

**PRAVIDLA PROVOZOVÁNÍ LOKÁLNÍ  
DISTRIBUČNÍ SOUSTAVY**

**ZVU a.s.**

**Příloha 4**

**Pravidla pro paralelní provoz zdrojů se sítí nízkého nebo  
vysokého napětí PLDS**

## Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>OZNAČENÍ A POJMY</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>ROZSAH PLATNOSTI</b> .....	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>VŠEOBECNÉ</b> .....	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>PŘIHLAŠOVACÍ ŘÍZENÍ</b> .....	<b>4</b>
<b>6</b>	<b>PŘIPOJENÍ K SÍTI</b> .....	<b>5</b>
<b>7</b>	<b>ELEKTROMĚRY, MĚŘICÍ A ŘÍDÍCÍ ZARÍZENÍ</b> .....	<b>5</b>
<b>8</b>	<b>SPÍNACÍ ZARÍZENÍ</b> .....	<b>5</b>
<b>9</b>	<b>OCHRANY</b> .....	<b>6</b>
<b>10</b>	<b>KOMPENZACE JALOVÉHO VÝKONU</b> .....	<b>6</b>
<b>11</b>	<b>PODMÍNKY PRO PŘIPOJENÍ</b> .....	<b>7</b>
11.1	ZVÝŠENÍ NAPĚTÍ .....	7
11.2	ZMĚNY NAPĚTÍ PŘI SPÍNÁNÍ.....	8
11.3	PŘIPOJOVÁNÍ SYNCHRONNÍCH GENERÁTORŮ .....	9
11.4	PŘIPOJOVÁNÍ ASYNCHRONNÍCH GENERÁTORŮ.....	9
11.5	PŘIPOJOVÁNÍ VÝROBEN SE STRÍDAČI, EV. MĚNIČI KMITOČTU .....	9
<b>12</b>	<b>ZPĚTNÉ VLIVY NA NAPÁJECÍ SÍŤ</b> .....	<b>9</b>
12.1	ZMĚNA NAPĚTÍ .....	10
12.2	FLIKR .....	10
12.3	PROUDY HARMONICKÝCH .....	10
12.3.1	VÝROBNY V SÍTI NN .....	10
12.3.2	VÝROBNY V SÍTI VN .....	11
12.4	OVLIVNĚNÍ ZARÍZENÍ HDO .....	12
<b>13</b>	<b>UVEDENÍ DO PROVOZU</b> .....	<b>13</b>
<b>14</b>	<b>PROVOZOVÁNÍ</b> .....	<b>14</b>
<b>15</b>	<b>PŘÍKLADY PŘIPOJENÍ VLASTNÍCH VÝROBEN</b> .....	<b>15</b>
<b>16</b>	<b>DODATEK</b> .....	<b>22</b>
16.1	VYSVĚTLIVKY .....	22
16.2	PŘÍKLADY VÝPOČTU .....	28
16.3	MEZNÍ VÝKONY GENERÁTORŮ PŘIPOJITELNÝCH DO SÍŤE NN .....	30
16.3.1	PODLE ZMĚN NAPĚTÍ .....	30
16.3.2	MEZE PRO HARMONICKÉ .....	31
16.3.3	MEZE PRO VLIV NA HDO .....	32
16.4	FORMULÁŘE .....	33

## 1 ÚVOD

Následující pravidla shrnují hlavní hlediska, na která je zapotřebí brát zřetel při připojování výrobní elektřiny do sítě nn nebo vn provozovatele lokální distribuční soustavy (PLDS). Slouží proto stejně pro PLDS 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 příklady výpočtů, formuláře "Základní údaje" a "Protokol o uvedení do provozu".

Seznam literatury se nachází v hlavním dokumentu PPLDS.

## 2 OZNAČENÍ A POJMY

$S_{kV}$  zkratový výkon ve společném napájecím bodu

$\psi_{kV}$  fázový úhel zkratové impedance

$U_n$  jmenovité napětí sítě

$P_{lt}, A_{lt}$  dlouhodobá míra vjemu flikru, činitel dlouhodobého rušení flikrem [4],[29];

míra vjemu flikru  $P_{lt}$  v časovém intervalu dlouhém ( $lt = \text{long time}$ ) 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.

$S_A$  jmenovitý zdánlivý výkon výrobní

$S_{Amax}$  maximální zdánlivý výkon výrobní

$S_{nE}$  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  $S_{rAmax}$

Index "A" je použit ve vztahu k výrobně, index "E" se vztahuje k jednomu bloku, index "G" k jednomu generátoru.

### 3 ROZSAH PLATNOSTI

Tato pravidla platí pro plánování, zřizování, provoz a úpravy výroben elektřiny, připojených k síti nn nebo vn **PLDS**.

Takovými výrobnami jsou např.:

- vodní elektrárny
- větrné elektrárny
- tepelné elektrárny
- fotočláňková zařízení.

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

### 4 VŠEOBECNÉ

Při zřizování vlastní výroby je zapotřebí dbát na platná nařízení a předpisy, na to, aby byla vhodná pro paralelní provoz se sítí **PLDS** 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 [L1], [L11] a [1]
- platné normy
- předpisy pro ochranu pracovníků a bezpečnost práce
- nařízení a směrnice **PLDS**.

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

Připojení k síti je třeba projednat a odsouhlasit s **PLDS**.

**PLDS** může ve smyslu zákona [L1] 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 **PLDS** by proto měly být prováděny již ve stadiu přípravy, nejpozději při projektování vlastní výroby.

Výrobce elektřiny je povinen instalovat a provozovat u nově budovaných výroben o celkovém instalovaném výkonu 30 MW a více zařízení pro poskytování podpůrných služeb [L1] .

### 5 PŘIHLAŠOVACÍ ŘÍZENÍ

Pro přihlášení je zapotřebí předat **PLDS** včas podklady podle části 3.4 **PPLDS** 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 postací) 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, výrobcí, 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 napájeném usměrňovači: zkušební protokoly k očekávaným proudům harmonických a meziharmonických
- u větrných elektráren: osvědčení a zkušební protokol k očekávaným zpětným vlivům (kolísání činného a jalového výkonu, vnitřní úhel zdroje, kompenzace účinníku).

Především je zapotřebí přiložit dotazník s technickými údaji o zařízení, jehož vzor je přiložen v části 16.4.

## **6 PŘIPOJENÍ K SÍTI**

Vlastní výroby, popř. zařízení odběratelů s vlastními výrobny, které mají být provozovány paralelně se sítí **PLDS**, je zapotřebí připojit k síti ve vhodném bodě.

Způsob a místo připojení na síť stanoví **PLDS** 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 a neohrozí napájení dalších odběratelů.

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

Připojení k síti **PLDS** se děje ve spínacím místě s oddělovací funkcí, přístupným kdykoliv personálu **PLDS**.

Příklady připojení jsou uvedeny v části 15 této přílohy.

## **7 ELEKTROMĚRY, MĚŘICÍ A ŘÍDICÍ ZAŘÍZENÍ**

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

Elektroměry pro účtování a jim přiřazené řídicí přístroje jsou uspořádány na vhodných místech udaných **PLDS**. Dodávku a montáž měřicích zařízení zajišťuje **PLDS**. Přístrojové měřicí transformátory napětí či proudu jsou součástí zařízení výroby. Přístrojové měřicí transformátory musí být schváleného typu a úředně ověřeny.

Měřicí zařízení zajišťuje **PLDS**, náklady na jeho instalaci výrobce elektřiny (podrobnosti jsou v **Příloze 5 PPLDS: Obchodní měření**).

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

## **8 SPÍNACÍ ZAŘÍZENÍ**

Pro spojení vlastní výroby se sítí **LDS** 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 9. Tento vazební spínač může být jak na straně nn, tak i na straně vn. Pokud se nepředpokládá ostrovní provoz, lze k tomuto účelu použít spínací zařízení generátoru. Spínací zařízení musí zajišťovat galvanické oddělení ve všech fázích.

U vlastních výroben se střídači je třeba spínací zařízení umístit na střídavé straně střídače. Při společném umístění ve skříni 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 **PLDS** udá velikost příspěvku zkratového ekvivalentního oteplovacího proudu a velikost nárazového zkratového proudu ze sítě. Způsobí-li nová výroba zvýšení zkratového proudu v síti **PLDS** nad hodnoty, na které je zařízení sítě dimenzováno, pak musí výrobce učinit

opatření, která výši zkratového proudu z této výrobní nebo jeho vliv patřičně omezí, pokud se s **PLDS** nedohodne jinak.

Některé příklady připojení vlastních výroben jsou uvedeny v části 15.

