přechodné jevy. Tento činitel respektuje nejen výši, ale i časový průběh proudu v průběhu přechodného děje a udává se jako funkce úhlu impedance sítě  $\psi$  pro každé zařízení ve zkušebním protokolu.

Jeho pomocí lze vypočítat fiktivní "náhradní změnu napětí",

$$\Delta u_{\text{ers}} = k_{i\psi} \cdot \frac{S_{nE}}{S_{KV}}, \quad (17)$$

kteřá rovněž (jako  $\Delta u_{\text{max}}$ ) nesmí překročit hodnoty podle vztahů (10) až (14).

S ohledem na minimalizaci zpětného vlivu na síť PDS je zapotřebí zamezit současnému spínání více generátorů v jednom předávacím místě. Technické řešení je časové odstupňování jednotlivých spínání, které je závislé na vyvolaných změnách napětí. Při maximálním přípustném výkonu generátoru musí být minimálně 1,5 minuty. Při zdánlivém výkonu generátoru do poloviny přípustné hodnoty postačí odstup 12 s.

### 10.3 PŘIPOJOVÁNÍ SYNCHRONNÍCH GENERÁTORŮ

U synchronních generátorů je nutné takové synchronizační zařízení, se kterým mohou být dodrženy následující podmínky pro synchronizaci:

- rozdílnost napětí  $\Delta U < \pm 10 \% U_n$
- rozdílnost frekvence  $\Delta f < \pm 0.5 \text{ Hz}$
- rozdílnost fáze  $< \pm 10^\circ$ .

V závislosti na poměru impedance sítě k výkonu generátoru může být nutné k zabránění nepřipustných zpětných vlivů na síť stanovit pro spínání užší meze.

### 10.4 PŘIPOJOVÁNÍ ASYNCHRONNÍCH GENERÁTORŮ

Asynchronní generátory rozbíhané pohonem musí být připojeny bez napětí při otáčkách v mezích 95 % až 105 % synchronních otáček. U asynchronních generátorů schopných ostrovního provozu, které nejsou připojovány bez napětí, je zapotřebí dodržet podmínky spínání jako pro synchronní generátory.

### 10.5 PŘIPOJOVÁNÍ VÝROBEN SE STŘÍDAČI, EV. MĚNIČI KMITOČTU

Střídače smějí být spínány pouze tehdy, když je jejich střídavá strana bez napětí. U vlastních výroben se střídači, schopných ostrovního provozu, které nejsou spínány bez napětí, je zapotřebí dodržet podmínky zapnutí platné pro synchronní generátory.

## 11 ZVLÁŠTNÍ POŽADAVKY NA VÝROBNY S OBNOVITELNÝMI ZDROJI S VÝKONEM NAD 15 MW PŘIPOJOVANÉ DO SÍTÍ 110 KV

### 11.1 VŠEOBECNĚ

Tato část vychází z německého Transmission Code 2007 VDN [2], který se věnuje podmínkám pro zachování provozu zdrojů připojených do sítě 110 kV a vyššího napětí při poruchách v síti mimo jejich vlastní vnitřní síť. Cílem těchto požadavků je nejen zamezit výpadku zdrojů při napěťových poklesech ale naopak napětí určitým způsobem podporovat, tak jako je tomu u klasických synchronních generátorů. Dalším cílem je reagovat na nárůst frekvence snížením dodávaného činného výkonu ještě předtím, než by došlo k jejich odpojení při nadfrekvenci.

### 11.2 URČENÍ JMENOVITÉHO VÝKONU

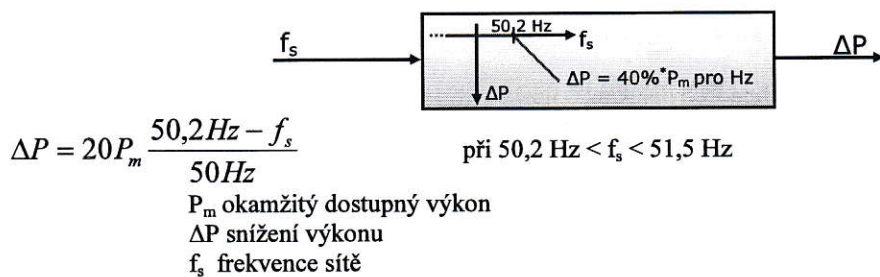
(1) Jmenovitý výkon výroby ve smyslu těchto ustanovení se určí ze součtu jednotlivých výrobních jednotek v jednom připojovacím bodě sítě. Podle toho se např. u větrných elektráren pohlíží na instalovaný výkon celého parku

jako na jmenovitý výkon (příp. je zapotřebí tuto sumarizaci použít na galvanicky oddělené provozované skupiny sítí 110 kV).

### 11.3 DODÁVKA ČINNÉHO VÝKONU

(1) Činný výkon výrobních jednotek s obnovitelnými zdroji (OZE) musí být říditelný podle pokynů provozovatele PS a DS, aby mohl působit proti ohrožení nebo poruše rovnováhy v systému. Přitom musí být výstupní výkon v každém provozním stavu a z každého provozního bodu redukovatelný na maximální hodnotu výkonu (zadanou hodnotu) udanou provozovatelem sítě. Tuto zadanou hodnotu udává pro přípojný bod provozovatel sítě a odpovídá procentní hodnotě vztaheně k přípojnému výkonu zdroje. Snížení dodávaného výkonu na signalizovanou hodnotu musí činit minimálně 10 % přípojného výkonu za minutu, aniž by došlo k odpojení zařízení od sítě.

(2) Všechny výrobní z obnovitelných zdrojů musí za provozu při frekvenci vyšší než 50,2 Hz snížit okamžitý činný výkon s gradientem 40 %/Hz ze současně dostupného výkonu generátoru (obr. 1).



V rozsahu 47,5 Hz <  $f_s$  < 50,2 Hz žádné omezení

Při  $f_s \leq 47,5$  Hz a  $f_s \geq 51,5$  Hz odpojení od sítě.

Obr. 1 Snížení činného výkonu obnovitelných zdrojů při nadfrekvenci

(3) Při návratu frekvence na hodnotu  $\leq 50,05$  Hz smí činný výkon opět růst, pokud aktuální frekvence nepřekročí 50.2 Hz. Tato regulace je zajištěna decentrálně na každém generátoru. Pásmo necitlivosti musí být menší než 10 mHz.

Pro větrné elektrárny, které se při nadfrekvenci oddělily od sítě je v současné době zpracováváno koncepční řešení resynchronizace se sítí.

### 11.4 DODÁVKA JALOVÉHO VÝKONU

Všechny výrobní s obnovitelnými zdroji se musí při výměně jalového výkonu chovat takto:

- (1) Dodávky jalového výkonu musí po několika minutách odpovídat hodnotě zadané provozovatelem sítě.
- (2) Pracovní bod pro výměnu jalového výkonu v ustáleném stavu se stanovuje podle požadavků sítě. Hodnota jalového výkonu se zadává jedním ze tří způsobů:

- účinník ( $\cos \varphi$ )
- hodnota jalového výkonu (Q v MVar)
- hodnota napětí (U v kV), příp. s tolerančním pásmem

- (3) Zadání může být dáno:

- sjednanou hodnotou nebo event. průběhem
- charakteristikou v závislosti na pracovním bodu výroby
- online zadávanou požadovanou hodnotou

- (4) V případě online zadávání požadované hodnoty musí dojít nejpozději do jedné minuty k přechodu do nového pracovního bodu pro výměnu jalové energie v přípojném bodě.

#### 5 CHOVÁNÍ PŘI PORUCHÁCH V SÍTÍ.

- (1) Provozovatel výroby musí sám přijmout opatření k zamezení škodám na jeho vlastním výrobním zařízení při automatickém OZ v síti provozovatele DS.

- (2) Provozovatel zdroje využívajícího obnovitelné energie musí sám zajistit bezpečné zjištění a zvládnutí možného ostrovního provozu zařízení, i když nedojde k překročení/poklesu napětí a frekvence pod přípustné definované meze..

Vedle systémových funkcí, jako podpětí a přepětí, podfrekvence a nadfrekvence, které jsou již ve většině případů schopné rozpoznat vznik ostrovního provozu se požaduje, aby od pomocných kontaktů vypínače na straně nižšího nebo vyššího napětí síťového transformátoru byl dán povel na sjetí a vypnutí všech jednotlivých generátorů výroby



tak, aby nejpozději za 3 s byl ostrovní provoz ukončen. Dovoleny jsou i jiné způsoby zjištění ostrovního provozu, pokud nevyvolávají nadbytečnou činnost při systémových poruchách.

(3) Výrobní jednotka typu 1 má synchronní generátor přímo připojený k síti. Není-li tato podmínka splněna, jde o výrobní jednotku typu 2.

(4) Pro výrobní jednotku typu 1 platí v zásadě požadavky v předchozích částech. Požadavky na výrobní jednotky typu 2 jsou v následujících částech.

(5) Při poruchách v síti, které jsou mimo chráněné pásmo výroby nesmí dojít k odpojení od sítě. Po dobu trvání poruchy je zapotřebí do sítě dodávat příspěvek ke zkratovému proudu. Zkratový příspěvek je zapotřebí dohodnout s provozovatelem sítě podle druhu zařízení, např. asynchronních generátorů nebo střídačů.

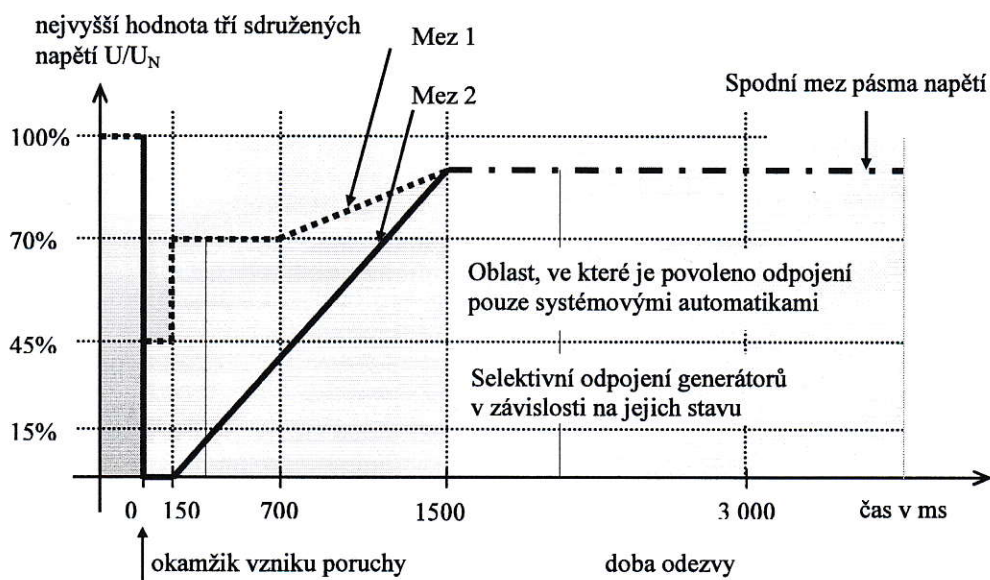
(6) Při poklesu napětí v přípojném bodě pod 85 % vztahného napětí (např. 110 kV  $\times$  0.85 = 93.5 kV) a jeho setrvání při současném odběru jalového výkonu ze sítě v přípojném bodě (podbuzený provoz) musí být výroba odpojena od sítě s časovým zpožděním 0.5 s. Hodnota napětí se vztahuje k největšímu ze tří sdružených napětí. K odpojení má dojít na generátorovém vypínači. Tato funkce plní kontrolu podpory napětí.

(7) Při poklesu a setrvání napětí na nižší napěťové straně každého transformátoru zdroje na a pod hodnotu 80 % spodní meze pásma napětí (např. 690 V  $\times$  0.8 = 525 V) musí být vždy jedna čtvrtina generátorů odpojena od sítě za 1.5 s, další za 1.8 s, za 2.1 s a 2.4 s. Hodnota napětí se vztahuje k největšímu ze tří sdružených napětí. Časové odstupňování může být v jednotlivých případech dohodnuto jinak.

(8) Při vzrůstu a setrvání napětí na straně nižšího napětí transformátoru zdroje na a nad 120 % horní meze napěťového pásma (např. 690 V  $\times$  1.05  $\times$  1.2 = 870 V) musí být příslušný generátor odpojen od sítě s časovým zpožděním 100 ms. Hodnota napětí se vztahuje k nejnižšímu ze tří sdružených napětí.

(9) Přidržený poměr měřicího členu pro podpětíovou, resp. přepětíovou systémovou automatiku musí být  $\leq 1.02$  resp.  $\geq 0.98$ .

(10) Při frekvenci mezi 47.5 Hz a 51.5 Hz je automatické odpojení od sítě z důvodu odchylky frekvence od 50 Hz



Obr2: Meze průběhu napětí v přípojném bodě pro výrobu s obnovitelnými zdroji typu 2 při poruše v síti

nepřípustné. Při poklesu frekvence pod 47.5 Hz musí dojít k nezpožděnému odpojení, resp. při vzrůstu nad 51,5 Hz smí dojít k automatickému odpojení od sítě.

(11) Doporučuje se zajistit funkce nad- a podfrekvence, pod- a nadpětí na generátoru jedním zařízením. Obecně se tyto funkce včetně funkce podpětí v přípojném bodě nazývají systémová automatika.

(12) Po odpojení výroby od sítě nadfrekvencí, podfrekvencí, podpětím a nadpětím nebo po ukončení ostrovního provozu je dovolena automatická synchronizace jednotlivých generátorů k síti při napětí v přípojném bodě sítě 110 kV vyšším než 105 kV. Hodnota napětí se vztahuje k nejnižšímu z tří sdružených napětí. Nárůst činného výkonu dodávaného do sítě provozovatelem sítě po takovémto odpojení nesmí překročit maximálně 10 % přípojného výkonu za minutu.

(13) Třípólové zkraty nebo symetrické poklesy napětí při poruchách nesmí nad mezi 1 v obr. 2 vést k nestabilitě nebo odpojení výroby od sítě.

(14) Uvnitř šrafované oblasti a nad mezi 2 v obr. 2 platí:

Všechny výroby musí poruchu překonat -projet bez odpojení do sítě. Pokud nějaká výroba nemůže vzhledem ke koncepci připojení (zařízení včetně generátorů) k síti splnit tuto podmínku bez odpojení od sítě, je dovoleno v



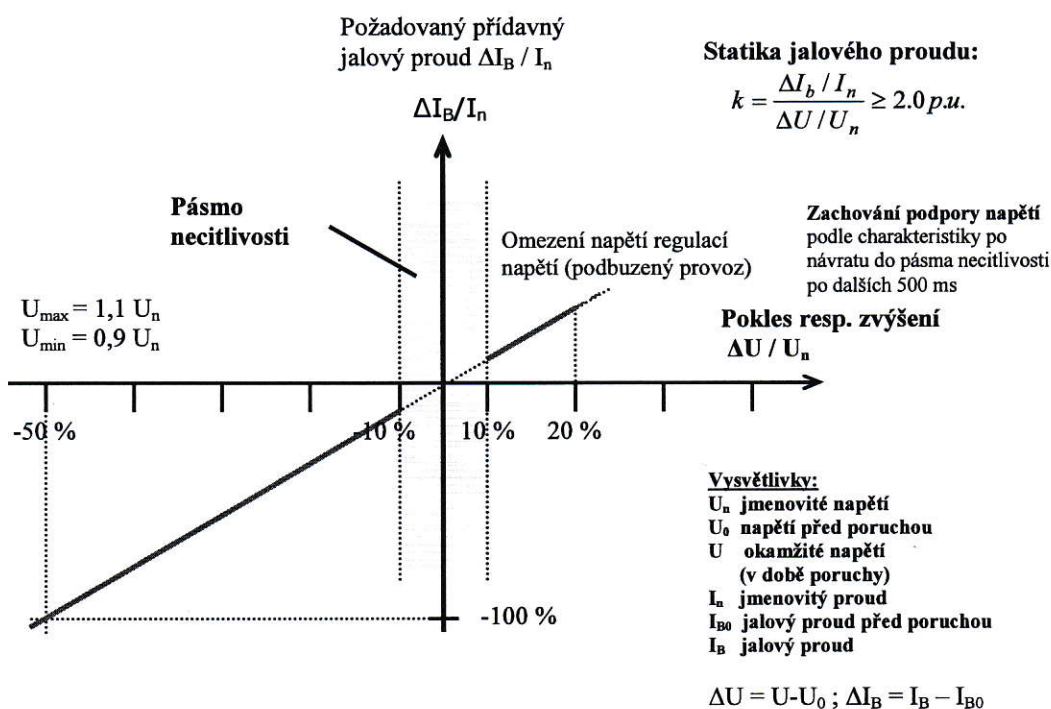
dohodě s provozovatelem sítě posunutí této meze při současném zkrácení resynchronizačního času a zajištění minimálního napájení jalovým proudem při poruše. Napájení jalovým proudem a resynchronizace musí probíhat tak, aby výrobní splňovala vhodnou formou požadavky sítě v přípojném bodě.

