

Provozování distribučních soustav

Regulace napětí a odběru

Ivan Cimbolinec

Regulace napětí a odběru v distribučních soustavách

Úvodem:

Distribuční soustava je jen jednou z částí celé elektrizační soustavy, přičemž zde hrají významnou roli při jejím provozování i jiné otázky než otázky ryze technické. Na rozdíl od provozovatele přenosové soustavy, který je jediným subjektem na území celé České republiky, existují tři velké regionální distribuční společnosti připojené přímo na přenosovou soustavu (ČEZ Distribuce, E.on Distribuce a PRE Distribuce) a desítky dalších lokálních provozovatelů distribučních soustav, připojených na zařízení provozovatelů zmíněných tří distribučních soustav. Přes všechny uměle vytvořené ekonomicko právní bariéry, které vzešly ze zákona **670/2004 Sb.**, zakotvením „unbundlingu“, přičemž byl tímto zákonem novelizován zákon **458/2000 Sb.**, zůstala distribuční soustava z technického pohledu a ve své podstatě stejná. Nebyla tedy narušena technická spolupráce provozovatele přenosové soustavy a provozovatelů regionálních distribučních soustav.

Regulace napětí a odběru v distribučních soustavách

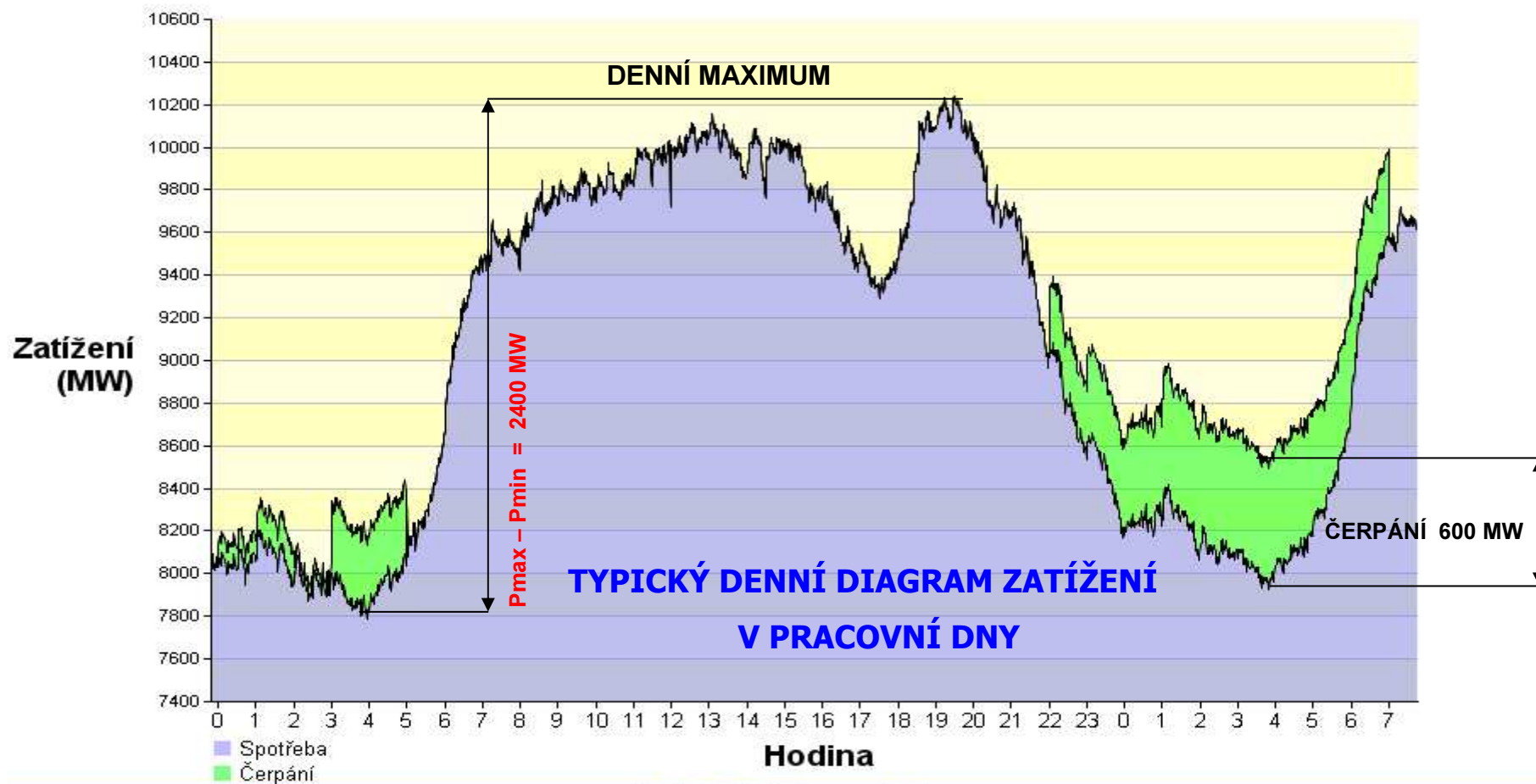
Regulace v přenosové soustavě:

V přenosové soustavě na hladině napětí **vvv a zvn**, tedy na hladině napětí **220 KV a 400 KV**, je třeba zajistit „vyrovnané „výkonové saldo““ mezi dodávkou činných výkonů do přenosové soustavy a odběry do regionálních distribučních soustav a dále odběry v rámci přenosů mimo území České republiky. Na základě predikce a požadavků provozovatelů okolních přenosových soustav jsou uzavírány dlouhodobé a krátkodobé obchodní smlouvy na dodávky nebo odběr elektřiny v časovém rozložení a jsou tedy predikovány i požadavky soustavy na zajištění a časové rozložení potřebného činného výkonu.