## 9 OCHRANY

Opatření na ochranu vlastní výrobní (např. zkratovou ochranu, ochranu proti přetížení, ochranu před nebezpečným dotykem) je zapotřebí provést podle části 3.3 **PPLDS**. 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 8.

Je zapotřebí zajistit ochrany s následujícími funkcemi:

<b>Funkce</b>	<b>rozsah nastavení</b>
podpěťová ochrana	1.0 $U_n$ až 0.70 $U_n$
přepěťová ochrana	1.0 $U_n$ až 1.15 $U_n$
podfrekvenční ochrana	50 Hz až 48 Hz
nadfrekvenční ochrana	50 Hz až 52 Hz.

Podpěťová a přepěťová ochrana mohou být nastaveny např. na 0.8  $U_n$ , resp. 1.1  $U_n$ . Podfrekvenční a nadfrekvenční ochrany je třeba s ohledem na rychlé a bezpečné zjištění výpadku sítě nastavit pokud možno blízko síťové frekvenci (např. 49 resp. 51 Hz). V některých případech může být, s ohledem na síťové poměry, třeba jiné nastavení ochran. Proto je jejich nastavení vždy nutné odsouhlasit s **PLDS**. Vhodným podkladem pro tato nastavení jsou studie dynamického chování zdrojů v dané síti.

Podpěťová a přepěťová ochrana musí být trojfázová.

Podfrekvenční a nadfrekvenční ochrana může být jednofázová.

Vypnutí podpěťovou a nadpěťovou ochranou může být po dohodě s **PLDS** zpožděno. Při připojení výroben k síti **PLDS** provozované s OZ, které mohou tyto výrobní ohrozit, je zpoždění vypínání přípustné jen tehdy, když je pro nezpožděné odpojení výrobní při OZ k dispozici zvláštní ochrana. Jako zvláštní ochrana může být použito např. relé na skokovou změnu vektoru napětí (pouze u synchronních generátorů) nebo relé na výkonový skok.

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

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

S **PLDS** je zapotřebí dohodnout, které ochrany budou případně zaplombovány.

## 10 KOMPENZACE JALOVÉHO VÝKONU

U odběratele s vlastní výrobní musí účinník celého zařízení při odběru i dodávce činného výkonu odpovídat uzavřené smlouvě o dodávce. Není-li dohodnuto jinak, musí být účinník celého zařízení v intervalu 0.95-0.98 induktivní (dle [30]) a kompenzace jalového výkonu je obvykle nutná.

U kompenzačního zařízení je zapotřebí přihlížet ke způsobu provozu vlastní výrobní 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 kondenzátory nesmějí být připínány před zapnutím generátoru. Při vypínání generátoru musí být odpojeny současně.

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

## 11 PODMÍNKY PRO PŘIPOJENÍ

K zabránění zavlečení zpětného napětí do sítí PLDS je zapotřebí zajistit technickými opatřeními, aby připojení vlastní výroby k síti LDS 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 vypínače musí být blokováno do té doby, dokud není na každé fázi napětí minimálně nad rozběhovou hodnotou podpěťové 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 napájecím bodu je zapotřebí odsouhlasit s PLDS.

### 11.1 ZVÝŠENÍ NAPĚTÍ

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

$$\Delta u_{vn} \leq 2 \% \quad (\text{A})$$

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

$$\Delta u_{nn} \leq 3 \% \quad (\text{B})$$

Pokud je v síti jen jedno přípojně místo, je možné tuto podmínku posoudit jednoduše pomocí zkratového poměru výkonů

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

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  $S_{Emax}$ :

$$S_{Emax} = S_{Emax10min} = S_{nG} \cdot P_{1min} = \frac{P_{nG}}{\lambda} \cdot P_{10min}, \quad (\text{D})$$

příčemž 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 přípojněho bodu v síti bude podmínka pro zvýšení napětí dodržena vždy, když zkratový poměr výkonů  $k_{kj}$  je pro výroby s přípojným místem v síti vn

$$k_{k1vn} \geq 50 \quad (\text{E})$$

podobně pro výroby s přípojným místem v síti nn

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

Pokud je síť 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 přípojným místem v síti vn

$$S_{A_{\max vn}} \leq \frac{2\% \cdot S_{kV}}{|\cos(\psi_{kV} + \varphi)|} = \frac{S_{kV}}{50 \cdot |\cos(\psi_{kV} + \varphi)|}, \quad (\text{G})$$

pro výrobní s přípojným místem v síti nn

$$S_{A_{\max nn}} \leq \frac{3\% \cdot S_{kV}}{|\cos(\psi_k + \varphi)|} = \frac{S_{kV}}{33 \cdot |\cos(\psi_k + \varphi)|}, \quad (\text{H})$$

kde  $\varphi$  je fázový úhel mezi proudem a napětím výrobní při maximálním zdánlivém výkonu  $S_{A_{\max}}$ . Pokud pro  $\cos$  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 připojitelný výkon  $S_{A_{\max}}$ , pro který je pak zapotřebí určit zvýšení napětí v přípojném bodu. K tomu je používán následující vztah:

$$\Delta u_{AV} = \frac{S_{A_{\max}} \cdot \cos(\psi_{kV} + \varphi)}{S_{kV}}. \quad (\text{I})$$

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

## 11.2 ZMĚNY NAPĚTÍ PŘI SPÍNÁNÍ

Změny napětí v přípojném bodu, způsobené připojováním a odpojováním jednotlivých generátorů nebo zařízení, nevyvolávají nepřijatelné zpětné vlivy, pokud největší změna napětí pro výrobní s přípojným místem v síti nn nepřekročí 2 %, tj.

$$\Delta u_{\max vn} \leq 2\%, \quad (\text{J})$$

pro výrobní s přípojným místem v síti nn platí

$$\Delta u_{\max nn} \leq 3\%. \quad (\text{K})$$

a přitom spínání není častější než jednou za 1,5 minuty.

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

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

$$\Delta u_{\max} = k_{i_{\max}} \cdot \frac{S_{nE}}{S_{kV}}. \quad (\text{L})$$

Činitel  $k_{i_{\max}}$  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.

$$k_{i_{\max}} = \frac{I_a}{I_{nG}}. \quad (\text{M})$$

Výsledky na základě tohoto “největšího zapínacího rázu” jsou na bezpečné straně.

Pro činitel zapínacího rázu platí následující směrné hodnoty:

$k_{i_{\max}} = 1$	synchronní generátory s jemnou synchronizací, střídače
$k_{i_{\max}} = 4$	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
$k_{i_{\max}} = I_a/I_{nG}$	asynchronní generátory motoricky rozbíhané ze sítě
$k_{i_{\max}} = 8$	pokud není známo $I_a$ .

Asynchronní stroje připojované přibližně se synchronními otáčkami mohou vlivem svých vnitřních přechodových 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 přechodové jevy. Tento činitel respektuje nejen výši, ale i časový průběh proudu v průběhu přechodového děje a udává se jako funkce úhlu impedance sítě  $\psi$  pro každé zařízení ve zkušebním protokolu.

Jeho pomocí lze vypočítat fiktivní “náhradní změnu napětí”,

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

která rovněž (jako  $\Delta u_{\text{max}}$ ) nesmí překročit hodnotu 2 % pro výroby s přípojným místem v síti vn a 3 % pro výroby s přípojným místem v síti nn.

S ohledem na minimalizaci zpětného vlivu na síť LDS je zapotřebí zamezit současnému spínání více generátorů v jednom přípojném bodu. 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.

### 11.3 PŘIPOJOVÁNÍ SYNCHRONNÍCH GENERÁTORŮ

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

- |   |                  |                                 |
|---|------------------|---------------------------------|
| - | rozdíl napětí    | $\Delta U < \pm 10 \% U_n$      |
| - | rozdíl frekvence | $\Delta f < \pm 0.5 \text{ Hz}$ |
| - | rozdíl 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.

### 11.4 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.

### 11.5 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.

## 12 ZPĚTNÉ VLIVY NA NAPÁJECÍ SÍŤ

Aby nebyla rušena zařízení dalších odběratelů a provozovaná zařízení LDS, je zapotřebí omezit zpětné vlivy výroben. Pro posouzení je třeba vycházet ze zásad pro posuzování zpětných vlivů a jejich přípustných mezí [3], [4], [5].

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 kap. 16.1).

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

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

$\Delta U \leq 2 \% U_n$  (pro společný napájecí bod v síti vn - viz též část 11).