Pokud při projetí poruchy dojde k nestabilitě nějakého generátoru nebo náběhu nějaké ochrany generátoru, je dovoleno po dohodě s provozovatelem sítě krátkodobé odpojení výroby (KOV) od sítě. Resynchronizace musí následovat nejpozději do 2 s po začátku krátkodobého odpojení. Dodávka činného výkonu musí růst na původní hodnotu minimálně s gradientem 10 % jmenovitého výkonu generátoru za sekundu

(15) Pod mezí 2 v obr. 2 je KOV od sítě vždy dovoleno. Přitom jsou ve výjimečných případech po dohodě v PDS možné resynchronizační časy větší než 2 s a nárůst činného výkonu po vypnutí poruchy menší než 10 %/s.

(16) Všechna výrobní zařízení, která se v průběhu poruchy neodpojí od sítě, musí ihned po vypnutí poruchy dodávat činný výkon do sítě a růst s gradientem minimálně 20% jmenovitého výkonu za sekundu na původní hodnotu.

(17) Výrobní musí při poklesu napětí podporovat napětí v síti přidavným jalovým proudem. K tomu je zapotřebí při napětovém poklesu větším než 10 % efektivního napětí generátoru aktivovat regulaci napětí podle obr. 3. Tato regulace napětí musí zajistit jalový proud na straně nižšího napětí transformátoru zdroje s příspěvkem minimálně 2 % jmenovitého proudu na procento poklesu napětí. Zařízení musí být schopné dodávat do sítě požadovaný jalový proud v průběhu 20 ms (doba regulační odezvy). V případě potřeby musí být možná dodávka jalového proudu



Obr. 3 Princip podpory napětí při poruchách v síti výrobními s obnovitelnými zdroji

minimálně 100 % jmenovitého proudu.

(18) Po návratu napětí do pásma necitlivosti musí regulace napětí zůstat zachována podle zadané charakteristiky po dalších 500 ms.

(19) Při příliš velké vzdálenosti generátorů výroby od přípojného bodu, které by vedly k neúčinnosti regulace napětí, bude PDS požadováno měření poklesů napětí v přípojném bodě a regulace napětí závislá na této měřené hodnotě.

### 11.5 VÝJIMKY PRO VÝROBNY S OBNOVITELNÝMI ZDROJI

(1) Výrobní s obnovitelnými zdroji mohou být zproštěny povinnosti primární regulace.

(2) Podle schopností konvenčních výrobních zařízení při vzniku náhlé výkonové nerovnováhy v důsledku rozdělení sítě, vytvoření ostrovů a k zajištění obnovy provozu, musí výrobní s obnovitelnými zdroji užívat takové řídicí a regulační charakteristiky, které odpovídají současnému stavu techniky.

## 12 ZPĚTNÉ VLIVY NA NAPÁJECÍ SÍŤ

Aby nebyla rušena zařízení dalších odběratelů a provozovaná zařízení PDS, je zapotřebí omezit zpětné vlivy místních výroben. Pro posouzení je třeba vycházet ze zásad pro posuzování zpětných vlivů a jejich přípustných mezí [8], [9], [10].



Bez další kontroly zpětných vlivů mohou být výroby připojeny, pokud poměr zkratového výkonu sítě  $S_{KV}$  ke jmenovitému výkonu celého zařízení  $S_{rA}$  je větší než 500.

Pokud výrobce nechá své zařízení ověřit v uznávaném institutu, pak lze do posuzování připojovacích podmínek zahrnout příznivější činitel  $S_{KV}/S_{rG}$  ( $<500$ ). Pro větrné elektrárny je zapotřebí předložit certifikát, zkušební protokol apod. o očekávaných zpětných vlivech (viz Dodatek - Vysvětlivky).

Pro individuální posouzení připojení jedné nebo více vlastních výroben v jednom společném napájecím bodu je třeba vycházet z následujících mezních podmínek:

## 12.1 ZMĚNA NAPĚTÍ

### Změna napětí

$$\Delta U \leq 3 \% U_n \text{ (pro společný napájecí bod v síti nn)}$$

$$\Delta U \leq 2 \% U_n \text{ (pro společný napájecí bod v síti vn a 110 kV- viz též část 10).}$$

## 12.2 FLIKR

### DLOUHODOBÝ FLIKR

Pro posouzení jedné nebo více výroben v jednom předávacím místě je zapotřebí se zřetelem na kolísání napětí vyvolávající flikr dodržet ve společném napájecím bodě nn a vn mezní hodnotu

$$P_{lt} \leq 0,46. \quad (18)$$

ve společném napájecím bodě 110 kV mezní hodnotu

$$P_{lt} \leq 0,37. \quad (19)$$

Dlouhodobá míra flikru  $P_{lt}$  jednoho zdroje může být určena pomocí činitele flikru  $c$  jako

$$P_{lt} = c \cdot \frac{S_{nE}}{S_{KV}}, \quad (20)$$

$S_{nE}$  je jmenovitý výkon zařízení (pro větrné elektrárny je to hodnota  $S_{nG}$ ).

Pokud je hodnota vypočtená podle předchozí rovnice větší než 0,46, je možné do výpočtu zahrnout fázové úhly a počítat podle následujícího vztahu

$$P_{lt} = c \cdot \frac{S_{nE}}{S_{KV}} |\cos(\psi_{KV} + \varphi_i)|. \quad (21)$$

*Pozn.: Je-li ve zkušebním protokolu zařízení vypočítána hodnota činitele flikru  $c$  pro úhel impedance sítě  $\psi$  a tím je udána jen hodnota  $c_\psi$ , použije se tato hodnota flikru. Přitom je však třeba vzít v úvahu, že v tomto případě se už kosinový člen nerespektuje, event. se dosazuje roven 1.*

U výroby s více jednotlivými zařízeními je zapotřebí vypočítat  $P_{lt}$  pro každé zvlášť a výslednou hodnotu pro flikr ve společném napájecím bodě určit podle následujícího vztahu

$$P_{ltres} = \sqrt{\sum_i P_{lti}^2}. \quad (22)$$

U zařízení s  $n$  stejnými jednotkami je výsledný činitel pro flikr

$$P_{ltres} = \sqrt{n} \cdot P_{lt} = \sqrt{n} \cdot c \cdot \frac{S_{nE}}{S_{KV}}. \quad (23)$$

**12.3 PROUDY HARMONICKÝCH**

Harmonické vznikají především u zařízení se střídači nebo měniči frekvence. Harmonické proudy emitované těmito zařízeními musí udat výrobce, např. zprávou o typové zkoušce.

**12.3.1 Výrobní v síti nn**

Za předpokladu, že do sítě nn nemohou být připojeny více než dvě větší vlastní výrobní s maximálním výkonem po 10 % jmenovitého výkonu distribučního transformátoru, mohou být pro posouzení harmonických proudů ( $I_v$ ) použita následující jednoduchá kritéria:

$$\text{Přípustný proud } I_{vnn} = \text{vztažný proud } i_v \cdot \frac{S_{KV}}{\sin \psi_{KV}}. \quad (20)$$

vztažný proud  $i_v$  je uveden v TAB.4.

$\sin \psi_{KV} = X_k/Z_k$  ( $\approx 1$ , když je předávací místo blízko transformátoru vn/nn).

**TAB.4**

| řád harmonické v | vztažný proud $i_v$ :<br>(A/MVA) |
|------------------|----------------------------------|
| 5                | 3.0                              |
| 7                | 2.5                              |
| 11               | 1.5                              |
| 13               | 1.0                              |

Tento výpočetní postup nemůže být použit, pokud je společný napájecí bod v síti vn (např. větrná elektrárna).

**12.3.2 Výrobní v síti vn**

Pro pouze jediné předávací místo v síti vn lze určit celkové v tomto bodě přípustné harmonické proudy ze vztažných proudů  $i_{vpř}$  z TAB.5 násobených zkratovým výkonem ve společném napájecím bodu

$$I_{vpř} = i_{vpř} \cdot S_{KV}. \quad (21)$$

Pokud je ve společném napájecím bodu připojeno několik zařízení, pak se určí harmonické proudy přípustné pro jednotlivá zařízení násobením poměru zdánlivého výkonu zařízení  $S_A$  k celkovému připojitelnému nebo plánovanému výkonu  $S_{AV}$  ve společném napájecím bodu

$$I_{vpř} = i_{vpř} \cdot \frac{S_A}{S_{AV}} = i_{vpř} \cdot S_{KV} \cdot \frac{S_A}{S_{AV}}. \quad (22)$$

U zařízení sestávajících z jednotek stejného typu lze za  $S_A$  dosadit  $\Sigma S_{nE}$ . To platí též pro větrné elektrárny. U zařízení z nestejných typů jde pouze o odhad.

Celkové přípustné harmonické proudy pro síť vn, vztažené na zkratový výkon, které jsou vyvolány zařízením přímo připojeným do této sítě, jsou uvedeny v TAB.5.

Pro harmonické s řády násobků tří platí hodnoty v TAB.5 pro nejbližší řád, a to pouze, pokud se nulová složka proudů z výroby neuzavírá do sítě.

**TAB.5**

| Řád harmonické<br>$\mu, v$ | Přípustný vztažný proud harmonických |                                |           |
|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|-----------|
|                            | síť 10 kV                            | $i_{vpř}$ [A/MVA]<br>síť 22 kV | síť 35 kV |
| 5                          | 0,115                                | 0,058                          | 0,033     |
| 7                          | 0,082                                | 0,041                          | 0,023     |
| 11                         | 0,052                                | 0,026                          | 0,015     |



|               |        |        |         |
|---------------|--------|--------|---------|
| 13            | 0,038  | 0,019  | 0,011   |
| 17            | 0,022  | 0,011  | 0,006   |
| 19            | 0,016  | 0,009  | 0,005   |
| 23            | 0,012  | 0,006  | 0,003   |
| 25            | 0,01   | 0,005  | 0,003   |
| >25 nebo sudé | 0,06/□ | 0,03/□ | 0,017/□ |
| $\mu < 40$    | 0,06/□ | 0,03/□ | 0,017/□ |
| $\mu > 40$    | 0,16/□ | 0,09/□ | 0,046/□ |

Pro sčítání proudů harmonických, pocházejících jak od různých odběratelů, tak i výroben platí následující pravidla

- usměrňovače řízené sítí (6- nebo 12 pulzní)

Harmonické typické pro usměrňovače (řádu 5., 7., 11., 13., atd.) i pro netypické nízkých řádů ( $\nu < 7$ ) se sčítají aritmeticky

$$I_{\nu} = \sum_{i=1}^n I_{\nu i} \quad (23)$$

Pro netypické harmonické vyšších řádů ( $\nu > 7$ ) je celkový harmonický proud určitého řádu roven odmocnině ze součtu kvadrátů harmonických proudů tohoto řádu

$$I_{\nu} = \sqrt{\sum_{i=1}^n I_{\nu i}^2} \quad (24)$$

- pulsně modulované střídače

Pro řád  $\mu$ , který v zásadě není celočíselný, ale pro hodnoty  $\mu > 11$  také obsahuje celočíselné hodnoty, je celkový proud rovný odmocnině ze součtu kvadrátů pro jednotlivá zařízení

$$I_{\mu} = \sqrt{\sum_{i=1}^n I_{\mu i}^2} \quad (25)$$

Pokud se vyskytují u těchto střídačů netypické harmonické proudy řádu  $\mu < 11$ , pak se tyto sčítají aritmeticky.

Jsou-li překročeny přípustné hodnoty harmonických proudů (nebo přípustné proudy mezipřímých proudů), pak jsou zapotřebí podrobnější posouzení. Přitom je třeba mít na paměti, že hodnoty přípustných harmonických proudů jsou voleny tak, aby platily i při vyšších frekvencích pro induktivní impedanci sítě, tj. např. pro čisté venkovní sítě. V sítích s významným podílem kabelů je ale síťová impedance v mnoha případech nižší, takže mohou být přípustné vyšší proudy harmonických. Předpokladem je výpočet a posouzení napětí harmonických ve společném napájecím bodu při uvažování skutečné (frekvenčně závislé) impedance sítě ve společném napájecím bodu podle [8]. Navíc k dosavadním požadavkům je zapotřebí dodržet podmínku, že v rozsahu frekvencí 2000 Hz až 9000 Hz nepřekročí ve společném napájecím bodu napětí 0,2 %.

Je-li v síti několik předávacích míst, musí být při posuzování poměrů v jednom předávacím místě brány v úvahu též ostatní předávací místa. Podle toho jsou poměry v síti vn přípustné, pokud v každém společném napájecím bodu nepřekročí harmonické proudy emitované do sítě hodnotu

$$I_{\nu} V_{př} = i_{\nu př} \cdot S_{KV} \cdot \frac{S_{AV}}{S_s} \quad (30)$$

kde  $S_{AV}$  je součet napájecích zdánlivých výkonů všech zařízení v daném společném napájecím bodě a  $S_s$  je celkový výkon, pro který je síť navržena.

Pokud podle tohoto výpočtu dojde k překročení přípustných harmonických proudů, pak v zásadě připojení není možné, pokud podrobnější výpočet neprokáže, že přípustné hladiny harmonických napětí v síti nejsou překročeny. Pro jiná síťová napětí, než jaká jsou udána v TAB. 2, lze přepočítat vztažné harmonické proudy z hodnot v této tabulce (nepřímě úměrně k napětí).

Pokud jsou překročeny přípustné proudy harmonických, pak je zapotřebí provést podrobnější výpočet harmonických (viz část 16 - Vysvětlivky).

### 12.3.3 Výrobní v síti 110 kV

Pro tyto sítě udává následující tabulka celkově dovolené proudy harmonických pro zařízení připojená do jedné transformovny nebo do jednoho vedení 110 kV. Tyto hodnoty převzaté z [18] se vztahují ke zkratovému výkonu v předávacím místě výrobní.

TAB.6

| Řád $v, \mu$   | Přípustný vztažný proud harmonických<br>$i_{v, \mu \text{ zul}}$ v A/GVA |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 5              | 2,6                                                                      |
| 7              | 3,75                                                                     |
| 11             | 2,4                                                                      |
| 13             | 1,6                                                                      |
| 17             | 0,92                                                                     |
| 19             | 0,70                                                                     |
| 23             | 0,46                                                                     |
| 25             | 0,32                                                                     |
| > 25 nebo sudé | 5,25 / $v$                                                               |
| $\mu < 40$     | 5,25 / $\mu$                                                             |
| $\mu > 40^3$   | 16 / $\mu$                                                               |

Pozn.: Pro harmonické řádu násobku tří se mohou vzít za základ hodnoty pro nejbližší vyšší řád

Přípustné proudy harmonických jednoho výrobního zařízení se získají pak pro harmonické do řádu 13 takto:

$$I_{v \text{ zul}} = i_{v, \mu \text{ zul}} \cdot S_{kV} \cdot \frac{S_A}{S_0} \quad (31)$$

pro harmonické řádů vyšších než 13 a pro meziharmonické:

$$I_{v, \mu \text{ zul}} = i_{v, \mu \text{ zul}} \cdot S_{kV} \cdot \sqrt{\frac{S_A}{S_0}} \quad (32)$$

kde

$I_{v, \mu \text{ zul}}$  přípustný proud harmonické výrobního zařízení  
 $i_{v, \mu \text{ zul}}$  přípustný vztažný proud harmonické podle TAB. 6  
 $S_{kV}$  zkratový výkon v přípojném bodě  
 $S_A$  přípojný výkon výrobního zařízení  
 $S_0$  referenční výkon.

Proudů harmonických a meziharmonických řádů vyšších než 13 se nemusí respektovat, když je výkon největšího dodávajícího měniče menší než 1/100 zkratového výkonu sítě v přípojném bodě.

Je-li výrobní zařízení připojeno k úseku vedení mezi dvěma transformovnami, dosazuje se za referenční výkon  $S_0$  tepelný mezní výkon tohoto úseku vedení. Při připojení výrobního zařízení přímo nebo přes zákazníkovo vedení k transformovně se za  $S_0$  dosazuje maximálně k transformovně připojitelný vyráběný výkon.

Dodržení přípustných proudů zpětných vlivů podle rovnic (27) a (28) lze prokázat měřením celkového proudu v předávacím místě nebo výpočtem z proudů připojených jednotlivých zařízení.