Požadavky na časové rozložení odběru činného výkonu se mění jak u přeshraničních přenosů, tak i odběrů do regionálních distribučních soustav a udržení výkonové bilance a tedy i kmitočtu, který je v tomto případě systémovým parametrem, si vyžaduje regulaci zdrojů, které pracují do soustavy. Na úrovni přenosové soustavy se rovněž řídí velikost napětí v uzlových transformovnách a dodávka jalového výkonu do přenosové soustavy (system ASRU)

Regulace napětí a odběru v distribučních soustavách

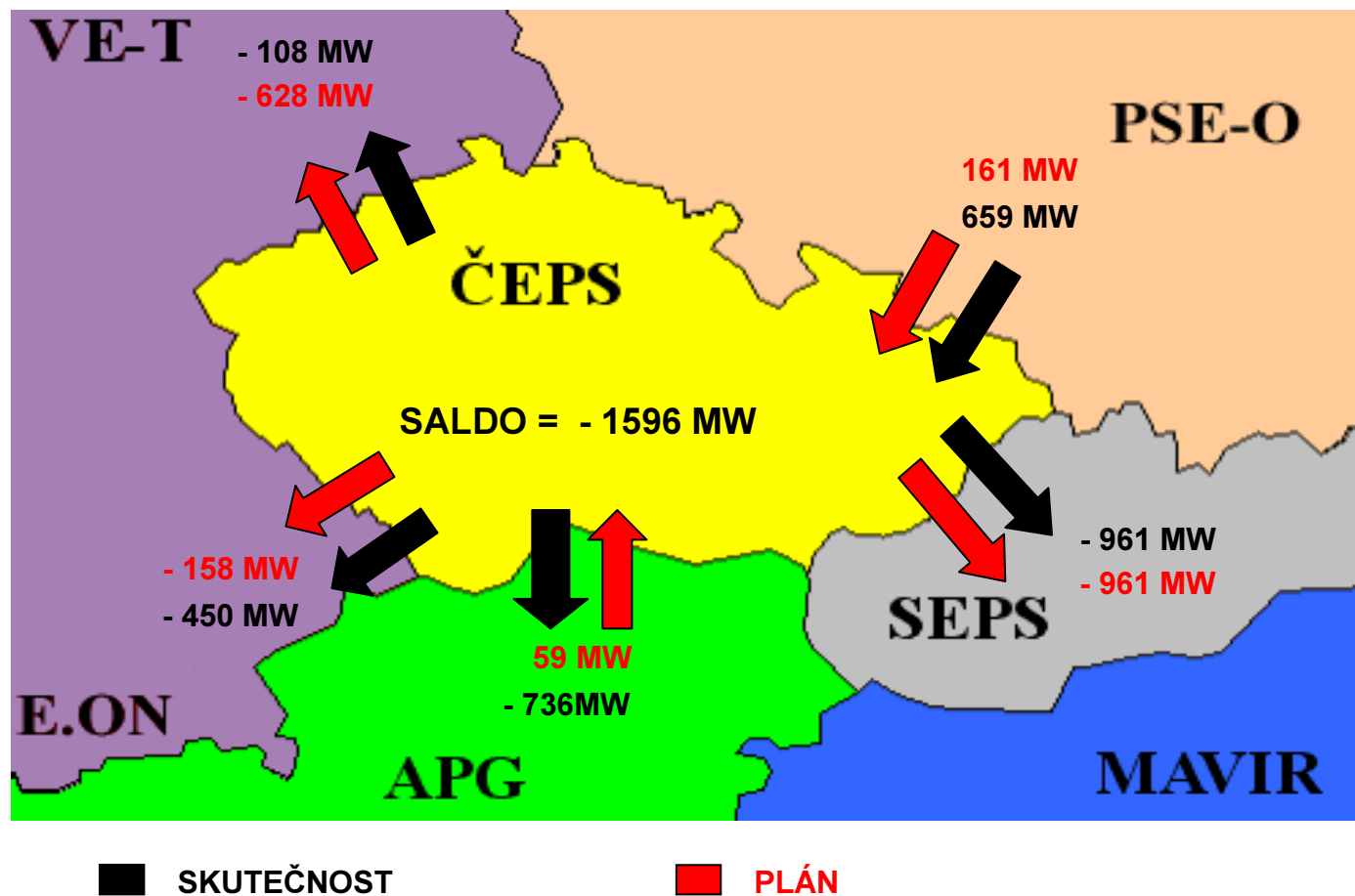
Průběh zatížení za posledních 32 hodin



created with ChartDirector from www.advsofteng.com

Regulace napětí a odběru v distribučních soustavách

PLÁNOVANÉ A SKUTEČNÉ PŘESHRANIČNÍ TOKY VÝKONŮ



Regulace napětí a odběru v distribučních soustavách

Distribuční soustava:

Je tedy zřejmé, že v distribučních soustavách na hladinách napětí vvn, vn a nn půjde **především o regulaci odběru** tak, aby byl z pohledu denního diagramu zatížení soustavy rovnoměrnější. Zdroje, které pracují do soustavy vn v základním pásmu jsou tvořeny především firemními elektrárnami a v současné době i obnovitelnými zdroji. Pokud tedy distribuční soustava technicky umožňuje dodávku potřebného výkonu do místa odběru, není potřeba odběr žádným způsobem omezovat. **Je ale potřebné regulovat časové rozložení odběru** abychom nezatěžovali soustavu ve špičkách denního diagramu a naopak využívali malého zatížení k připojování především akumulčních a tepelných spotřebičů.