## 12.2 FLIKR

### DLOUHODOBÝ FLIKR

Pro posouzení jedné nebo více výroben v jednom přípojném bodu je zapotřebí se zřetelem na kolísání napětí vyvolávající flikr dodržet v přípojném bodě mezní hodnotu

$$P_{lt} \leq 0,46 \quad (A_{lt} \leq 0,1). \quad (\text{O})$$

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

$$P_{lt} = c \cdot \frac{S_{nE}}{S_{kV}}, \quad (\text{P})$$

$S_{nE}$  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

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

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

$$P_{lt\text{res}} = \sqrt{\sum_i P_{lti}^2}. \quad (\text{R})$$

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

$$P_{lt\text{res}} = \sqrt{n} \cdot P_{lt} = \sqrt{n} \cdot c \cdot \frac{S_{nE}}{S_{kV}}. \quad (\text{S})$$

## 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 proudů vyšších harmonických ( $I_v$ ) použita následující jednoduchá kritéria:

$$\text{Přípustný proud } I_{vnn} = \text{vztažný proud } i_v \frac{S_{kV}}{\sin \psi_{kV}} \quad (\text{T})$$

vztažný proud  $i_v$  je uveden v TAB.1.

$\sin \psi_{kV} = X_k/Z_k$  ( $\cong 1$ , když je přípojně místo blízko transformátoru vn/nn).

**TAB.1**

řád harmonické $v$	Vztažný proud $i_v$ : (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 jediný přípojný bod v síti vn lze určit celkové v tomto bodě přípustné harmonické proudy ze vztažných proudů  $i_{v,př}$  z TAB.2 násobených zkratovým výkonem v přípojném místě

$$I_{vpř} = i_{vpř} \cdot S_{KV} \quad (\text{U})$$

Pokud je v přípojném bodě 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  $S_{AV}$  v přípojném bodu

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

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.

Celkově přípustné harmonické proudy pro síť vn, vztažené na zkratový výkon, které jsou vyvolány zařízením přímo připojeným do této sítě, jsou uvedeny v TAB.2.

Pro harmonické s řády násobků tří platí hodnoty v TAB.2 pro nejbližší řád, a to pouze, pokud se nulová složka proudů z výroby neuzavírá do sítě.

**TAB.2**

Řád harmonické $v, \mu$	Přípustný vztažný proud harmonických $i_{v,\mu př}$ [A/MVA]	
	síť 10 kV	síť 22 kV
5	0,115	0,058
7	0,082	0,041
11	0,052	0,026
13	0,038	0,019
17	0,022	0,011
19	0,016	0,009
23	0,012	0,006
	0,010	0,005
>25 nebo sudé	0,06/v	0,03/v
$\mu < 40$	0,06/ $\mu$	0,03/ $\mu$
$\mu > 40^1$	0,16/ $\mu$	0,09/ $\mu$

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 ( $v < 7$ ) se sčítají aritmeticky

$$I_v = \sum_{i=1}^n I_{vi} \quad (\text{W})$$

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

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

▪ pulzně 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

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

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 meziharmonických), 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 frekvence v mnoha případech nižší, takže mohou být přípustné vyšší proudy harmonických. Předpokladem je výpočet a posouzení napětí harmonických v přípojném bodu při uvažování skutečné (frekvenčně závislé) impedance sítě v přípojném bodu podle [3]. Navíc k dosavadním požadavkům je zapotřebí dodržet podmínku, že v rozsahu frekvencí 2000 Hz až 9000 Hz nepřekročí v přípojném bodě napětí 0,2 %.

Je-li v síti několik přípojných bodů, musí být při posuzování poměrů v jednom přípojném bodu brány v úvahu též ostatní přípojně body. Podle toho jsou poměry v síti vn přípustné, pokud v každém přípojném bodu nepřekročí harmonické proudy emitované do sítě hodnotu

$$I_{\nu \text{ v p ř}} = I_{\nu \text{ p ř}} \cdot S_{\text{KV}} \cdot \frac{S_{\text{AV}}}{S_{\text{S}}}, \quad (\text{Z})$$

kde  $S_{\text{AV}}$  je součet napájecích zdánlivých výkonů všech zařízení v daném přípojném bodě a  $S_{\text{S}}$  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 (nepřímo úměrně k napětí).

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

## 12.4 OVLIVNĚNÍ ZAŘÍZENÍ HDO

Zařízení hromadného dálkového ovládání (HDO) jsou obvykle provozována s frekvencí mezi cca 180 až 1050 Hz. Místně použitou frekvenci HDO je zapotřebí zjistit u **PLDS**. Vysílací úroveň je obvykle mezi 1 % až 4 %  $U_n$ .

Zařízení HDO jsou dimenzována na zatížení, které odpovídá 50 Hz zatížení sítě, kterou napájí svým signálem. Výrobní ovlivňují HDO přidavným zatížením vysílačů HDO:

- vlastním zařízením výroby
- příp. zvýšeným zatížením části sítě, do které pracuje výroba.

Tento vliv může způsobit nepřípustné změny hladiny signálu HDO v přípojném bodu, kterým je obecně zapotřebí zamezit odpovídajícími technickými opatřeními, která musí být odsouhlasena mezi provozovatelem výroby a **PLDS**.

Přítom je zapotřebí vycházet z toho, že hladina signálu HDO v žádném bodu sítě nesmí klesnou o více než 10 až 20 % pod požadovanou hladinu ( v závislosti na podmínkách jako jsou frekvence HDO, druh sítě, druhy přijímačů apod.), přičemž je zapotřebí uvažovat s odpovídajícími impedancemi odběrů i výroben.

U poklesů hladiny signálu HDO výrobnami je zapotřebí uvažovat následující hlediska:

- Zdroje připojené statickými střídači bez filtrů zpravidla nezpůsobují významné snížení hladiny signálu HDO. Pokud jsou vybaveny filtry nebo kompenzačními kondenzátory, 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.

V některých případech může být nutná instalace zádrže pro tónovou frekvenci.

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 produkovaná 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 výroby. Jinak jsou zapotřebí zvláštní výpočty.

Pokud vlastní výroba 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.

### 13 UVEDENÍ DO PROVOZU

Před uvedením do provozu je zapotřebí, aby zřizovatel potvrdil, že vlastní výroba je provedena podle předpisů, norem a zásad uvedených v části 4, stejně jako podle **PPLDS** a této přílohy a předložil protokol o provedení výchozí revize.

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

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 ochran podle části 9.

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

Dále je zapotřebí odzkoušet náběh ochran 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 PLDS)
- 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 11.

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 ochran, je zapotřebí dokumentovat, např. zkušebním protokolem (viz 16.4).

Ochrany mohou být **PLDS** plombovány.

## **14 PROVOZOVÁNÍ**

Zařízení potřebná pro paralelní provoz vlastní výroby se sítí **PLDS** 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 16.4).

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

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

**PLDS** 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 **PLDS** nebo výrobce - připojena na síť **LDS** teprve tehdy, když jsou splněny spínací podmínky podle části 11.

Pověřeným pracovníkům **PLDS** je zapotřebí umožnit v dohodě s výrobcem přístup ke spínacímu zařízení a ochranám podle částí 8 a 9.

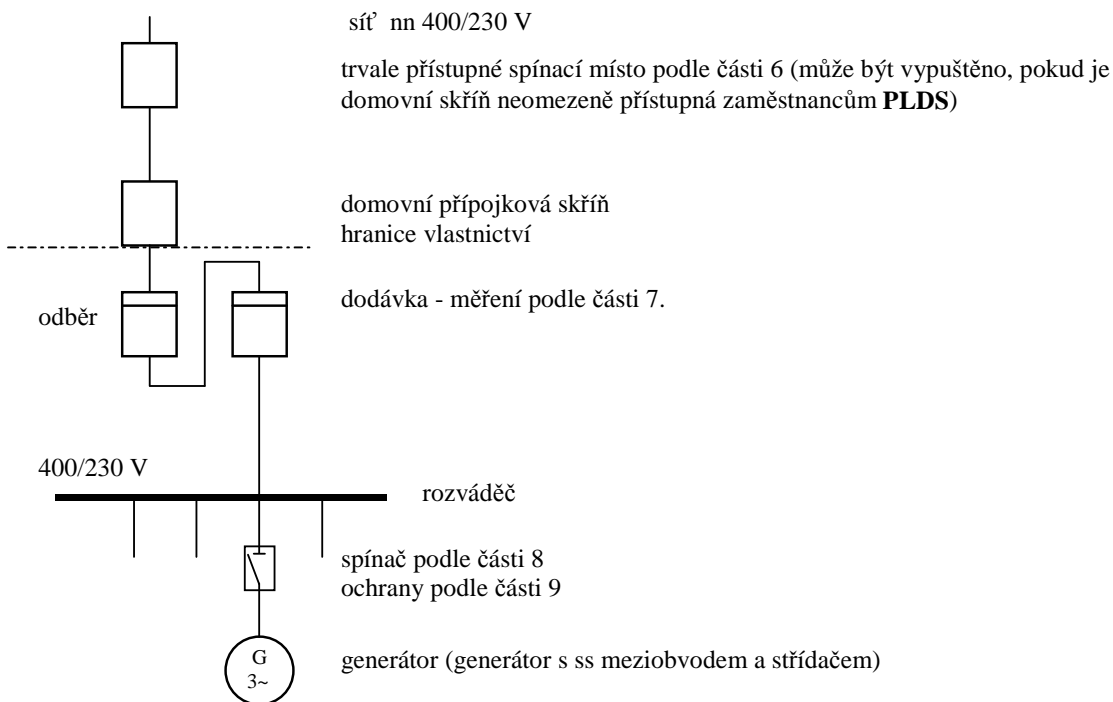
Pokud je ke spínání potřebný souhlas, pak uzavře **PLDS** s provozovatelem výroby odpovídající (dohodu) smlouvu o provozování, ve které jsou vyjmenovány osoby oprávněné ke spínání. Do této dohody je zapotřebí zahrnout i ujednání o poruchové signalizaci, signalizaci odpojení a časech připojování zařízení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