Měření proudů harmonických a meziharmonických se musí provádět podle ČSN EN 61000-4-7 ed.2.

<sup>3</sup> Celočíselné nebo neceločíselné v pásmu 200 Hz



Proudy harmonických, přiváděné zkresleným napětím sítě do výrobního zařízení (např. do obvodů filtru), se výrobnímu zařízení nepočítávají.

#### 12.4 OVLIVNĚNÍ ZAŘÍZENÍ HDO

Zařízení hromadného dálkového ovládání (HDO) jsou obvykle provozována s frekvencí v rozmezí 183,3 až 283,3 Hz. Místně použitou frekvenci HDO je zapotřebí zjistit u PDS. Vysílací úroveň je obvykle 1,5 % až 2,5 %  $U_n$ .

Vysílače HDO jsou dimenzovány na zatížení, jež do určité míry vychází z 50 Hz zatížení sítě, kterou napájí svým signálem. Výrobní připojené do přípojnice do níž se vysílá signál HDO ho ovlivňují přidavným zatížením vysílačů HDO, které plyne z:

- vlastního zařízení výrobní
- zvýšeného zatížením sítě, které je v důsledku výroby k síti připojeno.

V těchto případech se posuzuje vliv výrobní na zatížení vysílače HDO. Vychází se z informace PDS o jeho zatížení a jmenovitém proudu. Přípustné zvýšení zatížení vysílače do 110 kV a vn je 5 % jmenovitého proudu.:

Výrobní připojované k síti mimo přípojnic do níž se vysílá signál HDO smí způsobit snížení úrovně signálu HDO maximálně o 5% za předpokladu, že bude dodržena minimální přípustná úroveň signálu HDO určená měřením. Tato úroveň musí být zaručena i při mimořádných zapojeních sítí.

Pro frekvence 194 – 283,3 Hz jsou minimální úrovně signálu HDO:

NN 150%  $U_f$ , VN 190%  $U_f$ , 110 kV 200%  $U_f$ .  $U_f$  je náběhové napětí přijímače, které obvykle bývá v rozmezí 0,8 – 0,9  $U_n$  [14].

Nepřípustným změnám hladiny signálu HDO v přípojném bodu, je obecně zapotřebí zamezit odpovídajícími technickými opatřeními, zpravidla hradícími členy. Jejich technické parametry musí být odsouhlaseny PDS.

Podrobnosti jsou v [14].

Při posuzování poklesů hladiny signálu HDO výrobními je zapotřebí uvažovat následující hlediska:

- Zdroje připojené statickými střídači bez filtrů zpravidla nezpůsobují významné snížení hladiny signálu HDO. Pokud jsou vybaveny filtry nebo kompenzačními kondensátory, pak je zapotřebí přezkoušet sériovou rezonanci s reaktancí nakrátko transformátoru výrobní.

- Zdroje, jejichž synchronní nebo asynchronní generátory jsou připojeny do sítě přes transformátor, vyvolávají tím nižší pokles signálu, čím je vyšší zkratová reaktance generátoru a transformátoru, čím je vyšší frekvence HDO a zkratový výkon sítě.

Kromě omezení poklesu hladiny signálu HDO nesmí být též produkována nežádoucí rušivá napětí.

Obecně platí:

- výrobnou vyvolané rušivé napětí, jehož frekvence odpovídá místně použité frekvenci HDO nebo leží v bezprostřední blízkosti, nesmí překročit 0.1 %  $U_n$
- napětí produkováná výrobnou, jejichž frekvence je do 100 Hz pod nebo nad místně použitou frekvenci HDO, nesmějí v přípojném bodu překročit 0.3 %  $U_n$ .

Výše uvedené hodnoty 0.1%  $U_n$  resp. 0.3%  $U_n$  vycházejí z předpokladu, že v síti nn nejsou připojeny více než dvě vlastní výrobní. Jinak jsou zapotřebí zvláštní výpočty [14].

Pokud vlastní výrobní nepřípustně ovlivňuje provoz zařízení HDO, je zapotřebí, aby její provozovatel učinil opatření potřebná k odstranění ovlivnění, a to i když ovlivnění je zjištěno v pozdějším čase.

Bez posouzení je možné podle [14] připojit k síti výrobní, nepřesáhne-li jejich výkon v přípojném bodu a výkon v celé síťové oblasti hodnoty uvedené v tab.7.

TAB.7

| Napětíová úroveň<br>[kV] | Celkový výkon výrobních zařízení |                  |
|--------------------------|----------------------------------|------------------|
|                          | V přípojném bodu                 | V síťové oblasti |
| 0,4                      | 10 kVA                           | 20 kVA           |
| VN                       | 2MVA                             | 4MVA             |
| 110                      | 20 MVA                           | 40 MVA           |

## 13 UVEDENÍ DO PROVOZU

### 13.1 ZKUŠEBNÍ PROVOZ

Po realizaci výroby a předložení podkladů dle bodu č. 4.5 povolí **PDS** na základě požadavku výrobce zkušební provoz výroby. Tento provoz bude časově omezen a bude povolen pouze za účelem uvedení výroby do provozu, provedení potřebných zkoušek a měření. Zkušební provoz probíhá bez instalovaného obchodního měření dodávky do **DS**.

Před uvedením do provozu je zapotřebí, aby zřizovatel potvrdil, že vlastní výroba je provedena podle předpisů, norem a zásad uvedených v části 3, stejně jako podle **PPDS** a této přílohy a předložil protokol o provedení výchozí revize.

První paralelní připojení k síti je zapotřebí provést v přítomnosti zástupce **PDS**.

Před připojením je zapotřebí:

- prohlídka zařízení
- porovnání vybudovaného zařízení s projektovaným
- zkontrolovat přístupnost a funkce spínacího místa v předávacím místě
- zkontrolovat provedení měřicího a účtovacího zařízení podle smluvních a technických požadavků.

Dále je zapotřebí uskutečnit funkční zkoušky ochrany podle části 8.

Ochrany se ověřují buď za skutečných podmínek, nebo simulací pomocí odpovídajících zkušebních přístrojů.

Dále je zapotřebí odzkoušet náběh ochrany a dodržení udaných vypínacích časů pro následující provozní podmínky:

- třífázový výpadek sítě (u sítě nn i jednofázový)
- OZ (u asynchronních generátorů a synchronních generátorů od jmenovitého výkonu stanoveného **PDS**)
- odchylky frekvence (simulace zkušebním zařízením).

Obdobně je zapotřebí provádět tyto zkoušky i u zařízení se střídači.

U elektroměrů pro dodávku i odběr je zapotřebí provést kontrolu správnosti chodu.

Pokud je výroba vybavena dálkovým ovládáním, signalizací a měřením, je zapotřebí ověřit jejich funkce z příslušného rozhraní.

Je zapotřebí kontrolovat podmínky pro připojení podle části 10.

Dále je zapotřebí kontrolovat, zda kompenzační zařízení je připojováno a odpojováno s generátorem a zda u regulačních zařízení odpovídá regulace výkonovému rozsahu.

Doporučuje se body zkoušek provádět podle seznamu. Uvádění do provozu, zejména funkční zkoušky ochrany, je zapotřebí dokumentovat, např. zkušebním protokolem (viz 16.5).

Ochrany mohou být **PDS** plombovány.

### 13.2 SCHVÁLENÍ VÝROBY K TRVALÉMU PROVOZU, UZAVŘENÍ SMLOUVY O PŘIPOJENÍ

Na základě výzvy výrobce provede **PDS** v průběhu nebo po ukončení zkušebního provozu výroby její kontrolu zahrnující potřebné zkoušky a měření. Z této kontroly vyhotoví **PDS** protokol o uvedení výroby do provozu, který bude podkladem pro uzavření smlouvy o připojení zařízení výrobce k **DS**. Smlouvu **PDS** uzavírá pouze na základě souhlasných výsledků uvedené kontroly, popř. doložení odstranění zjištěných závad. Další navazující smlouvy (výkup vyrobené el. energie, systémové služby) jsou uzavřeny až po uzavření smlouvy o připojení zařízení výrobce k **DS**.

## 14 PROVOZOVÁNÍ

Zařízení potřebná pro paralelní provoz vlastní výroby se sítí **PDS** musí výrobce udržovat neustále v bezvadném technickém stavu. Spínače a ochrany musí být v pravidelných lhůtách funkčně přezkoušeny odborným pracovníkem. Výsledek je zapotřebí dokumentovat zkušebním protokolem.

Tento protokol má chronologicky doložit předepsané zkoušky a být uložen u zařízení vlastní výroby. Slouží též jako důkaz řádného vedení provozu (viz část 16.5).



**PDS** může v případě potřeby požadovat přezkoušení ochran pro oddělení od sítě a ochran vazebního spínače. Pokud to vyžaduje provoz sítě, může **PDS** zadat změněné nastavení pro ochrany.

Výrobce je povinen z nutných technických důvodů na žádost **PDS** odpojit vlastní výrobu od sítě.

**PDS** je při nebezpečí nebo poruše oprávněn k okamžitému odpojení výroby od sítě. Odpojování výroben k provádění provozně nutných činností v síti jsou zpravidla jejich provozovateli oznamována.

Vlastní výroba smí být - zejména po poruše zařízení **PDS** nebo výrobce - připojena na síť **PDS** teprve tehdy, když jsou splněny spínací podmínky podle části 10.

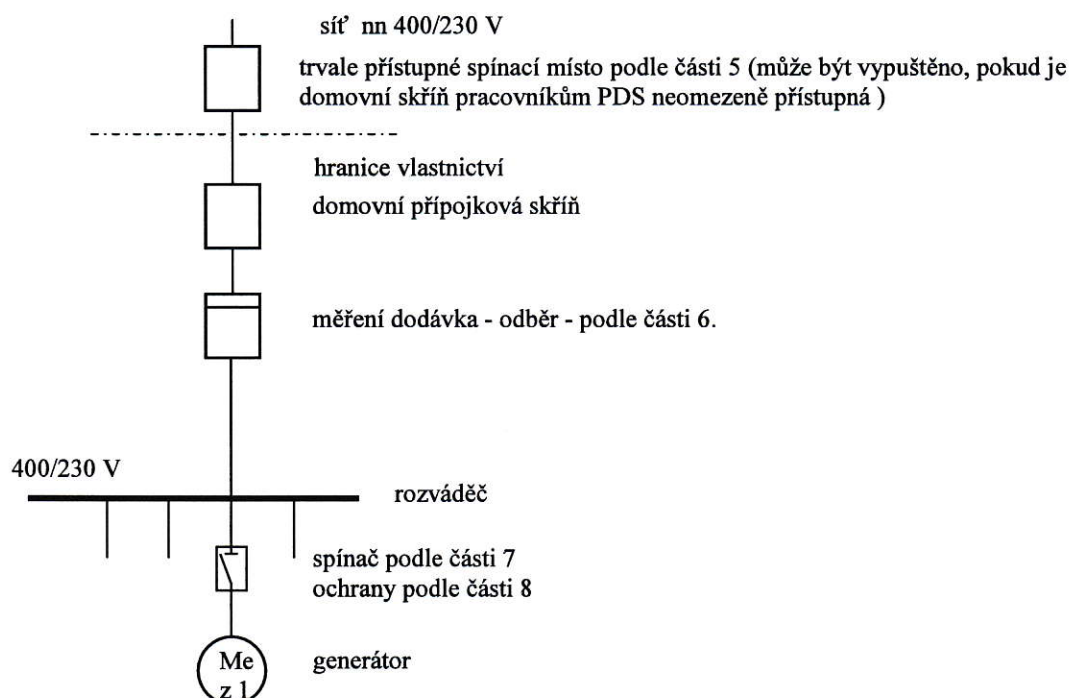
Pověřeným pracovníkům **PDS** je zapotřebí umožnit v dohodě s výrobcem přístup ke spínacímu zařízení a ochranám podle částí 7 a 8.

Pokud je ke spínání potřebný souhlas, pak uzavře **PDS** s provozovatelem výroby odpovídající (dohodu) smlouvu o provozování, ve které jsou vyjmenovány osoby oprávněné ke spínání. Do této dohody je zapotřebí zahrnout i ujednání o poruchové signalizaci, signalizaci odpojení a časech připojování zařízení vlastní výroby.

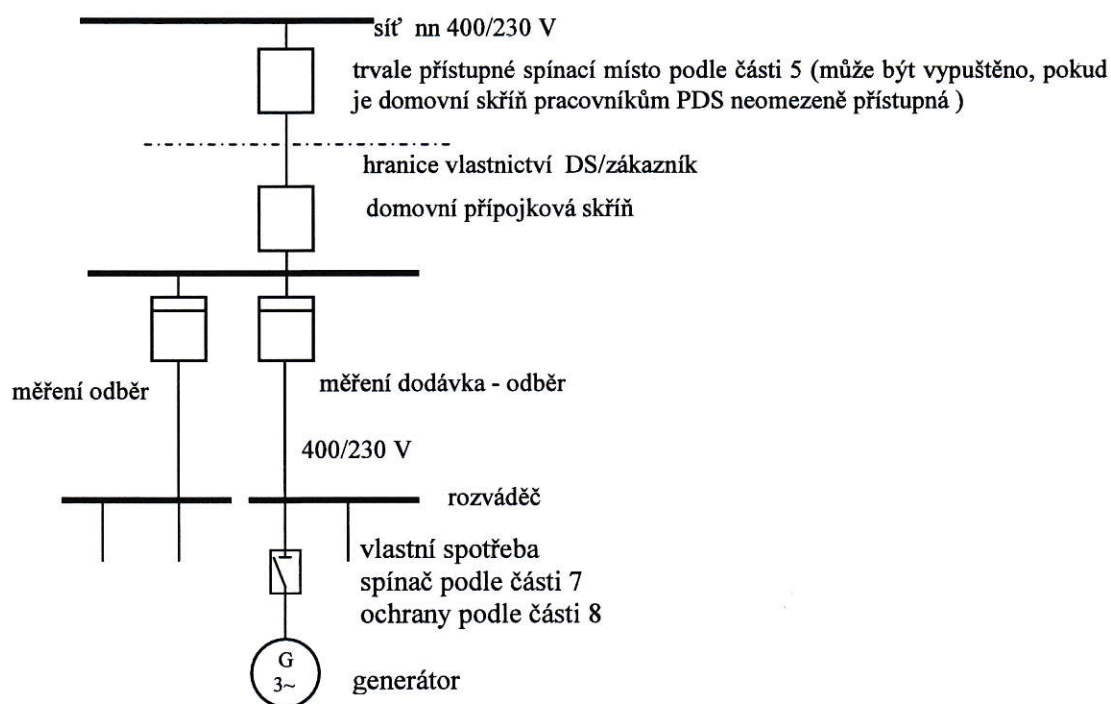
**PDS** vyrozumí provozovatele výroby o podstatných změnách ve své síti, které mohou ovlivnit paralelní provoz, jako je např. zvýšení zkratového výkonu.

Provozovatel výroby musí s dostatečným předstihem projednat s **PDS** zamýšlené změny zařízení, které mohou mít vliv na paralelní provoz se sítí, jako např. zvýšení nebo snížení výkonu výroby, výměnu ochran, změny u kompenzačního zařízení.