Regulace odběru pomocí systému HDO:

V současné době jsou generátory signálu HDO umístěny ve velkých uzlových transformovnách v místě transformace z přenosové do distribuční soustavy a to na hladině 110 KV distribuční soustavy. Nosná frekvence kódovaného signálu je obvykle **183+ 1/3 Hz nebo 216+2/3 Hz**.

Regulace napětí a odběru v distribučních soustavách

Systém HDO umožňuje

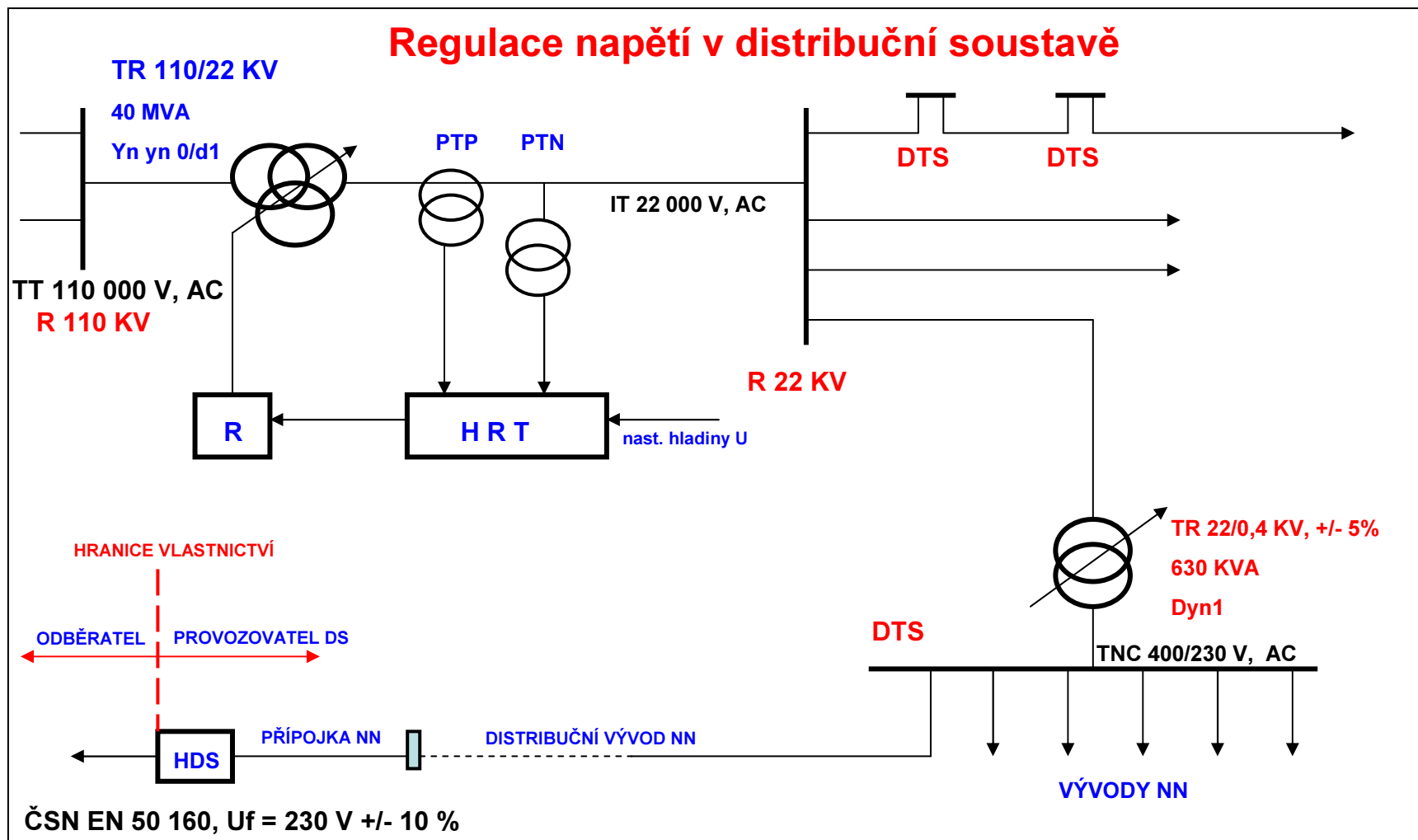
připojovat odběr akumulčních spotřebičů

- připojovat odběr přímotopných spotřebičů
- připojovat odběr hybridních spotřebičů
- nastavovat příslušnou sazbu u elektroměrů

v případech stavu nouze, způsobené nedostatkem výkonu v soustavě, je možno tímto systémem **hromadně** vypnout uvedené typy spotřebičů, podle požadavku dispečera přenosové soustavy

- operativně podle stavu zatížení soustavy posunovat v čase dobu připojení a odpojení ovládaných spotřebičů.
- ovládat činnost veřejného osvětlení a.p.