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

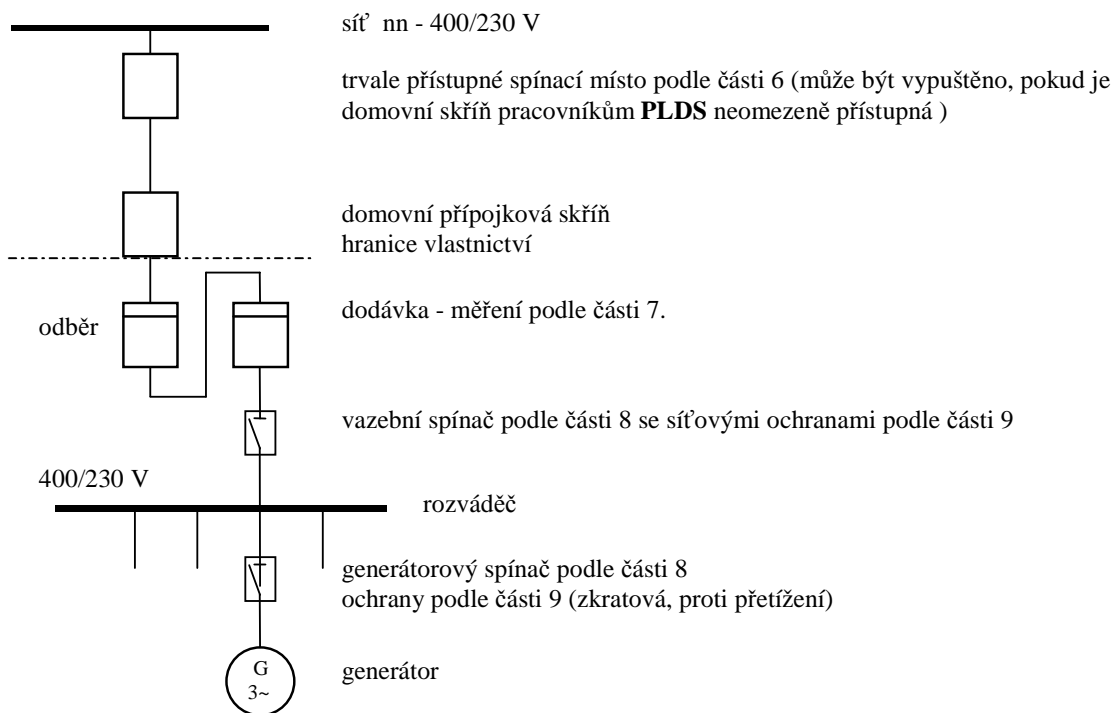
Provozovatel výroby musí s dostatečným předstihem projednat s **PLDS** zamýšlené změny zařízení, které mohou mít vliv na paralelní provoz se sítí, jako např. zvýšení nebo snížení výkonu výroby, výměna ochran, změny u kompenzačního zařízení.

Výrobce je povinen včas odsouhlasit s **PLDS** zamýšlené změny ve svém zařízení, pokud tyto mají vliv na paralelní provoz, jako např. zvýšení nebo snížení dodávaného výkonu, výměnu ochran, změny kompenzačního zařízení.

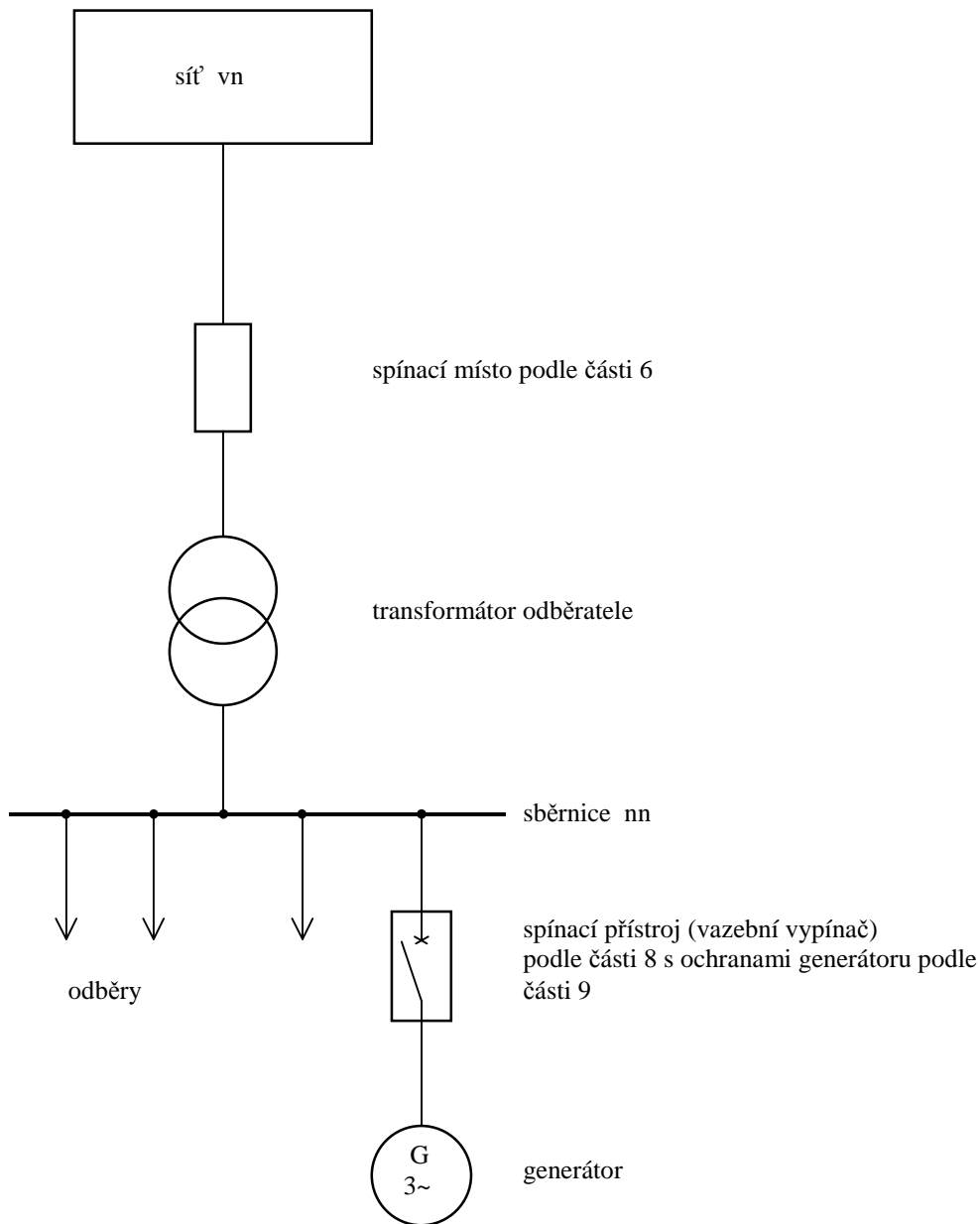
## 15 PŘÍKLADY PŘIPOJENÍ VLASTNÍCH VÝROBEN