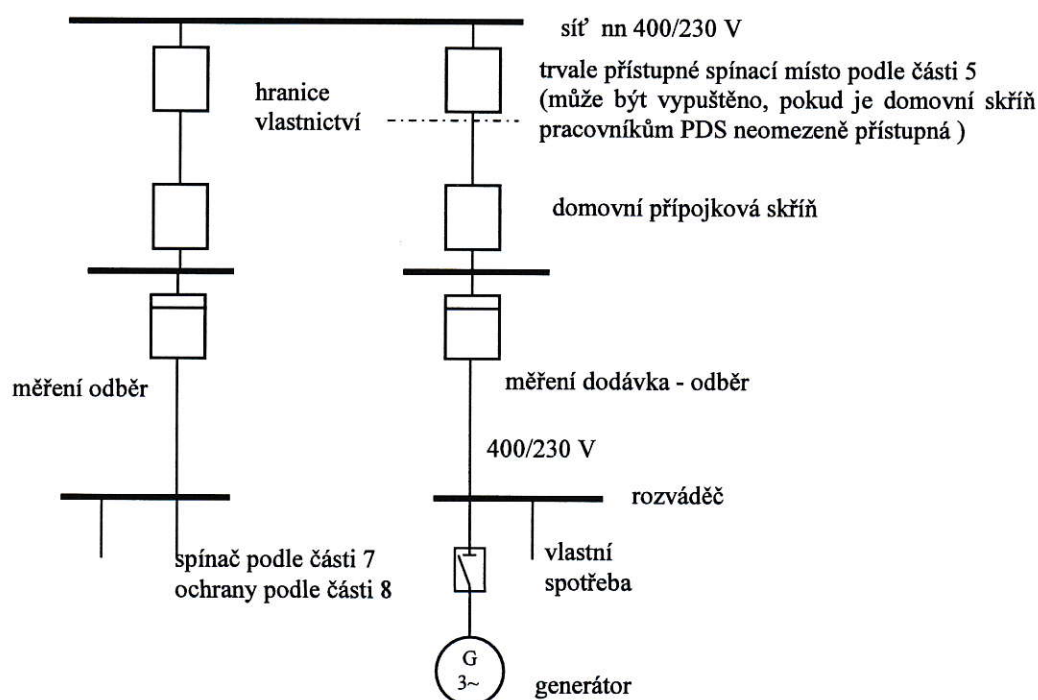
## 15 PŘÍKLADY PŘIPOJENÍ VÝROBEN

**Příklad 1** Paralelně provozovaná výrobná v síti nn bez možnosti ostrovního provozu

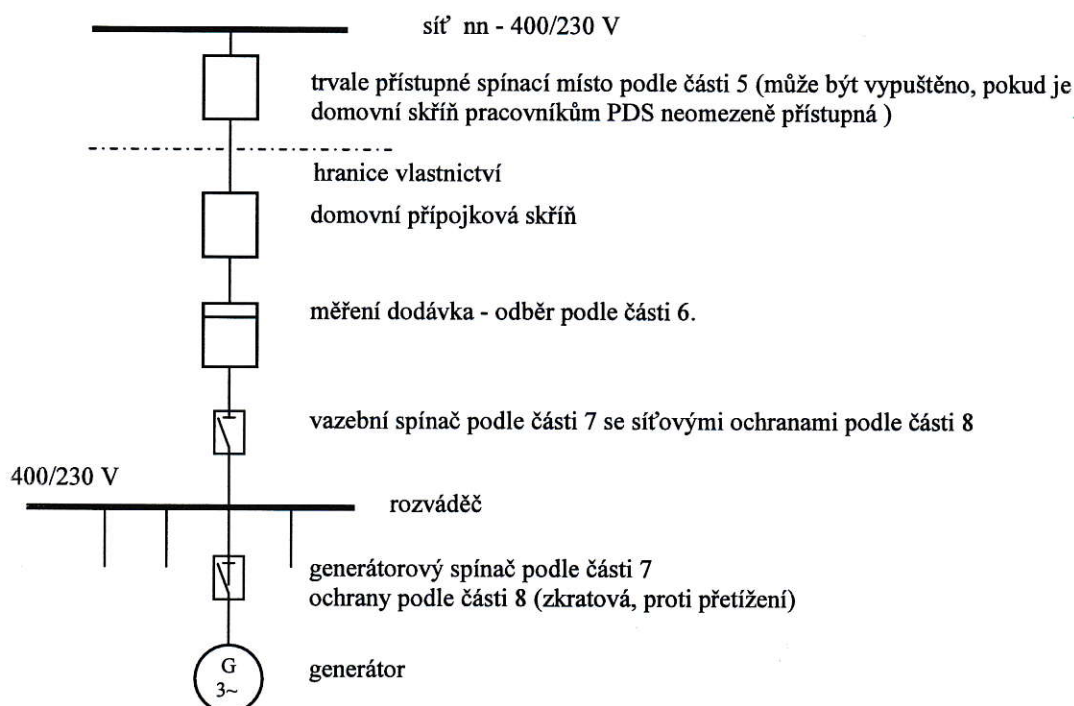
**Příklad 1a** Paralelně provozovaná výrobná v síti nn bez možnosti ostrovního provozu  
Společné připojení, možnost vykázat výrobu a částečně ji spotřebovat. Průběhové měření.



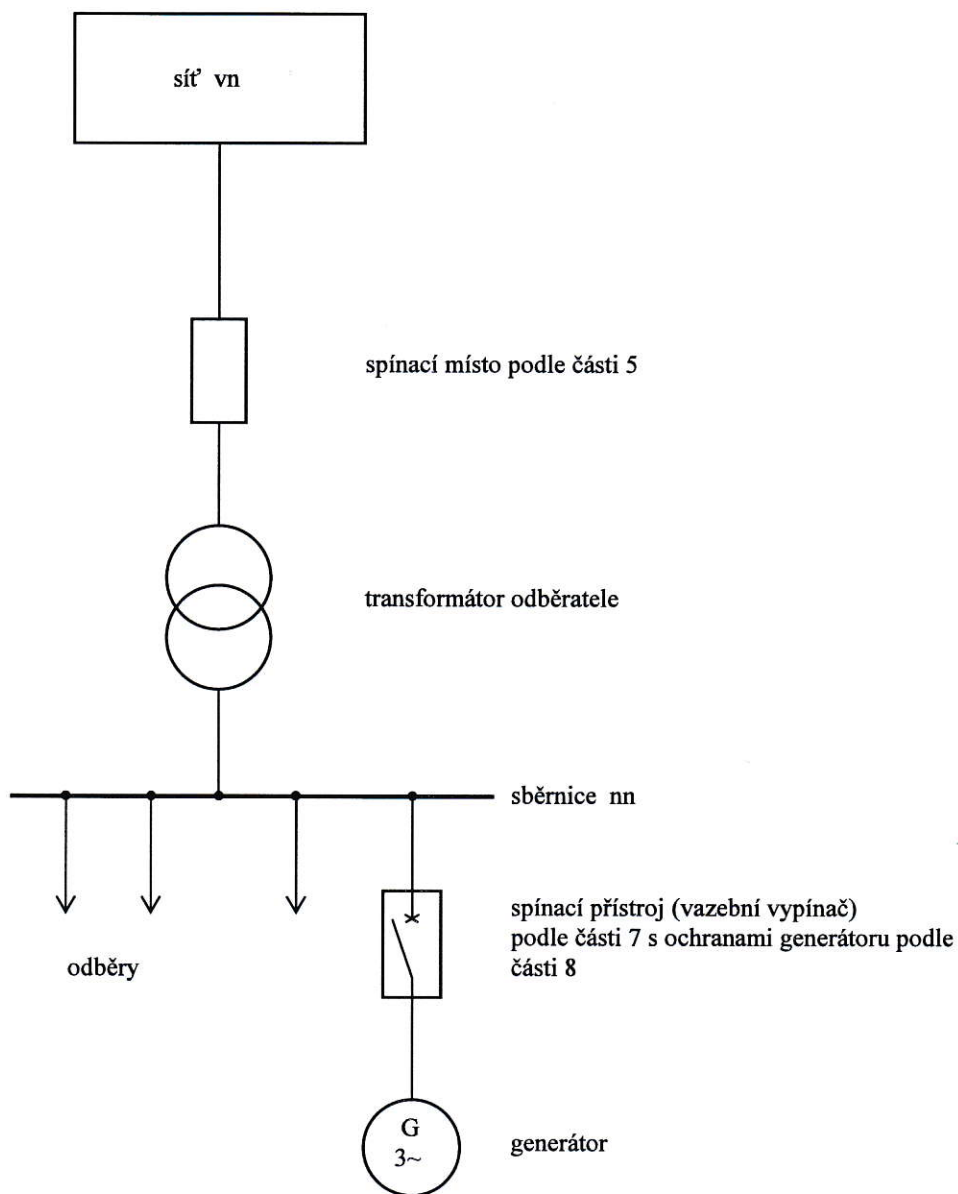




**Příklad 1b** Paralelně provozovaná výrobná v síti nn bez možnosti ostrovního provozu  
Celá výroba bez vlastní spotřeby dodaná do DS  
Rozšíření stávajícího odběru o výrobu