Regulace napětí a odběru v distribučních soustavách



Regulace napětí a odběru distribučních soustavách

Regulaci napětí v distribuční soustavě lze vždy provádět v napájecích transformovnách 110 KV/vn , transformovnách vn/vn a distribučních transformovnách vn/nn. Ve všech těchto případech jsou příslušné transformátory vybaveny přepínači odboček, kdy přepínáním měníme převodový poměr mezi primárním a sekundárním vinutím transformátoru.

Regulace u transformátorů 110 KV/vn:

Transformátor je opatřen přepínačem odboček primárního vinutí 110 KV, přičemž válcová nádoba přepínače je hermeticky oddělena od vlastního transformátoru, což umožňuje provádět revizi přepínače, aniž by bylo potřeba vypouštět olej z celého transformátoru. **Běžný transformátor 40 MVA má objem oleje cca 18 m³, vlastní přepínač pouze 0,3 m³.** Ovládání přepínače je ze skříně regulace, kdy se po vyslání impulzu z hladinového regulátoru transformátoru (HRT) nebo z tlačítkového ovladače, přepne přepínač o jednu odbočku. Vlastní pohon je zajištěn elektromotorem a šnekovou převodovkou. Je však možné ovládání ručním mechanismem přímo ze skříně regulace na transformátoru.

Regulace napětí a odběru distribučních soustavách

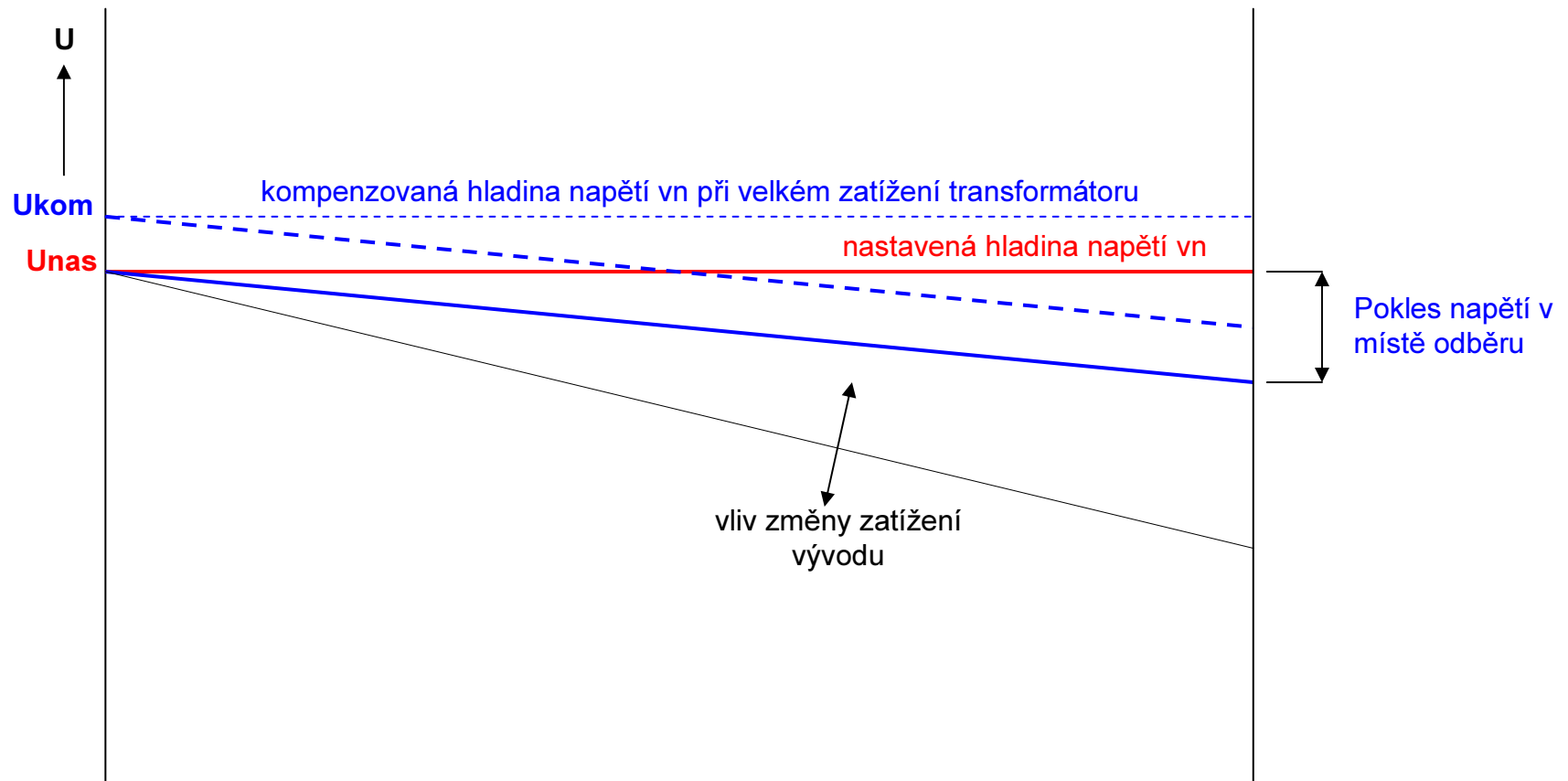
Vlastní přepínač odboček má k dispozici obvykle **2 x 8 odboček po napět'ových krocích 1, 5 % nebo 2 % Un**. **Při rychlých změnách zatížení, kdy dochází současně k většímu poklesu napětí v systému vn, dokáže přepínač na popud z regulátoru plynule přepnout o více odboček.**