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

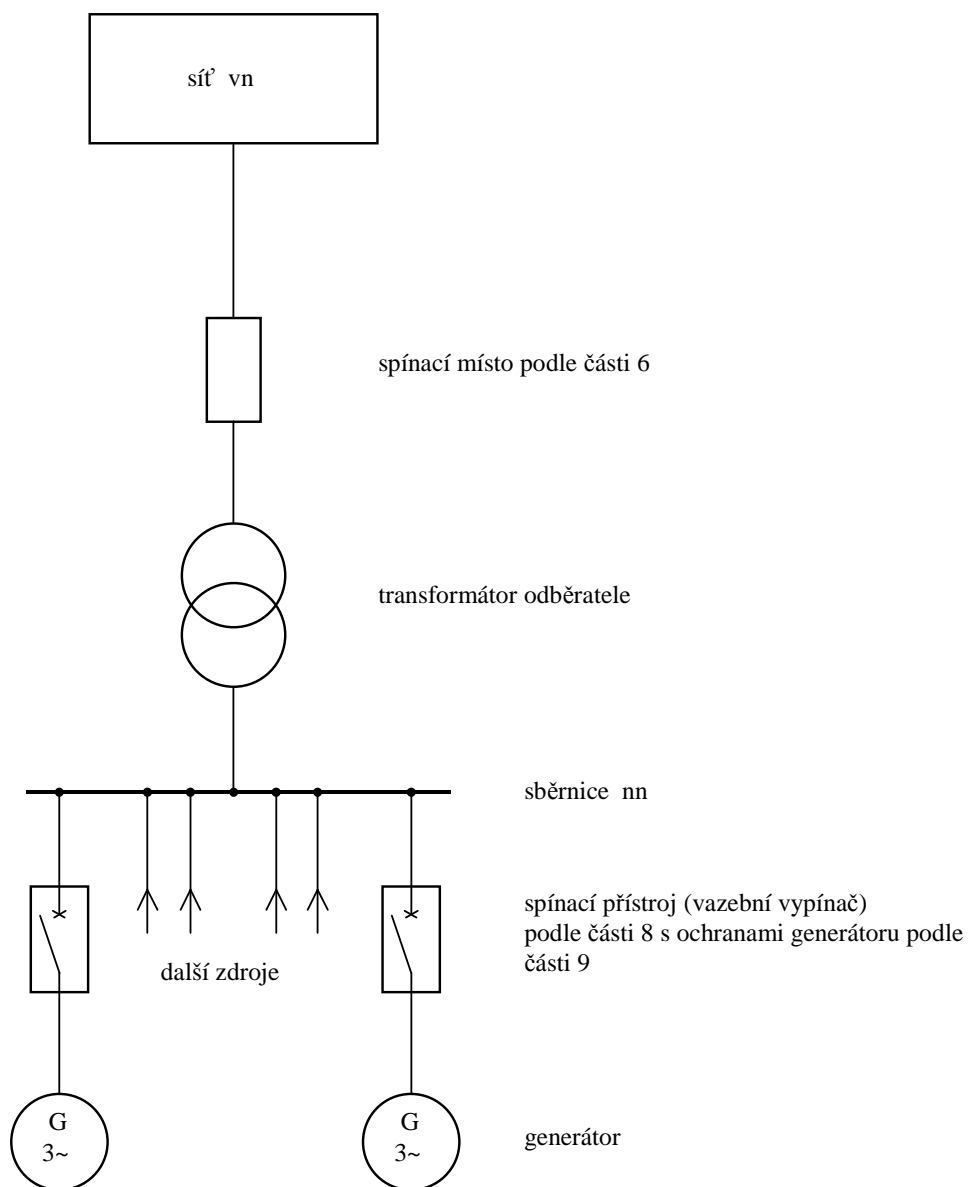


**Příklad 2** Paralelně provozovaná výrobná v síti nn s možností ostrovního provozu

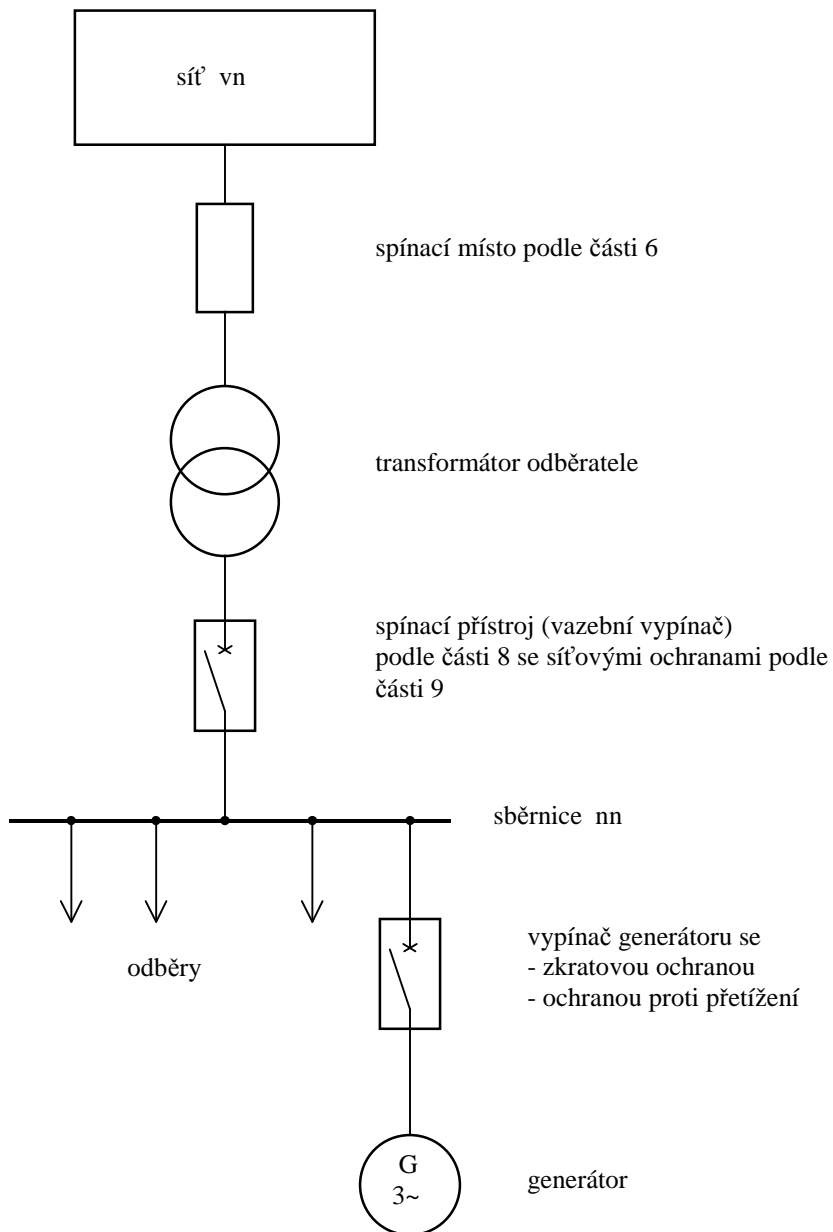


**Příklad 3 Jedna vlastní výrobná v paralelním provozu se sítí bez možnosti ostrovního provozu**

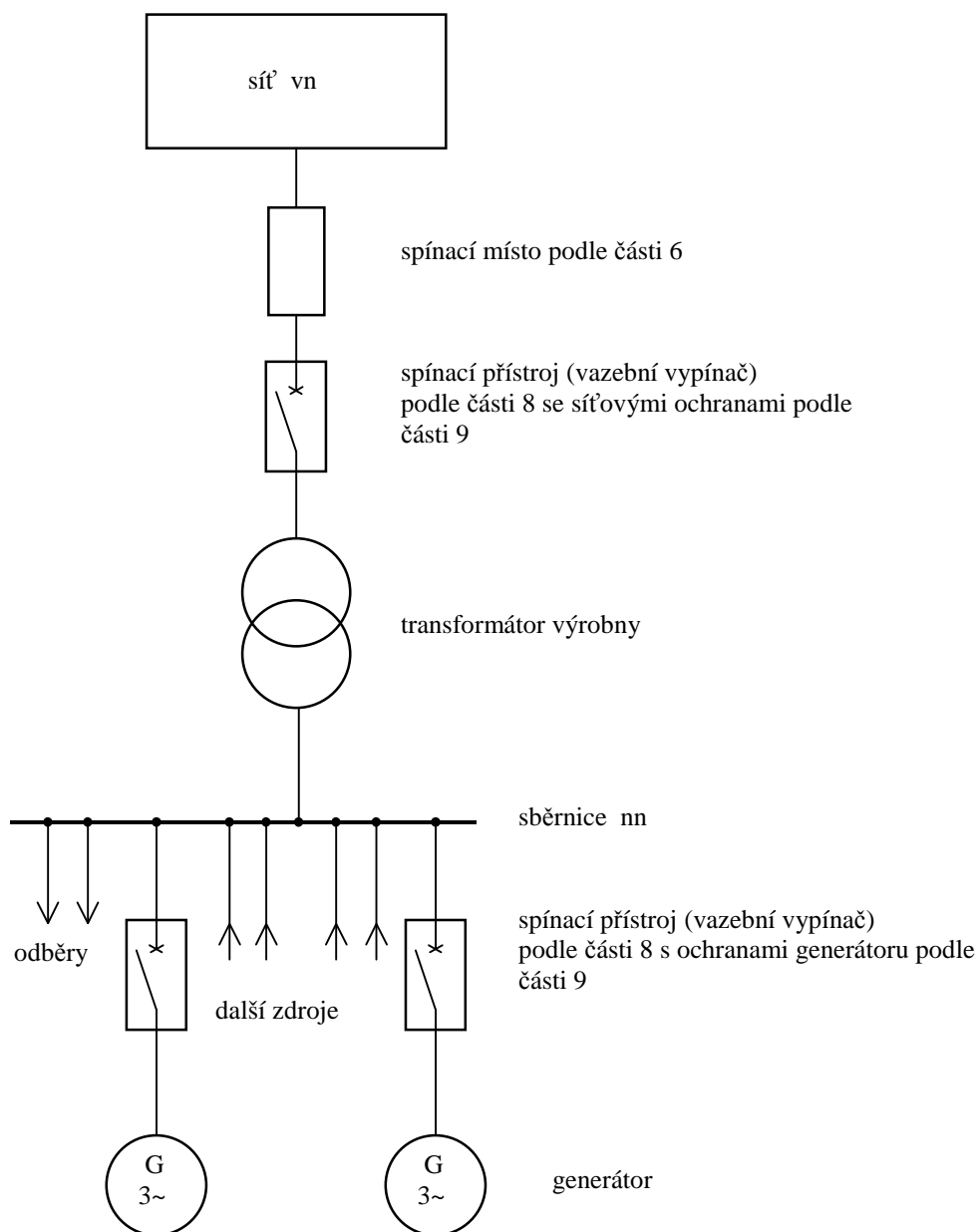




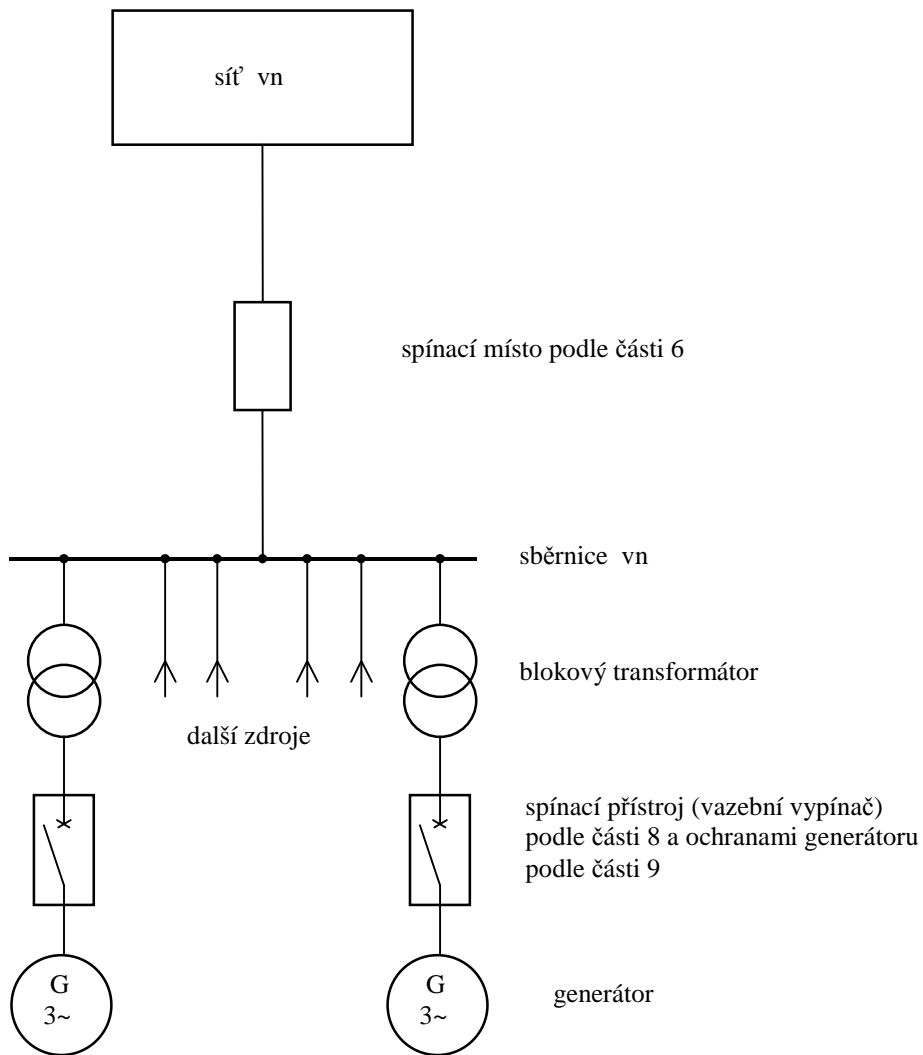
**Příklad 4** Několik vlastních výroben v paralelním provozu se sítí bez možnosti ostrovního provozu



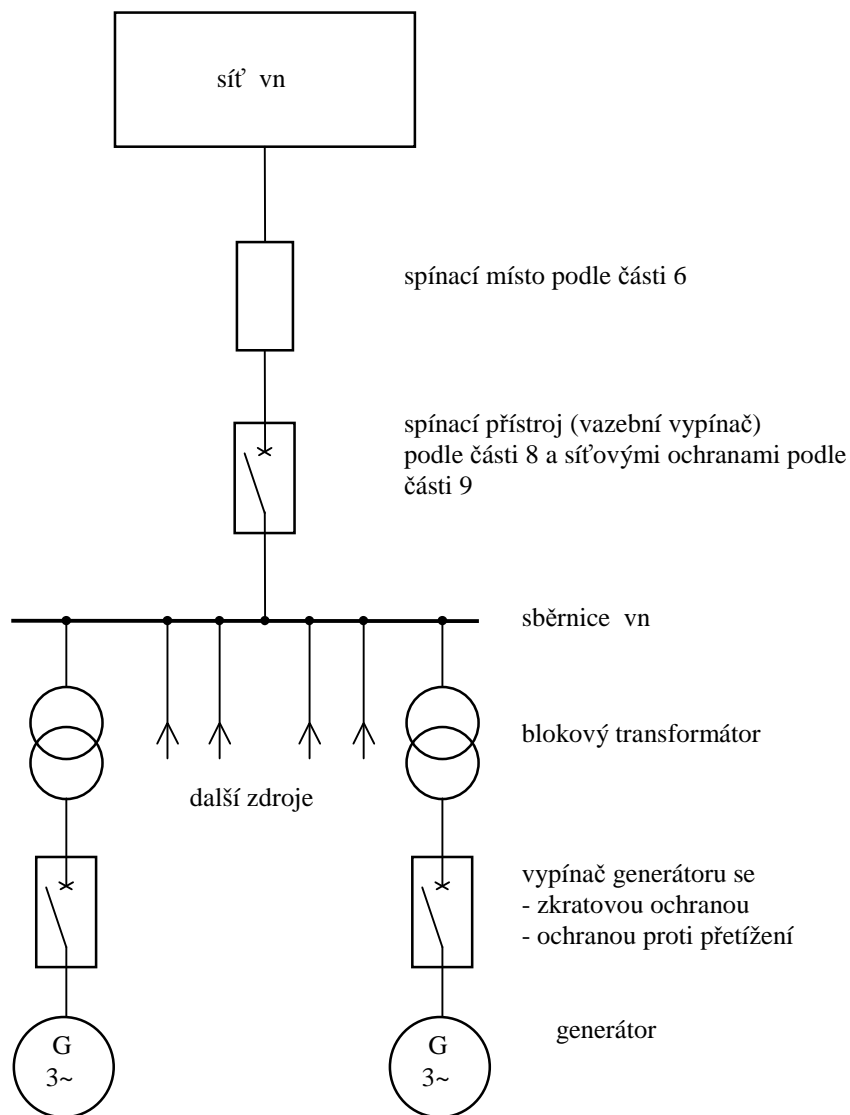
**Příklad 5 Vlastní výroba v paralelním provozu se sítí s možností ostrovního provozu**



**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**

## 16 DODATEK

### 16.1 VYSVĚTLIVKY

Vysvětlivky k části:

#### 5 Přihlašovací řízení

U vlastních výroben s několika generátory je zapotřebí udat data pro každý jednotlivý pohon i generátor (podrobnosti jsou v části 3.4 PPLDS). Souhrnné údaje u zařízení s více generátory nepostačují pro závěrečné posouzení nárazových proudů, časového odstupňování, harmonických a flikru (viz dotazník pro posouzení možnosti připojení).