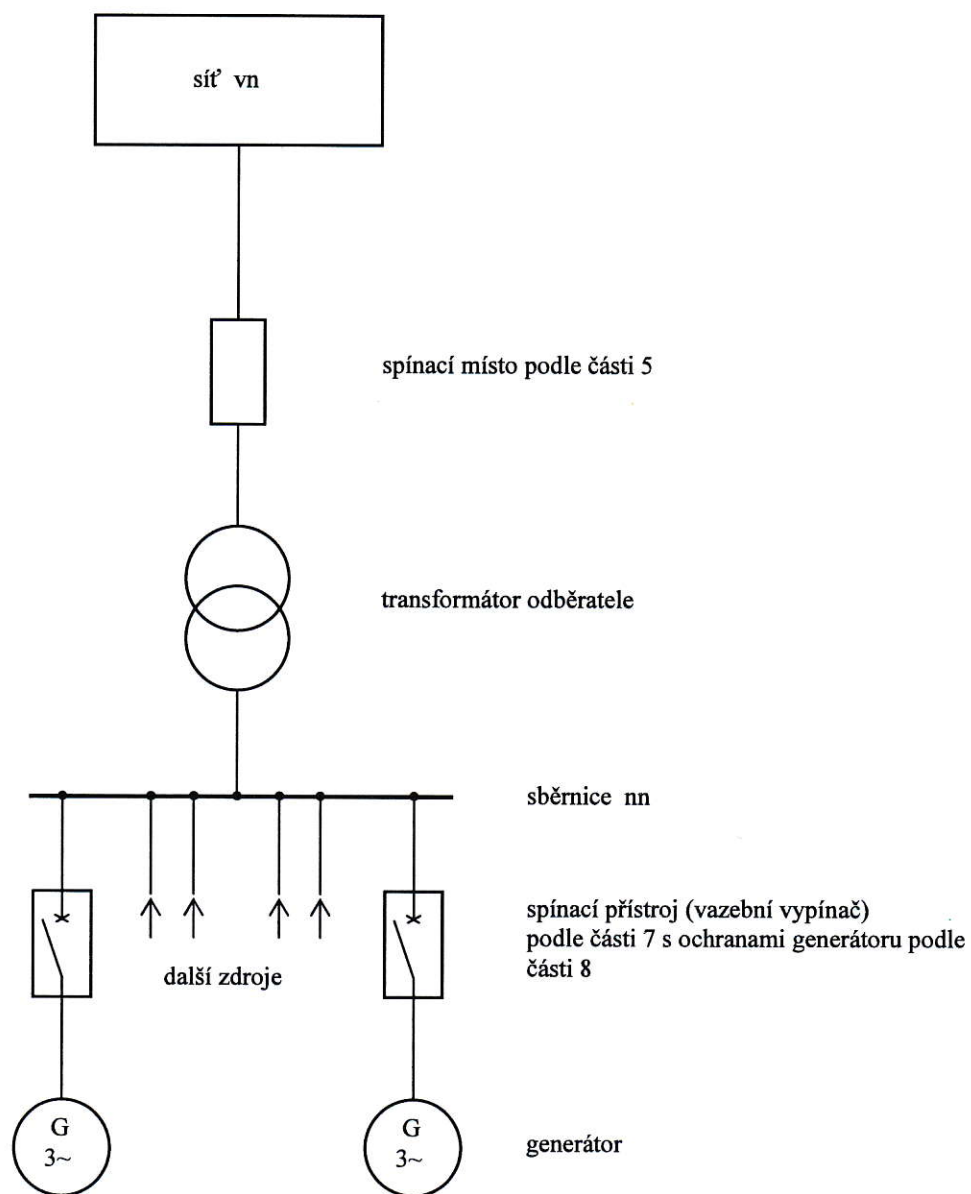


**Příklad 2** Paralelně provozovaná výrobná v síti nn s možností ostrovního provozu

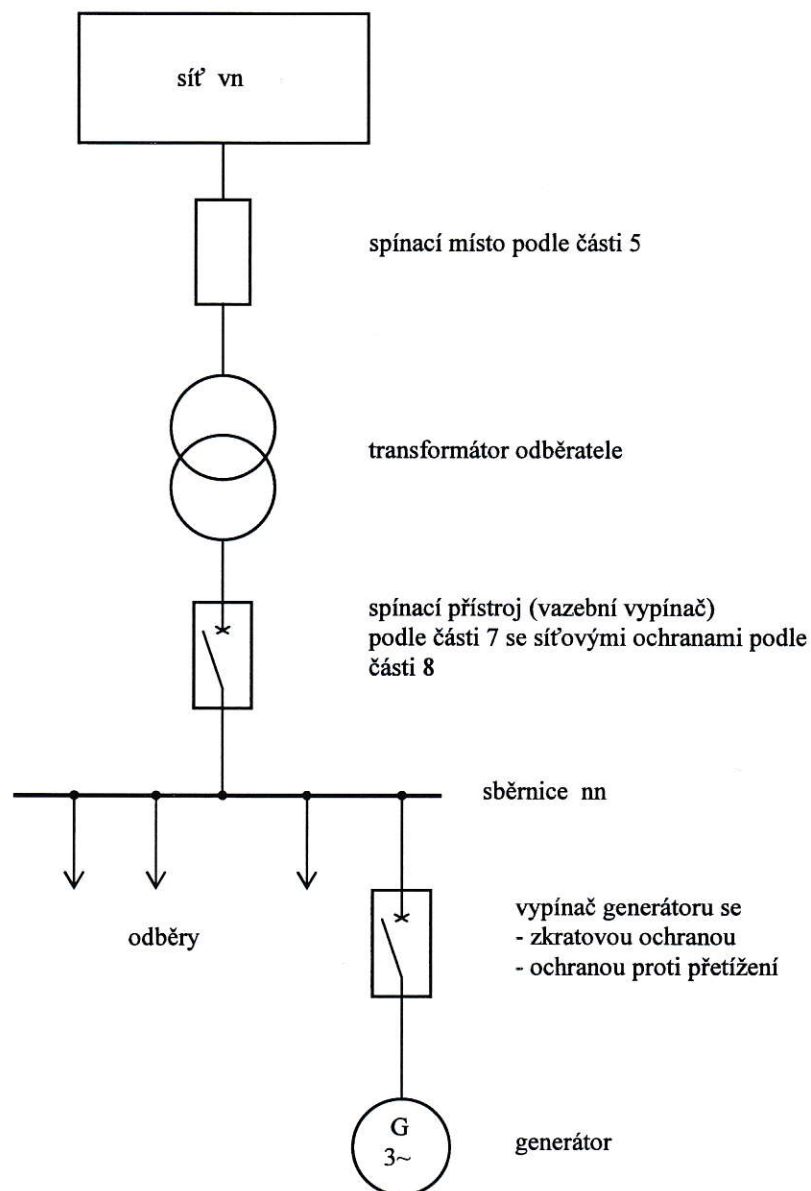


**Příklad 3** Jedna vlastní výrobn v paralelním provozu se sítí bez možnosti ostrovního provozu



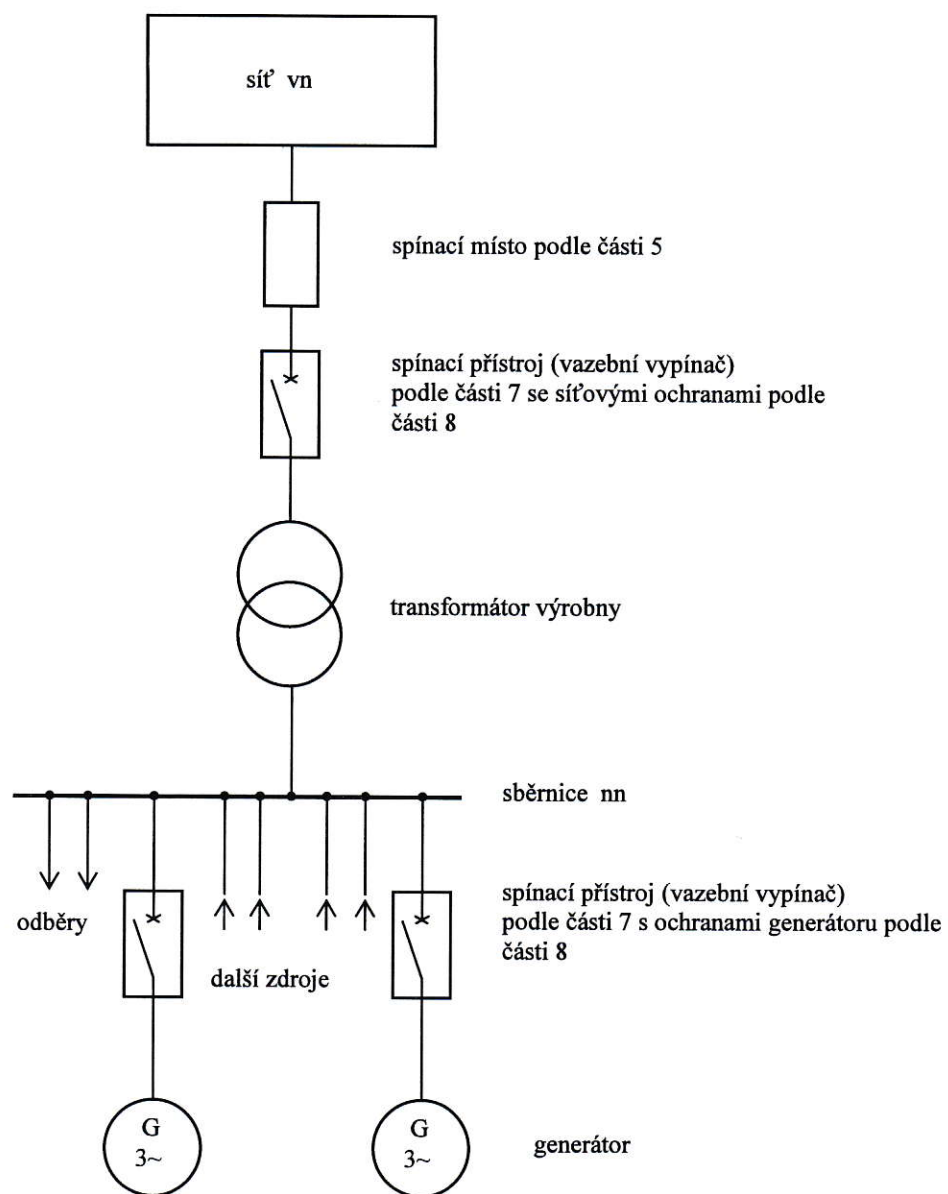


**Příklad 4** Několik vlastních výroben v paralelním provozu se sítí bez možnosti ostrovního provozu

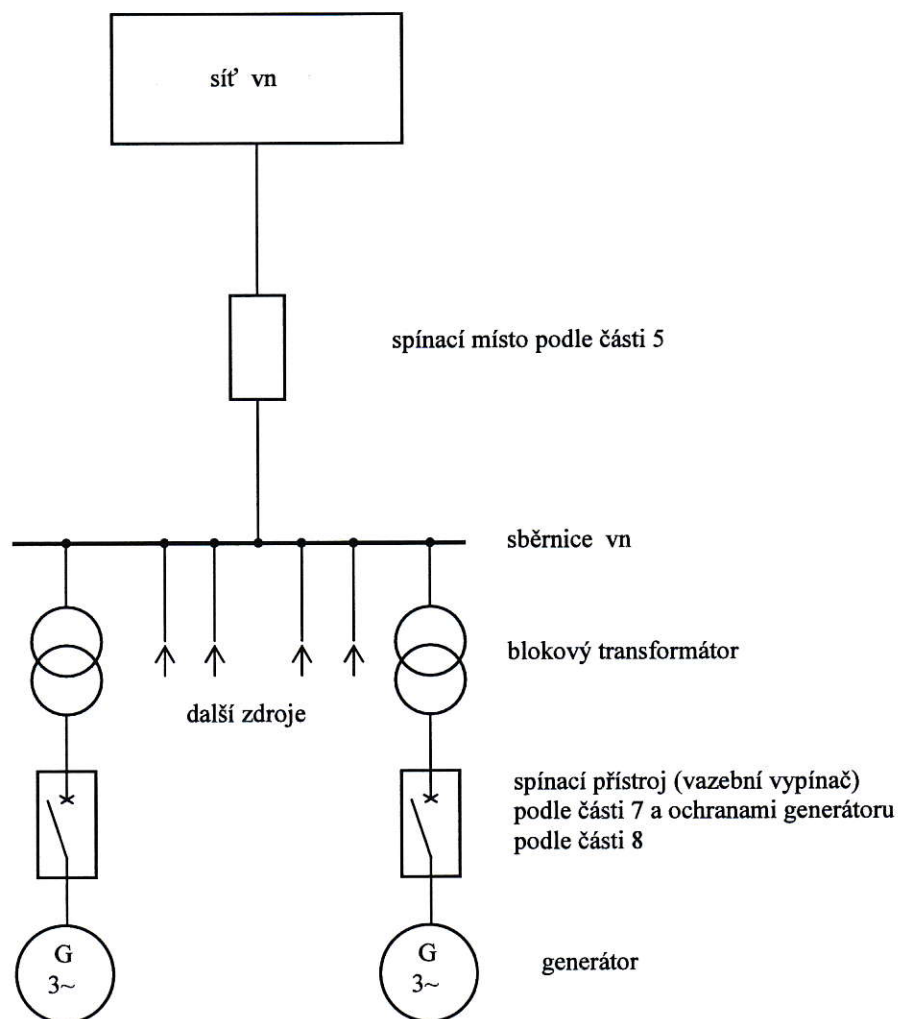


**Příklad 5** Vlastní výrobní v paralelním provozu se sítí s možností ostrovního provozu



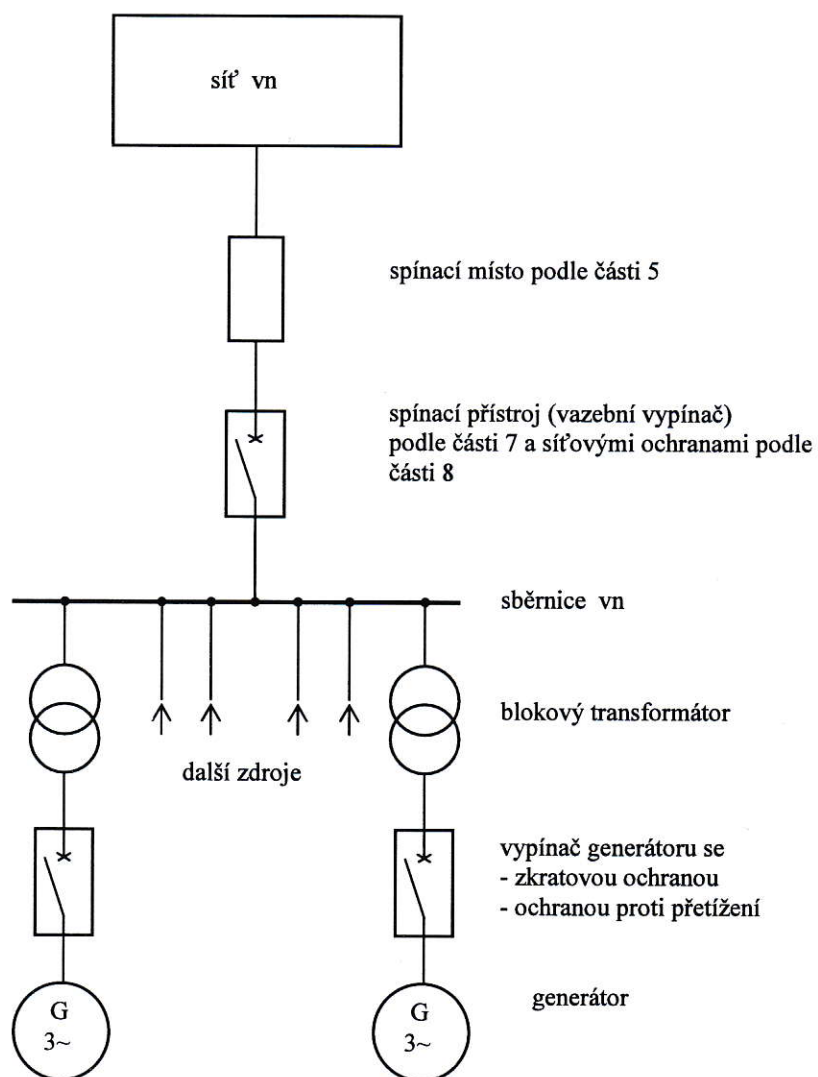


**Příklad 6** Několik vlastních výroben v paralelním provozu se sítí s možností ostrovního provozu

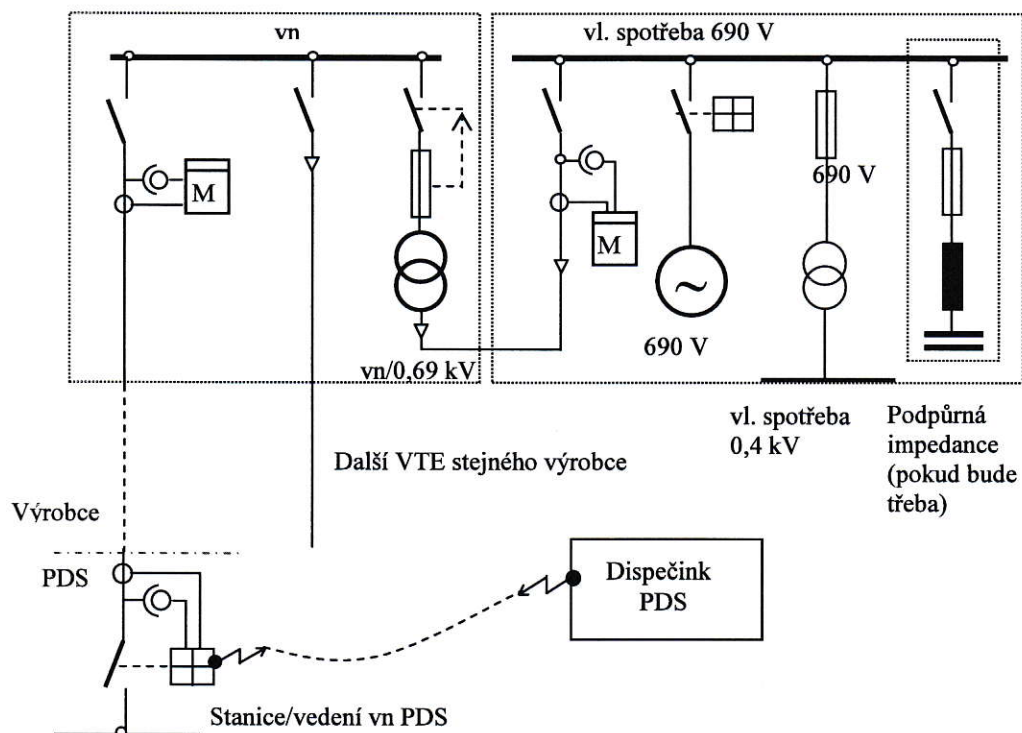


**Příklad 7** Několik vlastních výroben v paralelním provozu se sběrnicí vn  
a decentralizovanými vypínači s ochranami

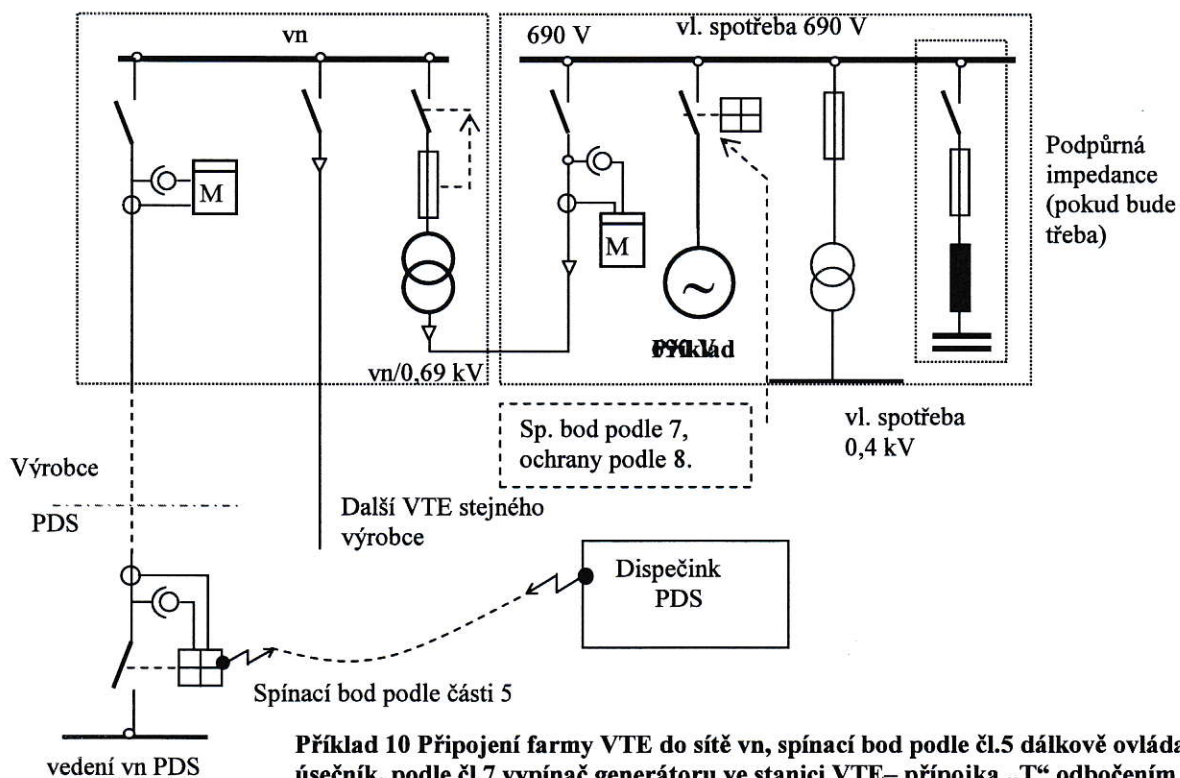




**Příklad 8** Několik vlastních výroben v paralelním provozu se sítí bez možnosti ostrovního provozu, se sběrnicí vn a centrálním vypínačem s ochranami

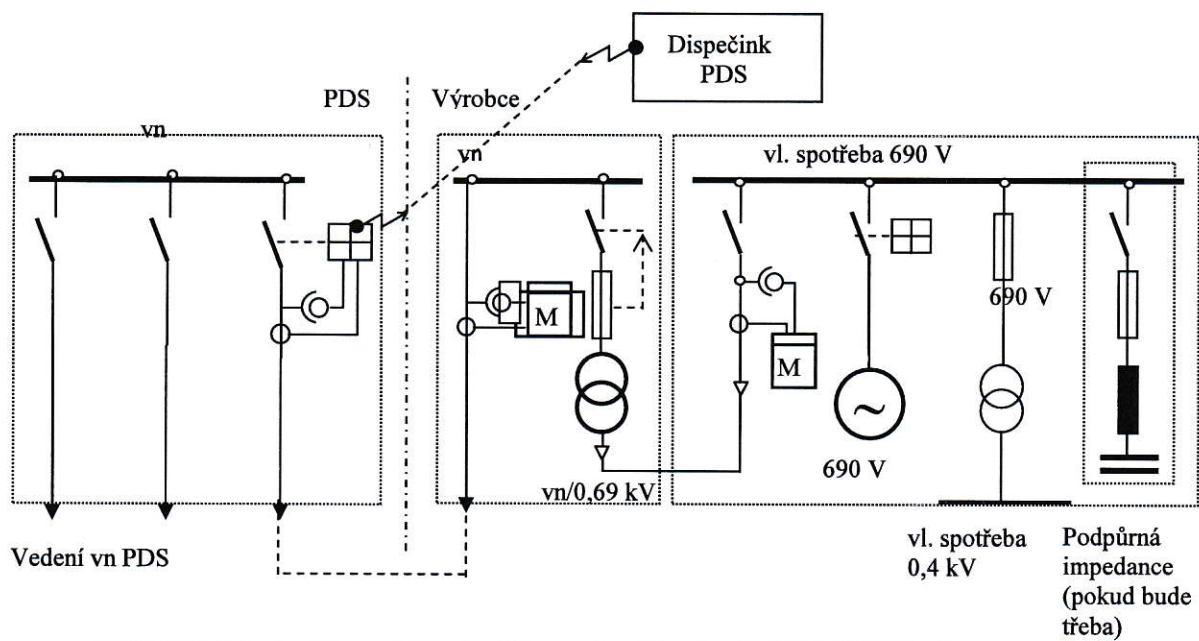


**9 Připojení farmy VTE do sítě vn, spínací bod podle čl.5 dálkově ovládaný úsečník, podle čl.7 vypínač generátoru ve stanici VTE**