Regulátory typu HRT umožňují kompenzovat velké zatížení napájené oblasti automatickým zvýšením nastavené hladiny napětí na výstupu z transformátoru pomocí **kompaundační smyčky**. **To se projeví jako výhoda u zatížených vývodů, kdežto u vývodů nezatížených může dojít k nežádoucímu zvýšení napětí, zejména u DTS v blízkosti napájecí transformovny.**

Transformovny 110 KV/vn jsou zapojovány do poměrně dlouhého smyčkového rozvodu 110 KV, který je napájen z uzlové rozvodny přenosové soustavy a projevují se zde negativně změny zatížení soustavy v intencích denního diagramu. Důsledkem je častější regulace napětí transformátoru 110 KV regulátorem HRT a tím také větší opotřebení vlastního přepínače odboček, který se musí častěji revidovat. **V těchto případech je vhodné nastavit nižší citlivost regulátoru.**

Regulace napětí a odběru distribučních soustavách

Kompensace poklesu napětí na vývodech vn z TR pomocí hladinového regulátoru transformátoru HRT



Regulace napětí a odběru distribučních soustavách

Regulace napětí distribučními transformátory:

Distribuční transformátory jsou standardně vybaveny **přepínačem odboček primárního vinutí vn**. Přepnutí se provádí **ručně** a s ohledem na konstrukci vlastního přepínače a bezpečnost pracovníků, kteří tuto činnost provádějí, **za vypnutého stavu**, neboť ovládací trn přepínače odboček je umístěn na víku transformátoru v blízkosti průchodkových izolátorů vn.

Přepnutím přidáváme nebo ubíráme závity na primárním vinutí a tím měníme převodový poměr transformátoru.

Přepnutím odbočky na – 5% se nám zmenší napěťový převodový poměr, neboť ubereme počet závitů na primárním vinutí a tím se zvýší o 5 % napětí na sekundárním vinutí nn. Analogicky přepnutím na + 5% se nám napětí na sekundárním vinutí transformátoru sníží.

S ohledem na malou četnost přepínání je poruchovost přepínačů odboček minimální a životnost je srovnatelná s životností vlastního transformátoru.

Regulace napětí a odběru distribučních soustavách



Distribuční transformátor

Regulace napětí a odběru distribučních soustavách

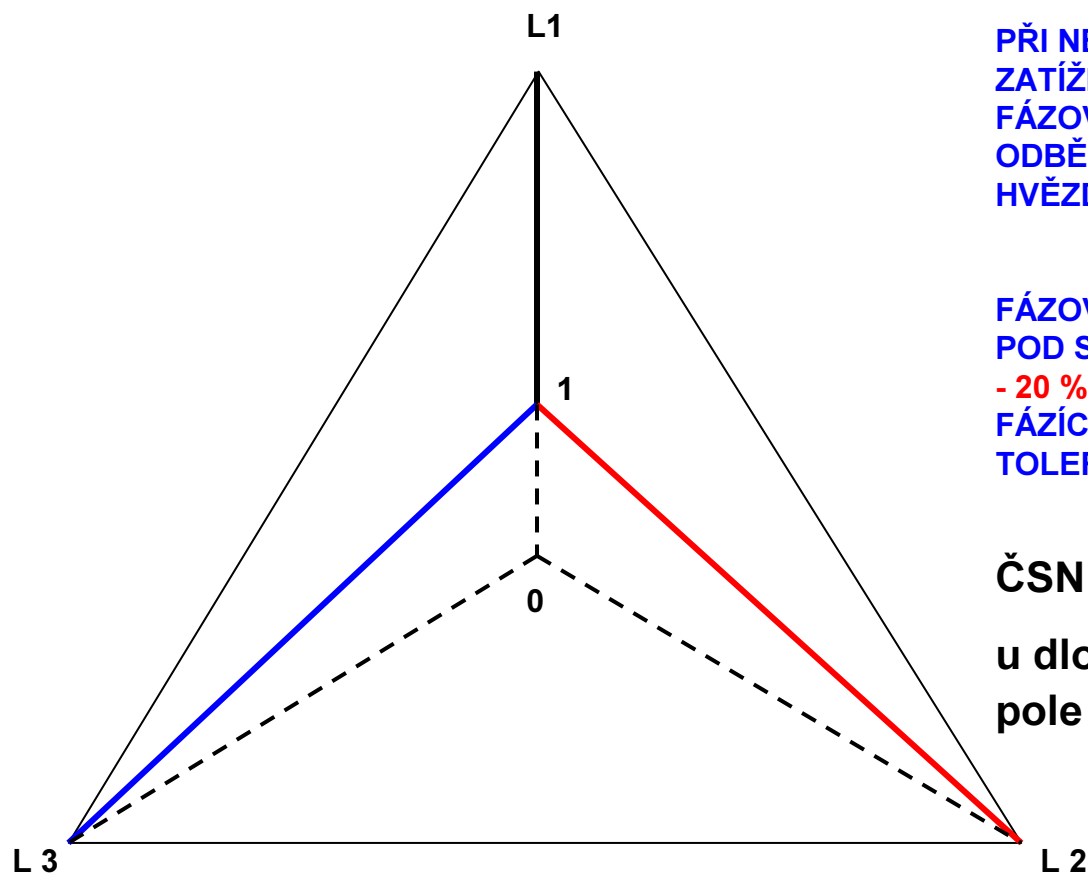
Problematika dlouhých vývodů nízkého napětí:

Při provozování dlouhých vývodů nn **se setkáváme s dvěma problémy.** Jednak dochází při zatížení těchto vývodů k nežádoucímu poklesu napětí na koncích vývodů a dále se zde výrazně projevují nesymetrické odběry na konci vývodů deformací fázových napětí. V obou případech dochází k překročení mezí tolerančního pole napětí $\pm 10\% U_n$ dle **ČSN EN 50160**. V pravidlech provozování distribučních soustav **je pro dlouhé vývody nn rozšířeno toleranční pole na $+11\% / -20\% U_n$, to však nic nemění na skutečnosti, že odběratel má při nesymetrických odběrech tak deformovaná fázová napětí, že může dojít k poruše citlivých spotřebičů, popřípadě k výraznému snížení výkonu tepelných spotřebičů. Odběratel rovněž nemá žádnou finanční výhodu při odběru nekvalitní elektřiny.**

Technické řešení je standardní, přenést výkon na hladině vyššího napětí a transformaci umístit blíže k odběrným zařízením, popřípadě zvětšit průřezy vodičů inkriminovaných vedení. **Problém může nastat zejména při umístování nových tras vedení vn a trafostanic na cizí nemovitosti.**

Regulace napětí a odběru distribučních soustavách

NESYMETRICKÝ ODBĚR VE FÁZI L 1



PŘI NESYMETRICKÉM JEDNOFÁZOVÉM ZATÍŽENÍ DOCHÁZÍ K ÚBYTKU NAPĚTÍ NA FÁZOVÉM I STŘEDNÍM VODIČI A V MÍSTĚ ODBĚRU SE TO PROJEVÍ POSUNEM UZLU HVĚZDY Z BODU 0 DO BODU 1.

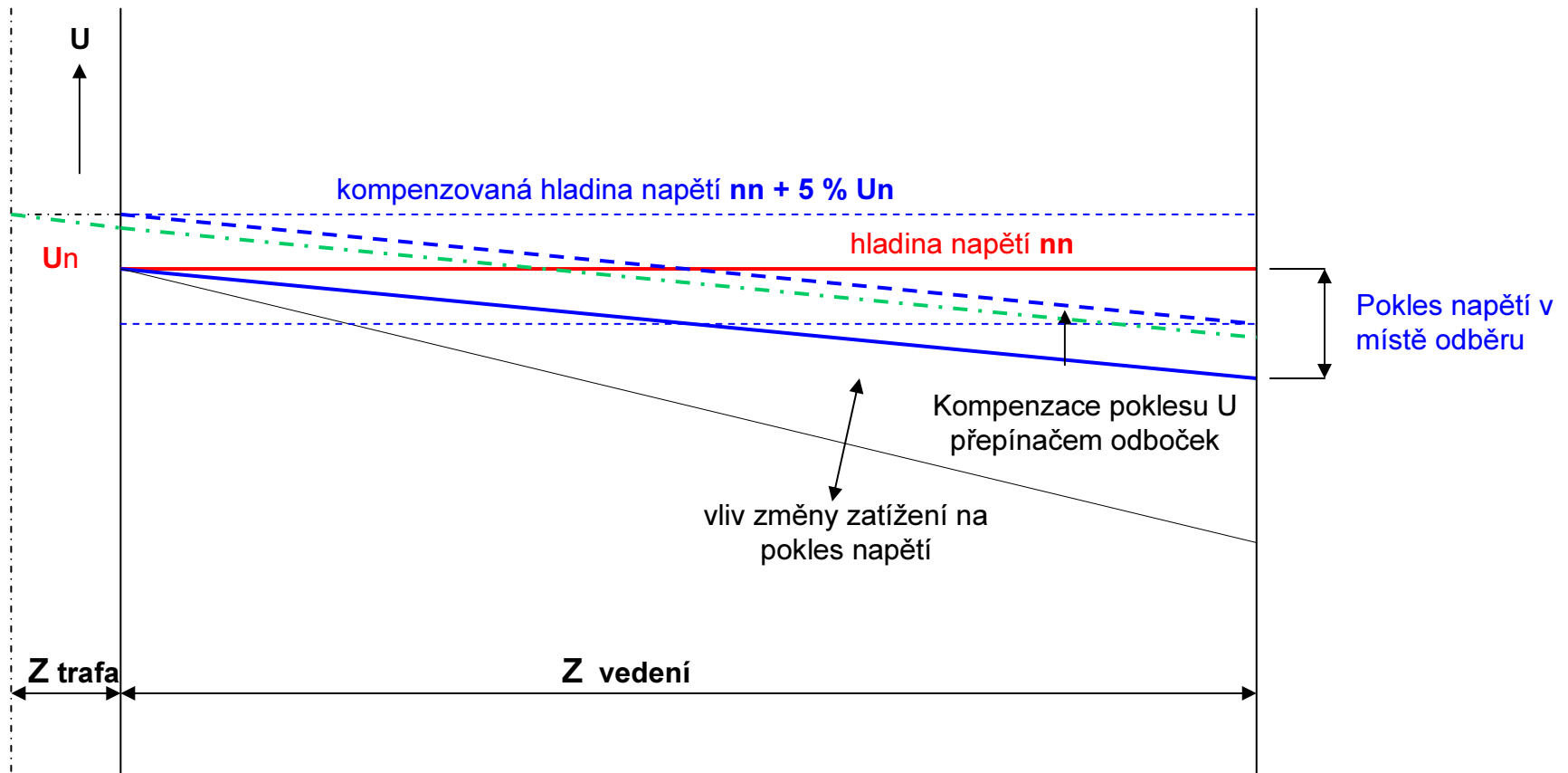
FÁZOVÉ NAPĚTÍ VE FÁZI L1 MŮŽE KLESNOUT POD SPODNÍ HRANICI TOLERANČNÍHO POLE $-20\% U_n$, KDEŽTO NAPĚTÍ NA NEZATÍŽENÝCH FÁZÍCH L2, L3 MŮŽE PŘEKROČIT HORNÍ HRANICI TOLERANČNÍHO POLE $+11\% U_n$