#### 6 Připojení k síti

Aby bylo zajištěno dostatečné dimenzování zařízení, musí být v každém případě proveden výpočet zkratových poměrů ve společném napájecím bodě. 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 Elektroměry, měřicí a řídicí zařízení

Pokud má být zjišťována dodávka elektrické energie do sítě PLDS, pak je pro její měření zapotřebí dvoucestný elektroměr, umožňující oddělené zúčtování odběru a dodávky.

Elektroměry v přívozech k vlastní výrobě neslouží pro účtování, nýbrž pouze pro informaci výrobce. Proto nejsou PLDS požadovány.

#### 8 Spínací zařízení

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

Spínač ke spojení vlastní výrobní se sítí LDS slouží jako trvale přístupné spínací místo (viz část 6). Uspořádání spínačů je závislé na zapojení, vlastnických i provozních poměrech v předávací stanici. Bližší stanoví PLDS 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 15.5 a 15.6) slouží synchronizační vypínač mezi spínacím místem podle části 6 a zařízením výrobní k vypínání, ke kterému může dojít činností ochrany při jevech vyvolaných v síti LDS. 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 LDS nedojde k působení ochrany a vypnutí.

## 9 Ochrany

Ochrany v dělicím bodě mají zabránit nežádoucímu napájení (s nepřipustným napětím nebo frekvencí) části sítě oddělené od ostatní napájecí sítě z vlastní výroby, 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 výroby. 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 PPLDS 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 9.

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 PLDS), vypnout vazební vypínač a tím zamezit pozdějšímu nesynchronnímu sepnutí ostrovní sítě a sítě PLDS. Vypínací časy těchto ochran 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 ochran a jejich nastavení je zapotřebí odsouhlasit s PLDS.

## 10 Kompenzace jalového výkonu

K zamezení vysokých ztrát činného výkonu je zapotřebí usilovat o účinník přibližně 1. V distribuční síti 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 PLDS 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.

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 frekvenci HDO je nutný souhlas příslušného PLDS.

Při vypínání může zůstat v kondenzátorech náboj, který bez vybíjecích odporů může způsobit vyšší dotykové napětí, než je přípustné podle [11]. Při opětném 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 **PLDS**, je třeba pro kompenzaci připojit paralelně ke generátoru odpovídající kondenzátory. Protože asynchronní generátor smí být připínán k síti pouze v beznapětovém 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 kondenzátory 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.

## **11 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 **PLDS** (viz část 14) je opětné zapnutí zapotřebí dohodnout s příslušným pracovištěm **PLDS**.

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 napětíové poklesy v síti (flickr) se motorický rozběh generátorů obecně nedoporučuje.

Ke stanovení podmínek pro synchronizaci musí mít synchronizační zařízení měřicí část, obsahující dvojitý 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 **LDS** 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, hradících tlumivek, transformátorů
- vadná činnost přijímačů HDO a elektronického řízení.

Zpětné vlivy na LDS se mohou projevat 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 [3, 5]. Měřítkem a kritériem pro posuzování je míra vjemu flikru  $P_{It}$  ( $A_{It}$ ). Ten se zjišťuje buď měřením skutečného zařízení ve společném napájecím bodu, nebo předběžnými výpočty.

$P_{It}$  je závislý na:

- zkratovém výkonu  $S_{kV}$
- úhlu  $\psi_{kV}$  zkratové impedance
- jmenovitém výkonu generátoru
- činiteli 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  $\varphi_i$  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 výrobná nevyvolává větší změny napětí než 3 až 5 %, jak se to doporučuje pro měření zpětných vlivů [8, 31].

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

$$c = P_{It\text{nam}} \cdot \frac{S_{kV}}{S_{rG} \cos(\psi_{kV} + \varphi_i)}, \quad (\text{AA})$$

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 proudů generátoru- přesněji : změny proudu- proti generátorovému napětí ve zdrojově orientovaném (obvyklém u generátorů) systému, tj.  $-90^\circ < \varphi_i < +90^\circ$  (pokud se generátor chová jako induktivní odběratel, tj. např. asynchronní generátor, 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  $\Delta Q$ :

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

kde:  $\Delta P > 0$  činný výkon vyráběný vlastní výrobnou  
 $\Delta Q$  jalový výkon vyvolaný vlastní výrobnou se znaménkem, definovaným následujícím způsobem:  
 $\Delta Q > 0$  když se vlastní výrobná 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  $\mathbf{c}$  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

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

Tento vztah poskytuje menší, ale přesnější hodnoty činitele flikru, než odhad podle rovnice (17) v části 12.

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 fotočládkových 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:

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

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

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

Odtud je zřejmé, že u zařízení, která sestávají z více generátorů, dochází k určité "kompenzaci" 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:

$$\frac{S_{rA}}{S_{kV}} < \frac{1}{120} \quad (\text{FF})$$

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:

$$\frac{\Sigma S_{rA}}{S_{kV}} < \frac{1}{60} \quad (\text{GG})$$

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 přerušování 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 žádných 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 [3]). 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) dvanáctipulsní a u zařízení nad 2 MVA (jmenovitý výkon) dvacetičtyřpulsní 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, popsána blíže v [3].

### Zpětné vlivy na zařízení HDO

Sací obvody pro snížení harmonických nebo kompenzační kondenzátory vyvolávají často snížení hladin signálů HDO pod dovolenou mez. V těchto případech může pomoci vhodné provedení sacích obvodů nebo - u vyšších frekvencí HDO - zahrazení kondenzátorů. Případně musí být použity hradící členy pro tónovou frekvenci.

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

Z těchto důvodů může **PLDS** požadovat i dodatečně u kompenzačního zařízení zahrazení kondenzátorů nebo jiné technické opatření, která musí provozovatel vlastní výroby zabudovat.

## 16.2 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 trafostanicí 22/0,4 kV.

Přípustnost připojení je zapotřebí přezkoušet s přihlédnutím k podmínkám připojení podle části 11 a zpětných vlivů podle části 12.

### Údaje o síti

- zkratový výkon ve společném napájecím bodu  $S_{KV}=100 \text{ MVA}$
- fázový úhel zkratové impedance  $\psi_{KV}=70^\circ$

### Údaje k vlastní výrobě

- synchronní generátor s ss meziobvodem a 12pulsním usměrňovačem
  - jmenovité napětí usměrňovače  $U_T=400 \text{ V}$
  - jmenovitý výkon  $S_{TG}=S_{TA}=440 \text{ kVA}$
  - poměr maximálního zapínacího proudu ke jmenovitému  $k=1$
  - činitel flikru  $c=30$  při  $\varphi_i=0^\circ$
- |                               |                 |                   |
|-------------------------------|-----------------|-------------------|
| 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 10 je:

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

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 12.

- Pro orientační posouzení platí podmínka uvedená v části 11:

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

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

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

Flikr vycházející ze zařízení při provozu zůstane pod přípustnou hodnotou.

- Ověření přípustnosti vystupujících proudů harmonických podle podmínky:

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

Pro posouzení budou použity hodnoty příslušných vztažných proudů harmonických v TAB.2 v části 12. Společný napájecí bod pro připojení vlastního zdroje je sice na straně vn, přesto však budou použity hodnoty strany 400 V.

**Posuzovací tabulka**

Řád harmonické	proudy harmonických			
	vztažné (A/MVA) 400 V	přípustné (A) 400 V	vypočtené (A) 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 [29]).

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

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

### 16.3 MEZNÍ VÝKONY GENERÁTORŮ PŘIPOJITELNÝCH DO SÍTĚ NN

#### 16.3.1 Podle změn napětí

Napěťové poměry je zapotřebí určovat jak pro normální provoz při dodávce do sítě, kdy dochází v místě připojení výroby ke zvýšení napětí, tak pro připojování výroby k síti, kdy jsou omezující napěťové poklesy.

Následující TAB.P1 uvádí mezní velikosti výkonů generátorů, připojitelných k transformátorům 22/0,4 kV samostatným vedením, určených jednak podle jednoduchého vztahu (1), jednak pomocí přesnějšího výpočtu podle rovnice (9) v [3]. V prvním sloupci jsou výkony transformátorů, ve druhém sloupci zkratový výkon na jejich sekundární straně, stanovený pro zkratový výkon na primární straně transformátoru 50 MVA a poměr X/R = 3. Ve třetím sloupci jsou uvedeny hodnoty stanovené podle vztahu (1), které platí pro zvýšení napětí o 3 %. Ve čtvrtém sloupci přesněji určené hodnoty podle rovnice (9) v [3] pro zvýšení napětí rovněž o 3 % a pro předpokládaný účinník dodávky 0.9. V pátém sloupci jsou uvedeny mezní hodnoty určené pro připojování asynchronního generátoru s 95 až 105 % jmenovitých otáček, tedy při proudovém rázu s k=4 a za dalšího předpokladu účinníku při spouštění s velikostí 0.4.