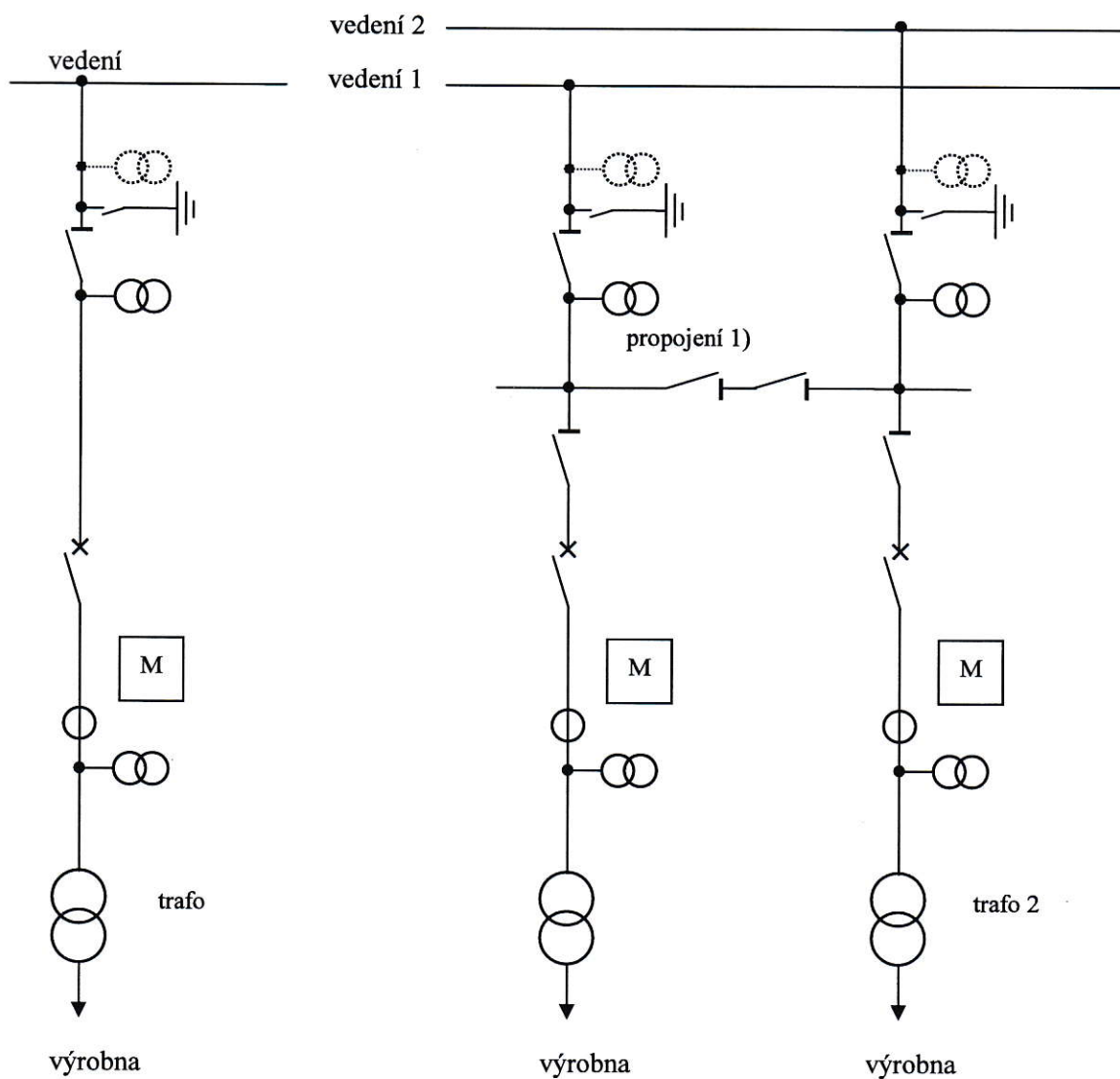


**Příklad 10 Připojení farmy VTE do sítě vn, spínací bod podle čl.5 dálkově ovládaný úsečník, podle čl.7 vypínač generátoru ve stanici VTE – přípojka „T“ odbočením**





**Příklad 11 Připojení farmy VTE do sítě vn, spínací bod podle č.5 i č.7 dálkově ovládaný odpínač/vypínač – smyčkové zapojení.**



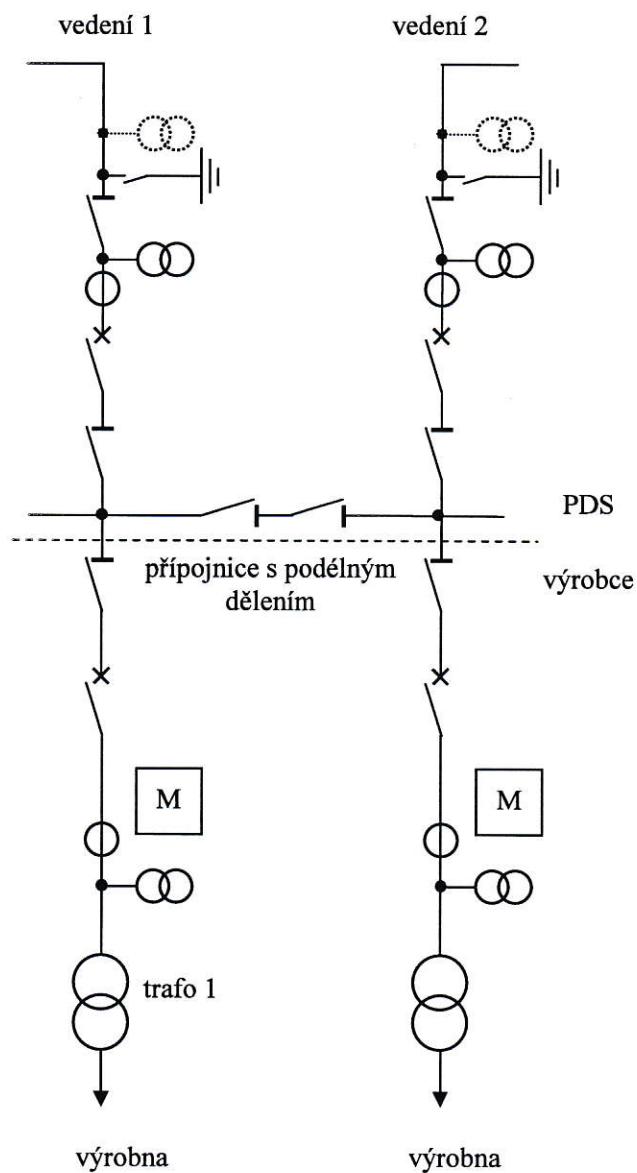
M - fakturační měření

1) Blokování propojení obou systémů vedení

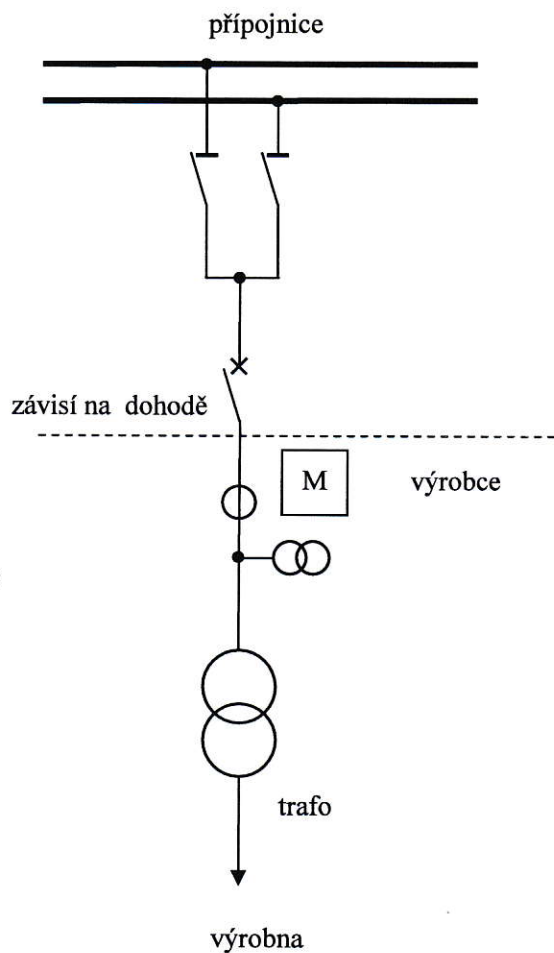
Obr. 12 Připojení výroben jednoduchým T odbočením k vedení 110 kV

Obr. 13 Připojení výroben dvojitým T odbočením k vedení 110 kV





Obr. 14 Připojení výroby zasmyčkováním do vedení 110 kV DS



Obr. 15 Připojení výroby do pole vedení 110 kV v rozvodně DS

## 16 DODATEK

### 16.1 VYSVĚTLIVKY

Vysvětlivky k části:

#### 3 Všeobecně

Informace ve vysvětlivkách vycházejí z dosavadní praxe a zkušeností **PDS**.

#### 4 Přihlašovací řízení

U vlastních výroben s několika generátory je zapotřebí udat data pro každý jednotlivý pohon i generátor (podrobnosti jsou v části 3.7 **PPDS**). Souhrnné údaje u zařízení s více generátory nepostačují pro závěrečné posouzení nárazových proudů, časového odstupňování, harmonických a flikru (viz dotazník pro posouzení možnosti připojení).

#### 5 Připojení k síti

Aby bylo zajištěno dostatečné dimenzování zařízení, musí být v každém případě proveden výpočet zkratových poměrů v předávacím místě. Zkratová odolnost zařízení musí být vyšší, nejvýše rovna největšímu vypočtenému celkovému zkratovému proudu.

Podle síťových poměrů i druhu a velikosti zařízení vlastní výrobní musí dělicí spínací místo vykazovat dostatečnou vypínací schopnost (odpínač nebo vypínač).

#### 7 Spínací zařízení

Při dimenzování spínacího zařízení je zapotřebí brát ohled na to, že zkrat je napájen jak ze sítě **PDS**, tak z vlastní výrobní. Celková výše zkratového proudu závisí tedy jak na příspěvku ze sítě **PDS**, tak z vlastní výrobní. U větších generátorů je všeobecně požadován výkonový vypínač.

Spínač ke spojení vlastní výrobní se sítí **PDS** slouží jako trvale přístupné spínací místo (viz část 5). Uspořádání spínačů je závislé na zapojení, vlastnických i provozních poměrech v předávací stanici. Bližší stanoví **PDS** ve smlouvě.

U zařízení, která nejsou určena pro ostrovní provoz, mohou být použity generátorové vypínače ke spojování a synchronizaci, stejně jako k vypínání ochranami, tedy jako dělicí vypínače k síti.

U zařízení schopného ostrovního provozu (viz příklady provedení 14.5 a 14.6) slouží synchronizační vypínač mezi spínacím místem podle části 5 a zařízením výrobní k vypínání, ke kterému může dojít činností ochrany při jevech vyvolaných v síti **PDS**. Funkce vazebního a synchronizačního vypínače je zapotřebí specifikovat jako součást smlouvy o způsobu provozu.

Výpadek pomocného napětí pro ochrany a spínací přístroje musí vést automaticky k vypnutí vlastní výrobní, protože jinak při poruchách v síti **PDS** nedojde k působení ochrany a vypnutí.

#### 8 Ochrany

Ochrany v dělicím bodě mají zabránit nežádoucímu napájení (s nepřipustným napětím nebo frekvencí) části sítě oddělené od ostatní napájecí sítě z vlastní výrobní, stejně jako napájení poruch v této síti.

U třífázových generátorů připojených na třífázovou síť vede nerovnováha mezi výrobou a spotřebou činného výkonu ke změně otáček a tím frekvence, zatímco nerovnováha mezi vyráběnou a spotřebovávanou jalovou energií je spojena se změnou napětí. Proto musí u těchto generátorů být sledována jak frekvence, tak i napětí.

Kontrola napětí je třeba třífázová, aby bylo možné s jistotou rozpoznat i jednopólové poklesy napětí.

Zpoždění vypínání podpětíovou a přepětíovou ochranou musí být krátké, aby ani při rychlých změnách napětí nedošlo ke škodám na zařízení dalších odběratelů nebo na zařízení vlastní výrobní. Při samobuzení asynchronního



generátoru může svorkové napětí během několika period dosáhnout tak vysoké hodnoty, že nelze vyloučit poškození provozovaných zařízení. Časy zpoždění do 3 s udané v této příloze PPDS je tedy možné použít jen ve výjimečných případech.

Generátory připojené přes střídače nereagují na nevyrovnanou bilanci činného výkonu automaticky odpovídající změnou frekvence. Proto u nich stačí podpětíová a přepětíová ochrana. Oddělená kontrola frekvence jako ochrana pro oddělení není u zařízení se střídači bezpodmínečně nutná; obecně postačuje integrované sledování frekvence v řízení střídače s rozběhovými hodnotami podle části 8.

Nezpožděným odpojením vlastní výroby při OZ jsou chráněny synchronní generátory před zapnutím v protifázi po automatickém znovuzapnutí po beznapětíové přestávce. Také účinnost OZ je zajištěna pouze tehdy, když při beznapětíové pauze síť není napájena. Proto musí být součet vypínacího času ochrany a vlastního času spínače zvolen tak, aby beznapětíová pauza při OZ nebyla podstatněji zkrácena.

Ochrany pro nezpožděné vypnutí při OZ (relé na skokovou změnu vektoru a výkonu, popř. směrová nadproudová ochrana) nejsou náhradou za požadované napětíové a frekvenční ochrany. Při jejich nastavení je zapotřebí brát v úvahu reakci na kolísání zatížení v zařízení vlastní výroby a přechodné jevy v síti. U zařízení schopných ostrovního provozu je jejich hlavní funkcí rozpoznat ostrovní provoz (s částí sítě PDS), vypnout vazební vypínač a tím zamezit pozdějšímu nesynchronnímu sepnutí ostrovní sítě a sítě PDS. Vypínací časy těchto ochrany je zapotřebí sladit s odpovídajícími časy napětíových a frekvenčních relé.

K vymezení části zařízení se zemním spojením může být požadováno vybavení zemním směrovým relé. Tato relé mají být zapojena pouze na signál.

Ze smluvních důvodů nebo k zabránění přetížení zařízení mohou být požadovány ochrany pro omezení napájení do sítě. Nasazení odpovídajících ochrany a jejich nastavení je zapotřebí odsouhlasit s PDS.

## 9 Kompenzace jalového výkonu

K zamezení vysokých ztrát činného výkonu je zapotřebí usilovat o účinník přibližně 1. V distribuční síti PDS s vysokým podílem kabelů a s kondenzátory stávajících kompenzačních zařízení může celkový účinník ležet v kapacitní oblasti. Pak může být žádoucí zabránit, aby vlivem kompenzačního zařízení odběratele kapacitní výkon v síti dále nerostl. Proto může PDS v jednotlivých případech, např. u malých asynchronních generátorů, od požadavku na kompenzační zařízení upustit. Je rovněž třeba vyšetřit, zda požadovat jednotlivou, skupinovou nebo centrální kompenzaci.

K zamezení nadbytečných ztrát ve vedení je zapotřebí usilovat o minimalizaci jalového výkonu - jinak vyjádřeno - při významném výkonu o účinník  $\lambda = \cos \varphi$  přibližně 1. Protože pro tento požadavek je určující údaj jalového elektroměru, neznamená případná významná odchylka účinníku od 1 v době nízkého činného výkonu porušení této zásady.

Při využití kompenzačních kondenzátorů je zapotřebí si uvědomit, že v každé síti dochází při frekvenci vyšší než 50 Hz k paralelní rezonanci mezi rozptylovou reaktancí napájecího transformátoru a součtem všech síťových kapacit, při které zejména v době slabého zatížení může dojít ke zvýšení impedance sítě. Připojením kompenzačních kondenzátorů se tato rezonanční frekvence posune k nižším kmitočtům. To může v některých sítích vnést ke zvýšení napětí harmonických v síti. K zabránění lze kondenzátory zahradit předřazením indukčnosti (nelze vždy dodatečně, protože se zvýší napětí na kondenzátorech). Vzhledem k možnému sacímu účinku na místně použité frekvence HDO je nutný souhlas příslušného PDS.

Při vypínání může zůstat v kondenzátorech náboj, který bez vybíjecích odporů může způsobit vyšší dotykové napětí, než je přípustné podle [18]. Při opětovném zapnutí ještě nabitého kondenzátoru může též dojít k jeho poškození. Proto jsou zejména u vyšších výkonů potřebné vybíjecí odpory, případně lze využívat k vybíjení vhodně zapojené přístrojové transformátory napětí.

### - Potřeba jalového výkonu asynchronních generátorů

Potřebný jalový výkon asynchronního generátoru je cca 60 % dodávaného zdánlivého výkonu. Nemá-li být tento jalový výkon dodáván ze sítě PDS, je třeba pro kompenzaci připojit paralelně ke generátoru odpovídající kondenzátory. Protože asynchronní generátor smí být připínán k síti pouze v beznapětíovém stavu, nesmějí být příslušné kondenzátory připojeny před připojením generátoru. K tomu může být zapínací povel odvozen např. od



pomocného kontaktu vazebního vypínače. Při vypnutí generátoru je zapotřebí pro ochranu před samobuzením generátoru a ochranu před zpětným napětím kondensátory odpojit.