ČSN EN 50 160, PPDS 2008 :

u dlouhých vývodů nn je toleranční pole $+11/-20\% U_n$

Regulace napětí a odběru distribučních soustavách

Kompenzace poklesu napětí na dlouhých vývodech nn pomocí přepínače odboček distribučního transformátoru



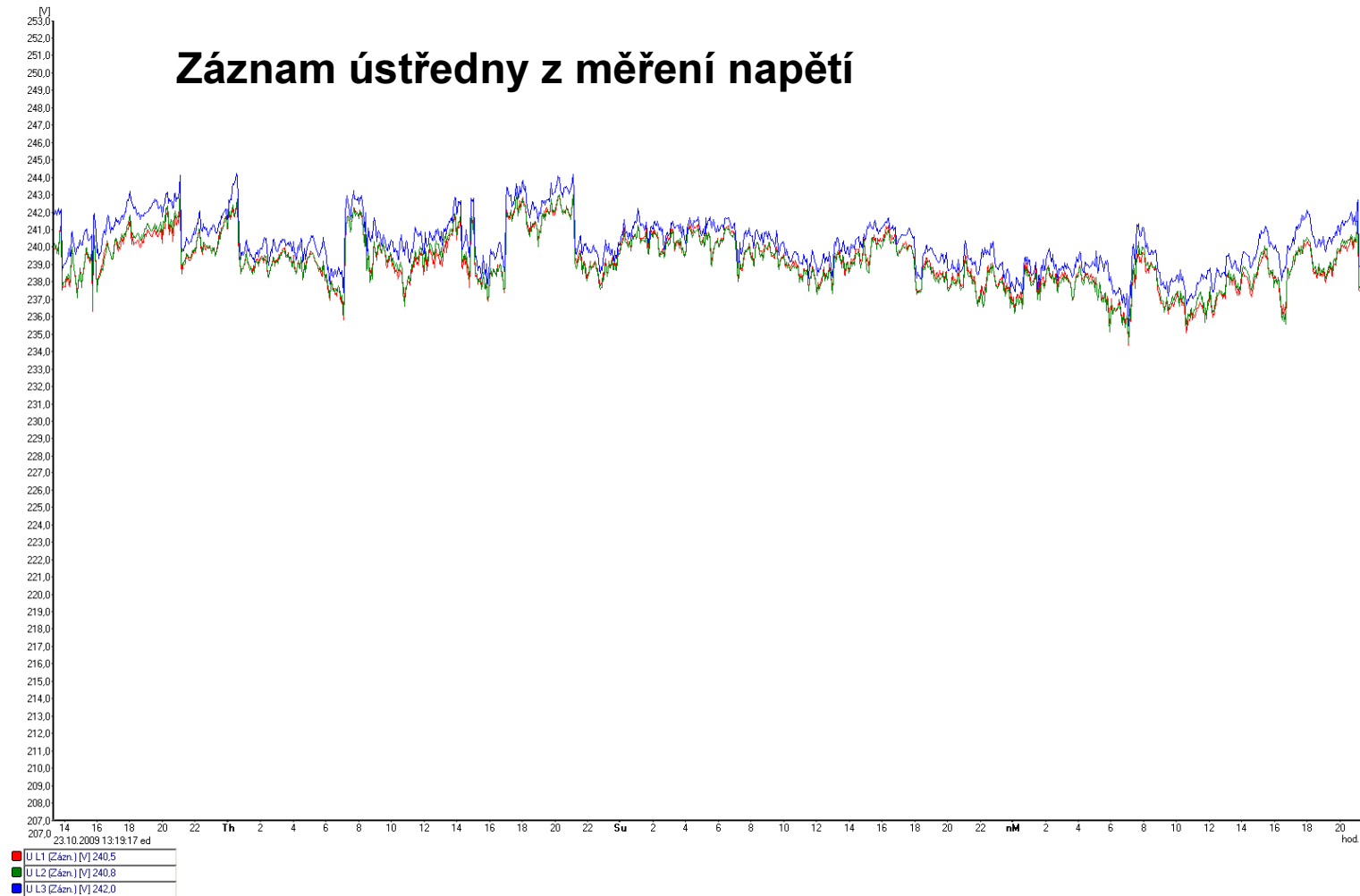
Regulace napětí a odběru distribučních soustavách