TAB. P1

$S_{tr}$ [kVA]	$S_{kv}$ [MVA]	$S_{gmax}$ [kVA]	$S_{max}$ [kVA]	$S_{mr}$ [kVA]
Jmen. výkon transformátoru	Zkrat. výkon na straně 400 V	Chod (podle (1))	Chod podle (9) v [3]	Rozběh podle (9) v [3]
50	1,35	41	42	37
100	2,63	80	91	71
160	4,11	125	150	110
250	6,20	188	234	165
400	9,38	284	361	247,5
630 (4 %)	13,63	413	528	354
630 (6 %)	9,81	297	420	262
1000	14,30	433	593	373
1600	20,18	612	800	513
2500	26,78	812	1017	663

Tato tabulka slouží pouze pro orientaci a představu, vycházet při rozhodování o připojitelnosti je zapotřebí z konkrétních síťových poměrů a vztahů (1) a (2), popř. přesnějších výpočetních vztahů normy [3].

### 16.3.2 Meze pro harmonické

Za předpokladů uvedených v části 16.1 byly pro jednotlivé výkony transformátorů vn/nn a ostatní podmínky, jako při posuzování změn napětí stanoveny přípustné velikosti připojovaného generátoru, resp. jejich celkový výkon, určeny hodnoty v následující TAB.P2, kde  $S_{gmax1}$  je výkon jednoho generátoru a  $S_{gmax2}$  je součtový výkon generátorů sítě.

**TAB.P2**

$S_{tr}$ [kVA]	$S_{kv}$ [MVA]	$S_{gmax1}$ [kVA] ( $S_{kv}/120$ )	$S_{gmax2}$ [kVA] ( $S_{kv}/60$ )
50	1,35	11	22
100	2,63	22	44
160	4,11	34	68
250	6,20	52	104
400	9,38	78	156
630	13,63	114	228
630	9,81	82	164
1000	14,30	119	228
1600	20,18	168	336
2500	26,78	223	446

### 16.3.3 Meze pro vliv na HDO

V následující TAB.P3 jsou uvedeny mezní velikosti generátorů, připojitelných na přípojnice ve stanici vn/nn, které by způsobily snížení úrovně signálu HDO o 10, resp 20 %, určené za následujících předpokladů:

Transformátor je zatížen motorickou a obyčejnou zátěží s velikostí 10 %, 30 % a 60 % jmenovitého výkonu transformátoru, přičemž u nemotorické zátěže je účinník 0.95, u motorické 0,8. Motorická zátěž i připojovaný generátor má zpětnou reaktanci  $X''_G = 15 \%$ , činný odpor pro frekvenci HDO pak s velikostí  $0,1 X''_G$ , tak jak je to uvedeno v [8].

**TAB.P3**

trafo výkon [ kVA]		zátěž % $S_{jm}$	výkon pro 10% (90%)	výkon pro 20% (80%)
50		10	11	23
		30	16	29
		60	24	39
100		10	20	44
		30	31	56
		60	49	77
160		10	34	66
		30	49	87
		60	77	119
250		10	52	99
		30	76	132
		60	118	186
400		10	79	155
		30	117	202
		60	189	287
630	4 %	10	119	224
		30	187	306
		60	302	440
	6 %	10	92	168
		30	164	254
		60	282	404
1000		10	141	260
		30	249	396
		60	448	628



## 16.4 FORMULÁŘE

### DOTAZNÍK PRO VLASTNÍ VÝROBNU

provozovanou paralelně se sítí LDS nn  
 (tuto stranu vyplní provozovatel nebo zřizovatel) vn

#### Provozovatel (smluvní partner)

Jméno: \_\_\_\_\_  
 Ulice: \_\_\_\_\_  
 Místo: \_\_\_\_\_  
 Telefon/fax: \_\_\_\_\_  
 e-mail: \_\_\_\_\_

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

#### Zřizovatel zařízení

Jméno: \_\_\_\_\_  
 Adresa: \_\_\_\_\_  
 Telefon/fax: \_\_\_\_\_  
 e-mail: \_\_\_\_\_

#### Adresa zařízení

Zařízení Výrobce: \_\_\_\_\_ Počet stejných zařízení: \_\_\_\_\_  
 Typ: \_\_\_\_\_

#### Využívaná energie

Vítr	bioplyn	kogenerace
regulace: "Stall"	spalovna	plyn
"Pitch"	ostatní	olej
voda	slunce	

<b>generátor</b>	asynchronní	fotočlánkový se střídačem
	synchronní	a třífázovým připojením
	se střídačem	a jednofázovým připojením
<b>způsob provozu</b>	ostrovní provoz	ano ne
	zpětné napájení	ano ne
	dotávka veškeré energie do sítě	ano ne
<b>Data jednoho zařízení</b>	činný výkon P _____ kW	<u>Pouze u větrných elektráren</u>
	zdánlivý výkon S _____ kVA	špičkový výkon $S_{max}$ _____ kVA
	jmenovité napětí proud U _____ V	střední za čas _____ s
	motorický rozběh generátoru I _____ A	měrný činitel flikru c _____
	pokud ano: rozběhový proud $I_a$ _____ A	ano ne
	<u>Pouze u střídačů:</u>	
	řídící frekvence	síťová vlastní
	schopnost ostrovního provozu	ano ne
	počet pulzů 6 12 24	modulace šířkou pulzu
	proudy harmon. podle PNE 33 3430-1	ano ne
	příspěvek vlastního zdroje ke zkratovému proudu	_____ kA
	zkratová odolnost zařízení	_____ kA
	kompensační zařízení není je	výkon _____ kVAr
	přiřazeno jednotlivému zařízení řízené	společné
	s předřazenou tlumivkou ano	ne
	s hradícím obvodem ano	s _____ % pro _____ Hz
	se sacími obvody ano	pro n= _____ ne

#### Poznámky:

místo, datum: \_\_\_\_\_ podpis: \_\_\_\_\_

### DOTAZNÍK PRO VLASTNÍ VÝROBNU

provozovanou paralelně se sítí **LDS** (tuto stranu vyplní **PLDS**)

#### Připojení k síti

společný napájecí bod	nn	vn
<hr/>		
zkratový výkon ze strany <b>LDS</b> v přípojném bodu $S_{kv}$	_____ MVA	
zkratový proud	_____ kA	
při připojení na vn:	stanice LDS	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 **PLDS** následující podklady

- příhláška 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, výrobcí a funkci jednotlivých ochran
- 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 ochran vlastní výroby

\_\_\_\_\_  
(místo, datum)

\_\_\_\_\_  
(služebna)

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

## PROTOKOL O UVEDENÍ VLASTNÍ VÝROBNY DO PROVOZU

pro paralelní provoz se sítí **LDS** nn (vyplní **PLDS**)  
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)
- 1.2 Vybudované zařízení odpovídá projektu
- 1.3 Trvale přístupné spínací místo, splnění dělící funkce
- 1.4 Měřicí zařízení podle smluvních podmínek a technických požadavků

#### 2 Ochrany

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

	seřiditelnost	nastavení	plomba
			ano      ne
2.2.1 Podpěťová ochrana vypínací čas	$1.0 U_n \div 0.7 U_n$	_____ $U_n$ _____ s	
2.2.2 Přepěťová ochrana vypínací čas	$1.0 U_n \div 1.15 U_n$	_____ $U_n$ _____ s	
2.2.3 Podfrekvenční ochrana	$50 \div 48$ Hz	_____ Hz	
2.2.4 Nadfrekvenční ochrana	$50 \div 52$ Hz	_____ Hz	
2.2.5 Vektorové skokové relé	$0 \div 9$ o el	_____ o el	

(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
- 2.3.2 Třífázový výpadek sítě
- 2.3.3 Opětné zapínání (u asynchronních generátorů od 250 k a u synchronních generátorů)
- 2.3.4 Odchylka frekvence (simulace se zkušebním zařízením)

#### 3 Měření, podmínky pro spínání, kompenzace účinníku

- 3.1 Úvodní ověření elektroměru pro odběr a dodávku
- 3.2 Podmínky pro spínání podle pravidel pro paralelní provoz
- 3.3 Kompensační zařízení se připíná a odpíná s generátorem      není
- 3.4 Kompensační zařízení: funkce regulace      není

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

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

**Místo, datum:** \_\_\_\_\_ **Provozovatel:** \_\_\_\_\_

**Zřizovatel zařízení:** \_\_\_\_\_ **PLDS :** \_\_\_\_\_