#### - Potřeba jalového výkonu synchronních generátorů

U synchronních generátorů může být  $\cos \varphi$  nastaven buzením. Podle druhu a velikosti výkonu pohonu je buď postačující konstantní buzení, nebo je zapotřebí regulátor na napětí nebo  $\cos \varphi$ .

#### Potřeba jalového výkonu u střídačů

Vlastní výroby provozované se střídači řízenými síťovou frekvencí mají spotřebu jalového výkonu odpovídající přibližně asynchronnímu generátoru. Proto pro kompenzaci těchto střídačů platí stejné podmínky jako u asynchronních generátorů.

Výroby se střídači s vlastní synchronizací mají nepatrnou spotřebu jalového výkonu, takže kompenzace jalového výkonu se u nich obecně nepožaduje.

### 10 Podmínky pro připojení

Po vypnutí ochranou smí být vlastní výroba zapnuta teprve tehdy, když je odstraněna porucha, která vedla k vypnutí. Po pracích na zařízení výroby a síťovém přívodu je zapotřebí především přezkoušet správný sled fází.

Po vypnutí vlastní výroby pracovníky PDS (viz část 13) je opětné zapnutí zapotřebí dohodnout s příslušným pracovištěm PDS.

Zpoždění před opětným připojením generátoru a odstupňování časů při připojování více generátorů musí být tak velká, aby byly jistě ukončeny všechny regulační a přechodové děje (cca 5 s).

Proud při motorickém rozběhu je u asynchronních strojů několikanásobkem jmenovitého proudu. S ohledem na vysoké proudy a napěťové poklesy v síti (flickr) se motorický rozběh generátorů obecně nedoporučuje.

Ke stanovení podmínek pro synchronizaci musí mít synchronizační zařízení měřicí část, obsahující dvojité měřič frekvence, napětí a měřič diferenčního napětí. Přednostně se doporučuje automatická synchronizace. Pokud vlastní zdroj není vybaven dostatečně jemnou regulací a dochází k hrubé synchronizaci, je zapotřebí jej vybavit tlumivkou na omezení proudových nárazů.

U střídačových zařízení je zapotřebí zabezpečit řízením tyristorů, aby střídač před připojením byl ze strany sítě bez napětí.

### 12 Zpětné vlivy

Zpětné vlivy na DS se u vlastních výroben projevují především jako změny napětí a harmonické.

Bezprostředně pozorovatelné účinky jsou např.:

- kolísání jasu (flickr) žárovek a zářivek
- ovlivnění zařízení dálkové signalizace a ovládání, zařízení výpočetní techniky, ochranných a měřících zařízení, elektroakustických přístrojů a televizorů
- kývání momentu u strojů
- přidavné oteplení kondenzátorů, motorů, filtračních obvodů, hradicích tlumivek, transformátorů
- vadná činnost přijímačů HDO a elektronického řízení.

Zpětné vlivy na DS se mohou projevovat následujícím způsobem:

- zhoršením účinníku
- zvýšením přenosových ztrát
- ovlivněním zhášení zemních spojení.

#### a) Změny napětí

Maximální přípustné změny napětí jsou závislé na četnosti jejich výskytu (křivka flikru). Podrobnosti jsou v [8, 10]. Měřítkem a kritériem pro posuzování je míra vjemu flikru  $P_{lt}$  ( $A_{lt}$ ). Ten se zjišťuje buď měřením skutečného zařízení ve společném napájecím bodu, nebo předběžnými výpočty.

$P_{lt}$  je závislý na:

- zkratovém výkonu  $S_{KV}$
- úhlu  $\psi_{KV}$  zkratové impedance
- jmenovitému výkonu generátoru
- činitele flikru zařízení  $c$
- a při podrobnějším vyšetřování i na jalovém výkonu zařízení, vyjádřeném fázovým úhlem  $\varphi_i$ .

**Činitel flikru zařízení  $c$**  charakterizuje spolu s fázovým úhlem  $i$  specifické schopnosti příslušného zařízení produkovat flikr. Obě hodnoty udává buď výrobce zařízení nebo nezávislý institut a mají význam především u větrných elektráren. Činitel flikru zařízení s generátorem může být stanoven měřením flikru za reálných provozních podmínek, ze kterých jsou vyloučeny spínací pochody. Je účelné takové měření provádět v síti s odporově-induktivní zkratovou impedancí, ve které vlastní výroba nevyvolává větší změny napětí než 3 až 5 %, jak se to doporučuje pro měření zpětných vlivů [13,14].

Činitel flikru  $c$  získáme z měření rušivého činitele flikru  $P_{lt}$  s uvažováním výkonu generátoru  $S_{rG}$  a fázového úhlu generátorového proudu

$$c = P_{lt \text{ nam}} \cdot \frac{S_{KV}}{S_{rG} \cos(\psi_{KV} - \varphi_i)}, \quad (26)$$

kde:  $\psi_{KV}$  je fázový úhel síťové impedance při měření v odběratelsky orientovaném systému, tj.  $-90^\circ < \psi_{KV} < +90^\circ$  (při induktivní impedanci je  $\psi_{KV} > 0$ )  
 $\varphi_i$  fázový úhel proudu generátoru- přesněji : změny proudu- proti generátorovému napětí ve zdrojově orientovaném (obvyklém u generátorů) systému, tj.  $-90^\circ < \varphi_i < 0^\circ$  (pokud se generátor chová jako induktivní odběratel, tj. např. asynchronní generátor, podbuzený synchronní generátor, síť řízený střídač, pak je  $\varphi_i < 0$ ).

Určení fázového úhlu  $\varphi_i$  vyžaduje přesné měření velikosti a fáze proudu generátoru. Výpočetně se určí  $\varphi_i$  rozptýlených zdrojů z měření kolísání činného výkonu  $\Delta P$  a kolísání jalového výkonu  $\Delta Q$ :

$$\varphi_i = \arctan \frac{\Delta Q}{\Delta P}, \quad (27)$$

kde:  $\Delta P > 0$  činný výkon vyráběný vlastní výrobou  
 $\Delta Q$  jalový výkon vyvolaný vlastní výrobou se znaménkem, definovaným následujícím způsobem:  
 $\Delta Q < 0$  když se vlastní výroba chová jako induktivní odběratel, tj. např. asynchronní generátor, nebo podbuzený synchronní generátor  
 $\Delta Q > 0$  když se vlastní výroba chová jako kapacitní odběratel, tj. např. přebuzený synchronní generátor.

Absolutní hodnota součinitele flikru  $c$  a fázový úhel  $\varphi_i$  komplexní veličiny  $c$  popisují účinek flikru vlastní výroby.

S přihlédnutím ke zkratovému výkonu  $S_{KV}$  a úhlu zkratové impedance  $\psi_{KV}$  v předpokládaném společném napájecím bodu se vypočte činitel dlouhodobého rušení flikrem, způsobený vlastní výrobou

$$P_{lt} = \left[ c \cdot \frac{S_{rA}}{S_{KV}} \cos(\psi_{KV} - \varphi_i) \right]. \quad (28)$$

Tento vztah poskytuje menší, ale přesnější hodnoty činitele flikru, než odhad podle rovnice (16) v části 11.



Kdyby v rozsahu úhlů  $\psi_{KV}-\varphi_i \approx 90^\circ$  klesl  $\cos(\psi_{KV}-\varphi_i)$  pod hodnotu 0.1, pak je i přesto zapotřebí dosadit minimální hodnotu 0.1, protože jinak by mohly vyjít nereálně nízké hodnoty flikru. Pokud není úhel síťové impedance příliš velký ( $\psi_{KV} < 60^\circ$ ), pak lze podle okolností vliv úhlu  $\varphi_i$  zanedbat.

Pokud je hodnota činitele flikru  $c$  nějakého zařízení pod 20, pak není zapotřebí připojení s ohledem na flikr nijak zvlášť přezkušovat, protože podmínky připojení podle části 10 představují přísnější kritérium.

Činitel flikru zařízení  $c$  je závislý především na stejnoměrnosti chodu daného zařízení, na kterou opět mají vliv další parametry:

- turbinami poháněné generátory (např. vodními, parními nebo plynovými) mají obecně hodnoty  $c$  menší než 20 a nejsou proto pokud jde o flikr kritické
- u pístových motorů má na hodnotu  $c$  vliv počet válců
- čím větší je rotující hmota, tím menší je činitel flikru
- u fotočlávkových zařízení nejsou k dispozici naměřené hodnoty  $c$ , žádné kritické působení flikru se však neočekává.

Při posuzování flikru bývají kritické větrné elektrárny, protože podle zkušeností jsou jejich činitele flikru  $c$  až 40. Pro větrné elektrárny platí:

- čím je větší počet rotujících listů, tím menší je činitel flikru  $c$
- u zařízení se střídači je tendence k nižším hodnotám  $c$ , než u zařízení s přímo připojenými asynchronními resp. synchronními generátory.

Pokud pracuje více různých generátorů (např. v parku větrných elektráren) do stejného společného napájecího bodu, pak je zapotřebí pro toto zařízení použít výsledný činitel flikru podle následujícího vztahu:

$$c_{res} = \frac{\sqrt{\sum (c_i \cdot S_{rGi})^2}}{\sum S_{rGi}}. \quad (29)$$

Pokud zařízení sestává ze stejných generátorů, pak se předcházející rovnice zjednoduší na:

$$c_{res} = \frac{c}{\sqrt{n}}. \quad (30)$$

Odtud je zřejmé, že u zařízení, která sestávají z více generátorů, dochází k určité "kompensaci" flikru jednotlivých generátorů.

#### b) Harmonické

##### - výroby v síti nn

Pokud je v zařízení se střídači použit šestipulzní usměrňovač s induktivním vyhlazováním bez zvláštních opatření ke snížení vyšších harmonických (jednoduché trojfázové můstkové zapojení), přípustné velikosti harmonických nebudou překročeny, pokud je splněna následující podmínka:

$$\frac{S_{rA}}{S_{KV}} < \frac{1}{120}. \quad (31)$$



V sítích s nízkým až průměrným zatížením harmonickými není zapotřebí očekávat při provozu vlastních výroben rušivá napětí harmonických, pokud součet jmenovitých výkonů těchto zařízení  $S_{rA}$  splňuje následující podmínku:

$$\frac{\Sigma S_{rA}}{S_{KV}} < \frac{1}{60}. \quad (32)$$

Pokud jde o zemnění uzlu v třífázovém systému, je zapotřebí si uvědomit, že proudy třetí harmonické a jejich násobků mají ve všech fázových vodičích stejný směr (nulový systém) a tudíž se v uzlu sčítají. Ve středním vodiči tekou proto trojnásobky těchto harmonických proudů. Při izolovaném uzlu se třetí harmonická v proudy nemůže vyvinout.

Pokud je střední vodič vyveden a připojen pro umožnění ostrovního provozu, mohou být použita např. tato opatření:

- vyšší průřez vodiče pro připojení uzlu
- zabudování tlumivky do uzlu (která nesmí ovlivnit činnost zkratových ochran při jednopólových zkratech)
- automatické přerušení spojení uzlu se sítí při paralelním provozu klidovým kontaktem vazebního spínače.

#### - výroby v síti vn

Zkratové výkony používané k výpočtu přípustných proudů harmonických v sítích vn mohou ležet v rozsahu 20 až 500 MVA. Je zapotřebí dávat pozor, aby se nepoužívala jmenovitá zkratová odolnost zařízení vn, ale skutečný zkratový výkon ve společném napájecím bodě. Očekávané proudy vyšších harmonických mohou být zjištěny např. v rámci měření slučitelnosti se sítí.

Napětí harmonických 5. řádu vyvolané vlastním zdrojem mohou být maximálně 0,2 %  $U_n$  a pro ostatní harmonické v TAB. 2 nesmějí být větší než 0,1 %  $U_n$ .

Pokud jsou proudy harmonických zařízení nižší než přípustné proudy, pak je zajištěno, že jimi vyvolaná napětí harmonických v síti nejsou větší, než v předchozím uvedené hodnoty. To platí za předpokladu induktivní impedance sítě, která znamená, že u žádné z harmonických uvedených v TAB.2 nenastává rezonance.

Při překročení přípustných proudů je zapotřebí nejprve vypočítat vyvolaná napětí harmonických při uvažování skutečné impedance sítě (viz [8]). Protože mnoho sítí vn vykazuje již pro harmonické poměrně nízkých řádů kapacitní impedanci, jsou výše uvedené přípustné hodnoty napětí harmonických 0,1 %  $U_n$  dosaženy teprve při vyšších proudech, než vypočtených podle TAB. 2.

Pouze tehdy, když jsou vypočtená napětí harmonických vyšší než výše uvedené meze, přicházejí mj. v úvahu následující opatření:

- zabudování filtrů harmonických
- připojení v místě s nižší impedancí sítě (vyšším zkratovým výkonem).

Dále je zapotřebí doporučit a v jednotlivých případech přezkoušovat, zda mají být použity u zařízení se střídači od cca 100 kVA (jmenovitý výkon) dvanáctipulzní a u zařízení nad 2 MVA (jmenovitý výkon) dvacetitřítupulzní usměrňovače. Tím se snižují proudy harmonických a návazně i náklady na kompenzační zařízení. Údaje o proudech harmonických má dodávat výrobce zařízení.

U zařízení se střídači s modulací šířkou pulsu ve frekvenčním rozsahu nad 1 kHz je zapotřebí předložit protokoly o analýze maximálních proudů harmonických při různých výkonech.

Harmonické vyšších frekvencí, tzn. v rozsahu nad 1 250 Hz, mohou vystupovat za určitých okolností, např. při slabě tlumených rezonancích částí sítě, vyvolaných při komutacích. V těchto případech musí být přijata zvláštní opatření, popsaná blíže v [8].

#### Zpětné vlivy na zařízení HDO

Sací obvody pro snížení harmonických nebo kompenzační kondensátory vn nebo vvn s předřadnými tlumivkami vyvolávají často snížení hladiny signálu HDO pod dovolenou mez. V těchto případech může pomoci vhodné naladění sacích obvodů nebo zvýšení činitele  $p$  předřadných tlumivek kondenzátorových baterií. Případně musí být použity hradící členy pro tónovou frekvenci. PDS udává v těchto případech podle [14] minimální impedanci zařízení zákazníka na frekvenci HDO, kterou je tento povinen dodržet.



Generátory a motory zatěžují napětí tónové frekvence subtransientní reaktancí a mohou tak rovněž vyvolat nepřipustné snížení hladiny signálu. I zde jsou podle okolností potřebné hradící členy nebo v mezních případech podpůrné vysílače HDO.

Z těchto důvodů může PDS požadovat i dodatečně u kompenzačního zařízení zahrazení kondensátorů nebo jiná technická opatření, která musí provozovatel vlastní výroby zabudovat.

## 17 LITERATURA

- [1] Zákon č. 91/2005 Sb. o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích (Energetický zákon)
- [2] Vyhláška ERÚ 51/2006 Sb o podmínkách připojení k elektrizační soustavě
- [3] ČSN EN 50160 (33 0122): Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné distribuční sítě
- [4] Richtlinie für den Parallelbetrieb von Eigenerzeugungsanlagen mit dem Niederspannungsnetz des Elektrizitätsversorgungsunternehmens (EVU) VDEW,
- [5] Technische Richtlinie: Parallelbetrieb von Eigenerzeugungsanlagen mit dem Mittelspannungsnetz des Elektrizitätsversorgungsunternehmens (EVU) VDEW
- [6] ČSN EN 61000-2-2 (33 3432): Elektromagnetická kompatibilita (EMC) - Část 2-2: Prostředí - Kompatibilní úroveň pro nízkofrekvenční rušení šířené vedením a signály ve veřejných rozvodných sítích nízkého napětí
- [7] ČSN EN 61400-21 (33 3160): Větrné elektrárny - Část 21: Měření a stanovení kvality elektrických výkonových charakteristik větrných elektráren připojených do elektrické rozvodné soustavy
- [8] PNE 33 3430-0: Výpočetní hodnocení zpětných vlivů odběratelů a zdrojů distribučních soustav
- [9] PNE 33 3430-1: Parametry kvality elektrické energie - Část 1: Harmonické a meziharmonické
- [10] PNE 33 3430-2: Parametry kvality elektrické energie - Část 2: Kolísání napětí
- [11] PNE 33 3430-3: Parametry kvality elektrické energie - Část 3: Nesymetrie a změny kmitočtu napětí
- [12] PNE 33 3430-4: Parametry kvality elektrické energie - Část 4: Poklesy a krátká přerušení napětí
- [13] PNE 33 3430-5: Parametry kvality elektrické energie - Část 5: Přechodná přepětí – impulsní rušení
- [14] PNE 33 3430-6: Parametry kvality elektrické energie - Část 6: Omezení zpětných vlivů na hromadné dálkové ovládání
- [15] PNE 33 3430-7: Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné distribuční sítě
- [16] ČSN 33 3080: Kompenzace indukčního výkonu statickými kompenzátory
- [17] ČSN 33 2000-4-41: Elektrotechnické předpisy - Elektrická zařízení - Část 4: Bezpečnost - Kapitola 41: Ochrana před úrazem elektrickým proudem
- [18] ČSN 33 3201: Elektrické instalace nad AC 1 kV
- [19] EEG- Erzeugungsanlagen am Hoch- und Höchstspannungsnetz, VDN 2004
- [20] ČSN EN 50 438 Požadavky na paralelní připojení mikrogenerátorů s veřejnými distribučními sítěmi nízkého napětí
- [21] TransmissionCode 2007 Netz- und Systemregeln der deutschen Übertragungsnetzbetreiber Version 1.1, August 2007
- [22] VYHLÁŠKA ERÚ č. 552/2006 Sb. o Pravidlech trhu s elektřinou, zásadách tvorby cen za činnosti operátora trhu s elektřinou a provedení některých dalších ustanovení energetického zákona

## 18 PŘÍKLADY VÝPOČTU

Posouzení přípustnosti připojení vlastní výroby k distribuční síti vn.

### Zadání úlohy

K veřejné síti 22 kV má být připojena větrná elektrárna s výkonem 440 kVA. Velikost výkonu vyžaduje připojení zvláštní trafostanici 22/0.4 kV.

Přípustnost připojení je zapotřebí přezkoušet s přihlédnutím k podmínkám připojení podle části 10 a zpětných vlivů podle části 11.

### Údaje o síti

- zkratový výkon ve společném napájecím bodu
- fázový úhel zkratové impedance

$$S_{kv}=100 \text{ MVA}$$

$$\psi_{kv}=70^{\circ}$$

#### Údaje k vlastní výrobě

|   |                                                                |                                       |
|---|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| - | synchronní generátor s ss meziobvodem a 12pulsním usměrňovačem |                                       |
| - | jmenovité napětí usměrňovače                                   | $U_r=400 \text{ V}$                   |
| - | jmenovitý výkon                                                | $S_{rG}=S_{rA}=440 \text{ kVA}$       |
| - | poměr maximálního zapínacího proudu ke jmenovitému             | $k=1$                                 |
| - | činitel flikru                                                 | $c=30 \text{ při } \varphi_r=0^\circ$ |
|   | proudy harmonických                                            | $I_{11}=4.3 \% = 27.3 \text{ A}$      |
|   | relativní a absolutní hodnoty                                  | $I_{13}=4.3 \% = 27.3 \text{ A}$      |
|   | na straně 400 V                                                | $I_{23}=4.6 \% = 29.3 \text{ A}$      |
|   |                                                                | $I_{25}=3.1 \% = 19.7 \text{ A}$      |

#### Ověření připojitelnosti

- posouzení podmínek pro připojení

Přípojný výkon, přípustný podle části 9 je:

$$S_{rAprp} = \frac{2 \% \cdot S_{kV}}{k} = \frac{2 \cdot 100\,000 \text{ kVA}}{100} = 2000 \text{ kVA} > 440 \text{ kVA}$$

Protože připojovaný výkon generátoru je menší než přípustný výkon, je podmínka splněna, tj. při připojení zařízení se neočekává žádné rušení změnami napětí.

- Posouzení zpětných vlivů

Posouzení zpětných vlivů podle části 11.

- Pro orientační posouzení platí podmínka uvedená v části 10:

$$\frac{S_{kV}}{S_{rA}} > 500$$

V tomto případě platí

$$\frac{100 \text{ MVA}}{440 \text{ kVA}} = 227 < 500$$

Protože v předchozím uvedená podmínka není splněna, je nutný další výpočet.

- Ověření kritéria flikru

$$P_{lt} \leq c \cdot \frac{S_{rA}}{S_{kV}}$$

Odhad činitele dlouhodobého rušení flikrem

$$P_{lt} \leq 30 \cdot \frac{440 \text{ kVA}}{100\,000 \text{ kVA}} = 0.132 < 0.46 = P_{ltprp}$$

Flikr vycházející ze zařízení při provozu zůstane pod přípustnou hodnotou.

- Ověření přípustnosti vystupujících proudů harmonických podle podmínky:

$$\text{Přípustný proud harmonických} = \text{vztažný proud harmonických} \cdot S_{kV}$$

Pro posouzení budou použity hodnoty příslušných vztažných proudů harmonických v TAB.2 v části 11. Společný napájecí bod pro připojení vlastního zdroje je sice na straně vn, přesto však budou použity hodnoty strany 400 V.



**Posuzovací tabulka**

**TAB.7**

| Řád harmonické | proudy harmonických      |                           |                           |                    |
|----------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------|
|                | vztažné (A/MVA)<br>400 V | přípustné<br>(A)<br>400 V | vypočtené<br>(A)<br>400 V | výsledek posouzení |
| 11             | 0.5                      | 50                        | 27.3                      | vyhovuje           |
| 13             | 0.3                      | 30                        | 27.3                      | vyhovuje           |
| 23             | 0.2                      | 20                        | 29.3                      | nevyhovuje         |
| 25             | 0.2                      | 20                        | 19.7                      | vyhovuje           |

Pro proud 23. harmonické je přípustná mez překročena.

Před rozhodnutím o přípustnosti připojení vlastního zdroje je třeba vypočíst vyvolané napětí 23. harmonické (viz [7]).

Pokud po tomto výpočtu bude rovněž překročeno přípustné napětí pro tuto harmonickou, přicházejí v úvahu následující opatření:

- zabudování filtru pro 23. harmonickou
- připojení v místě s vyšším zkratovým výkonem, minimálně

$$S_{KV} \geq 100 \text{ MVA} \cdot \frac{29,3}{20 \text{ A}} = 146 \text{ MVA} .$$

**19 FORMULÁŘE (INFORMATIVNĚ)****19.1 DOTAZNÍK PRO VLASTNÍ VÝROBNU**

provozovanou paralelně se sítí PDS

nn

☐

(tuto stranu vyplní provozovatel nebo zřizovatel)

vn

☐**Provozovatel (smluvní partner)**

Jméno: \_\_\_\_\_

Ulice: \_\_\_\_\_

Místo: \_\_\_\_\_

Telefon/fax: \_\_\_\_\_

**Adresa zařízení**

Ulice: \_\_\_\_\_

Místo: \_\_\_\_\_

**Zřizovatel zařízení**

Jméno: \_\_\_\_\_

Adresa: \_\_\_\_\_

Telefon/fax: \_\_\_\_\_

| Zařízení                                        | Výrobce:                                                                                       | Typ:                                               | Počet stejných zařízení:                                             |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>Využívaná energie</b>                        | Vítr                                                                                           | <input type="checkbox"/>                           | bioplyn <input type="checkbox"/> kogenerace <input type="checkbox"/> |
|                                                 | regulace: "Stall"                                                                              | <input type="checkbox"/>                           | spalovna <input type="checkbox"/> plyn <input type="checkbox"/>      |
|                                                 | "Pitch"                                                                                        | <input type="checkbox"/>                           | ostatní <input type="checkbox"/> olej <input type="checkbox"/>       |
|                                                 | voda <input type="checkbox"/>                                                                  |                                                    | slunce <input type="checkbox"/>                                      |
| <b>generátor</b><br><input type="checkbox"/>    | asynchronní <input type="checkbox"/>                                                           | fotočlánkový se střídačem <input type="checkbox"/> | synchronní <input type="checkbox"/>                                  |
|                                                 | se střídačem <input type="checkbox"/>                                                          | a třífázovým připojením <input type="checkbox"/>   | a jednofázovým připojením <input type="checkbox"/>                   |
| <b>způsob provozu</b>                           | ostrovní provoz                                                                                | ano <input type="checkbox"/>                       | ne <input type="checkbox"/>                                          |
|                                                 | zpětné napájení                                                                                | ano <input type="checkbox"/>                       | ne <input type="checkbox"/>                                          |
|                                                 | dodávka veškeré energie do sítě                                                                | ano <input type="checkbox"/>                       | ne <input type="checkbox"/>                                          |
| <b>Data jednoho zařízení</b>                    | činný výkon P                                                                                  | _____ kW                                           | Pouze u větrných elektráren                                          |
|                                                 | zdánlivý výkon S                                                                               | _____ kVA                                          | špičkový výkon S <sub>max</sub> _____ kVA                            |
|                                                 | jmenovité napětí U                                                                             | _____ V                                            | střední za čas _____ s                                               |
|                                                 | proud I                                                                                        | _____ A                                            | měrný činitel flikru c _____ c(ψ <sub>kV</sub> )                     |
|                                                 | motorický rozběh generátoru                                                                    | ano <input type="checkbox"/>                       | ne <input type="checkbox"/>                                          |
|                                                 | pokud ano: rozběhový proud I <sub>a</sub>                                                      | _____ A                                            |                                                                      |
|                                                 | <u>Pouze u střídačů:</u>                                                                       |                                                    |                                                                      |
|                                                 | řídící frekvence                                                                               | síťová <input type="checkbox"/>                    | vlastní <input type="checkbox"/>                                     |
|                                                 | schopnost ostrovního provozu                                                                   | ano <input type="checkbox"/>                       | ne <input type="checkbox"/>                                          |
|                                                 | počet pulsů 6 <input type="checkbox"/> 12 <input type="checkbox"/> 24 <input type="checkbox"/> | modulace šířkou pulsu                              | <input type="checkbox"/>                                             |
| proudy harmon. podle PNE 33 3430-1              | ano <input type="checkbox"/>                                                                   | ne <input type="checkbox"/>                        |                                                                      |
| příspěvek vlastního zdroje ke zkratovému proudu | _____ kA                                                                                       |                                                    |                                                                      |
| zkratová odolnost zařízení                      | _____ kA                                                                                       |                                                    |                                                                      |
| kompenzační zařízení                            | není <input type="checkbox"/>                                                                  | je <input type="checkbox"/>                        | výkon _____ kVAr                                                     |
| přiřazeno jednotlivému zařízení                 | <input type="checkbox"/>                                                                       | společné <input type="checkbox"/>                  |                                                                      |
| řízené                                          | ano <input type="checkbox"/>                                                                   | ne <input type="checkbox"/>                        |                                                                      |
| s předřazenou tlumivkou                         | ano <input type="checkbox"/>                                                                   | s _____ %                                          | ne <input type="checkbox"/>                                          |
| s hradícím obvodem                              | ano <input type="checkbox"/>                                                                   | pro _____ Hz                                       | ne <input type="checkbox"/>                                          |
| se sacími obvody                                | ano <input type="checkbox"/>                                                                   | pro n= _____                                       | ne <input type="checkbox"/>                                          |

**Poznámky:**

místo, datum: \_\_\_\_\_

podpis: \_\_\_\_\_



## 19.2 DOTAZNÍK PRO VLASTNÍ VÝROBNU

provozovanou paralelně se sítí PDS (tuto stranu vyplní PDS)

### Připojení k síti

společný napájecí bod nn ☐ vn ☐

zkratový výkon ze strany PDS v přípojném bodu  $S_{kv}$  \_\_\_\_\_ MVA

zkratový proud \_\_\_\_\_ kA

při připojení na vn: stanice PDS ☐ vlastní ☐

zúčtovací místo nn ☐ vn ☐

trvale přístupné spínací místo (druh a místo) \_\_\_\_\_

rozpadový - dělicí bod \_\_\_\_\_

hranice vlastnictví \_\_\_\_\_

### Kontrolní seznam (zkontrolujte před uváděním do provozu)

provozovatel předloží PDS následující podklady

- ☐ přihláška k připojení k síti
- ☐ polohový plán s hranicemi pozemku a místem výstavby vlastní výroby
- ☐ dokumentace k zapojení celého elektrického zařízení s údaji k jednotlivým zařízením
- ☐ schémata s údaji k zapojení, druhu, výrobci a funkci jednotlivých ochranných
- ☐ popis druhu a způsobu provozu pohonů, generátorů a způsobu připojení k síti
- ☐ žádost o uvedení do provozu a připojení na nn/vn síť
- ☐ protokol o nastavení ochranných zařízení vlastní výroby

\_\_\_\_\_  
(místo, datum)

\_\_\_\_\_  
(služebna)

\_\_\_\_\_  
(zpracovatel, telefon)

**19.3 PROTOKOL O UVEDENÍ VLASTNÍ VÝROBNY DO PROVOZU**

pro paralelní provoz se sítí PDS

nn ☐ (vyplní PDS)  
vn ☐

Provozovatel (smluvní partner)

Jméno: \_\_\_\_\_ Ulice: \_\_\_\_\_ Místo: \_\_\_\_\_

Telefon: \_\_\_\_\_ Telefax: \_\_\_\_\_

Adresa zařízení Ulice: \_\_\_\_\_ Místo: \_\_\_\_\_

Zřizovatel zařízení

Jméno: \_\_\_\_\_ Adresa: \_\_\_\_\_ Tel/Fax: \_\_\_\_\_

**Výsledky zkoušek**

v pořádku ano ne

**1 Všeobecné**

- 1.1 Prohlídka zařízení (stavu) ☐ ano ☐ ne
- 1.2 Vybudované zařízení odpovídá projektu ☐ ano ☐ ne
- 1.3 Trvale přístupné spínací místo, splnění dělicí funkce ☐ ano ☐ ne
- 1.4 Měřicí zařízení podle smluvních podmínek a technických požadavků ☐ ano ☐ ne

**2 Ochrany**

- 2.1 Nastavení ochran podle bodu 2.2 jsou ve zvláštním protokolu.  
Proto odpadá vyplnění bodu 2.2 ☐ ano ☐ ne
- 2.2. Nastavení/funkční zkoušky
- 2.3. Předvedení funkce ochran zřizovatelem/provozovatelem zařízení  
a záruka dodržení nastavených hodnot. Výsledky jsou následující ☐ ano ☐ ne

seřaditelnost

nastavení

plomba

ano ne

- 2.2.1 Podpěťová ochrana 1.0 Un ÷ 0.7 Un \_\_\_\_\_ Un ☐ ano ☐ ne ☐ ano ☐ ne
- vypínací čas \_\_\_\_\_ s
- 2.2.2 Přepětíová ochrana 1.0 Un ÷ 1.15 Un \_\_\_\_\_ Un ☐ ano ☐ ne ☐ ano ☐ ne
- vypínací čas \_\_\_\_\_ s
- 2.2.3 Podfrekvenční ochrana 50 ÷ 48 Hz \_\_\_\_\_ Hz ☐ ano ☐ ne ☐ ano ☐ ne
- 2.2.4 Nadfrekvenční ochrana 50 ÷ 52 Hz \_\_\_\_\_ Hz ☐ ano ☐ ne ☐ ano ☐ ne
- 2.2.5 Vektorové skokové relé 0 ÷ 90 el \_\_\_\_\_ o el ☐ ano ☐ ne ☐ ano ☐ ne

(Výkonové skokové relé, směrová nadproudová ochrana) pokud jsou použity

**2.3 Činnost ochran**

- 2.3.1 Jednofázový výpadek sítě (u připojení nn odděleně pro všechny fáze)  
pro připojení vn odpadá ☐ ano ☐ ne
- 2.3.2 Třífázový výpadek sítě ☐ ano ☐ ne
- 2.3.3 Opětné zapínání (u asynchronních generátorů od 250 k a u synchronních generátorů) ☐ ano ☐ ne
- 2.3.4 Odchylka frekvence (simulace se zkušebním zařízením) ☐ ano ☐ ne

**3 Měření, podmínky pro spínání, kompensace účinníku**

- 3.1 Úvodní ověření elektroměru pro odběr a dodávku ☐ ano ☐ ne
- 3.2 Podmínky pro spínání podle pravidel pro paralelní provoz ☐ ano ☐ ne
- 3.3 Kompensační zařízení se připojuje a odpojuje s generátorem není ☐ ano ☐ ne
- 3.4 Kompensační zařízení: funkce regulace není ☐ ano ☐ ne

**Zařízení uvedeno do provozu za přítomnosti níže podepsaných**

Podpisem protokolu stvrzuje zřizovatel zařízení, že jsou splněny podmínky PDS pro paralelní provoz

Místo, datum: \_\_\_\_\_

Zřizovatel zařízení: \_\_\_\_\_

Provozovatel: \_\_\_\_\_

PDS : \_\_\_\_\_