Vyhodnocování kvality napětí :

Při nedodržení kvality napětí ze strany provozovatele distribuční soustavy náleží odběrateli (zákazníkovi) za určitých okolností podle vyhlášky **540/2005 Sb.** finanční náhrada. Kvalitou napětí se z pohledu vyhlášky rozumí dodržování horní a dolní meze tolerančního pole U_n podle technické normy **ČSN EN 50 160** . **Zákazník má právo podat u provozovatele DS písemnou stížnost** na porušení standardu podle § 9, resp. § 10 vyhlášky. Provozovatel zajistí nápravu, popřípadě nainstaluje v místě odběru měřicí soupravu, pomocí které eviduje po dobu 7 dnů (pět pracovních a dva víkendové) v měřícím intervalu 10 min veškeré naměřené hodnoty napětí. **Z těchto naměřených hodnot napětí je pak statisticky vypočtena četnost rozložení naměřených údajů** (distribuční funkce) s tabelárním nebo grafickým výstupem (**histogram**) Četnost rozložení naměřených hodnot napětí a překročení mezí tolerančního pole nesmí převyšovat povolené procento překročení podle **přílohy č. 3 pravidel provozování distribuční soustavy.**

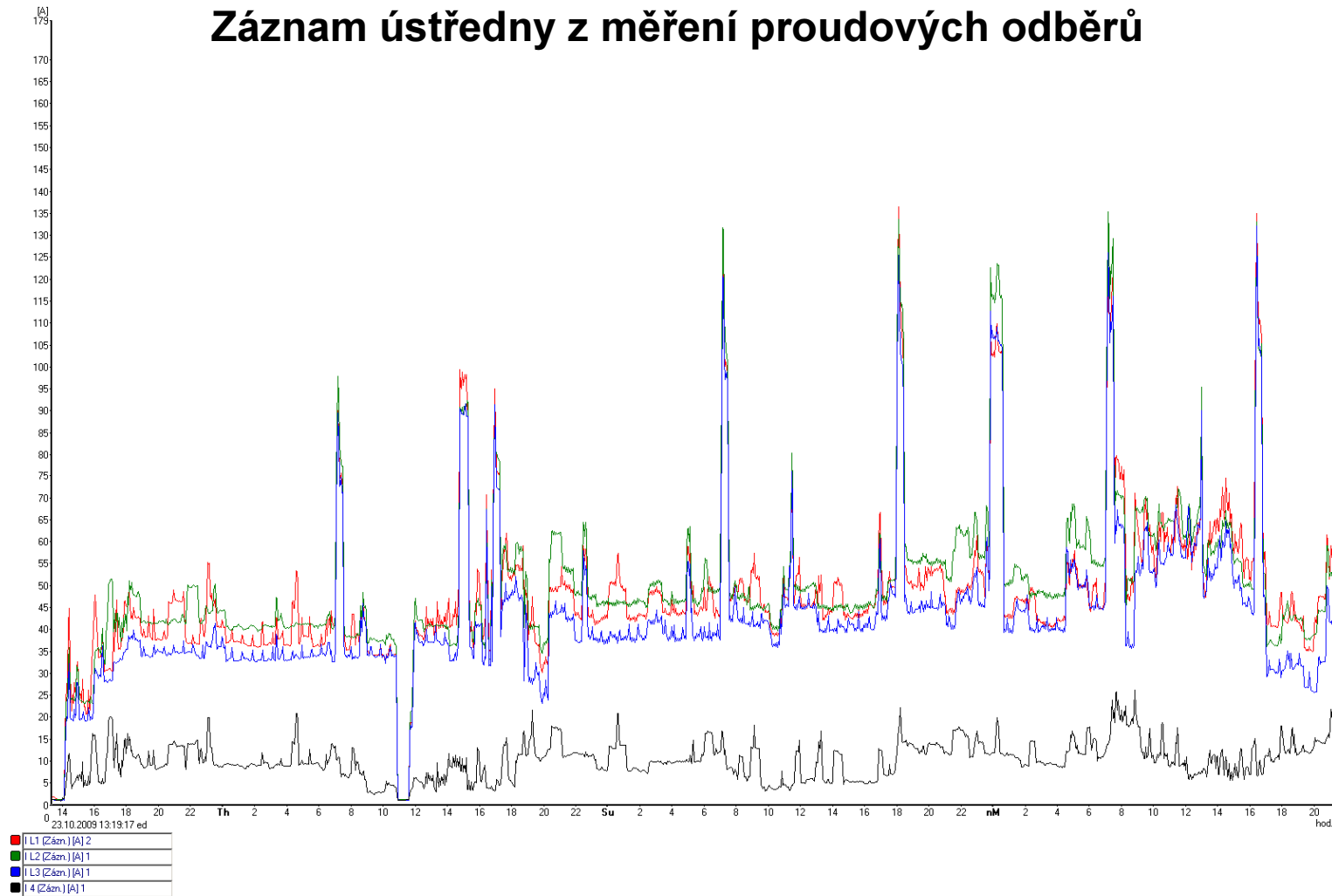
Regulace napětí a odběru distribučních soustavách

Záznam ústředny z měření napětí



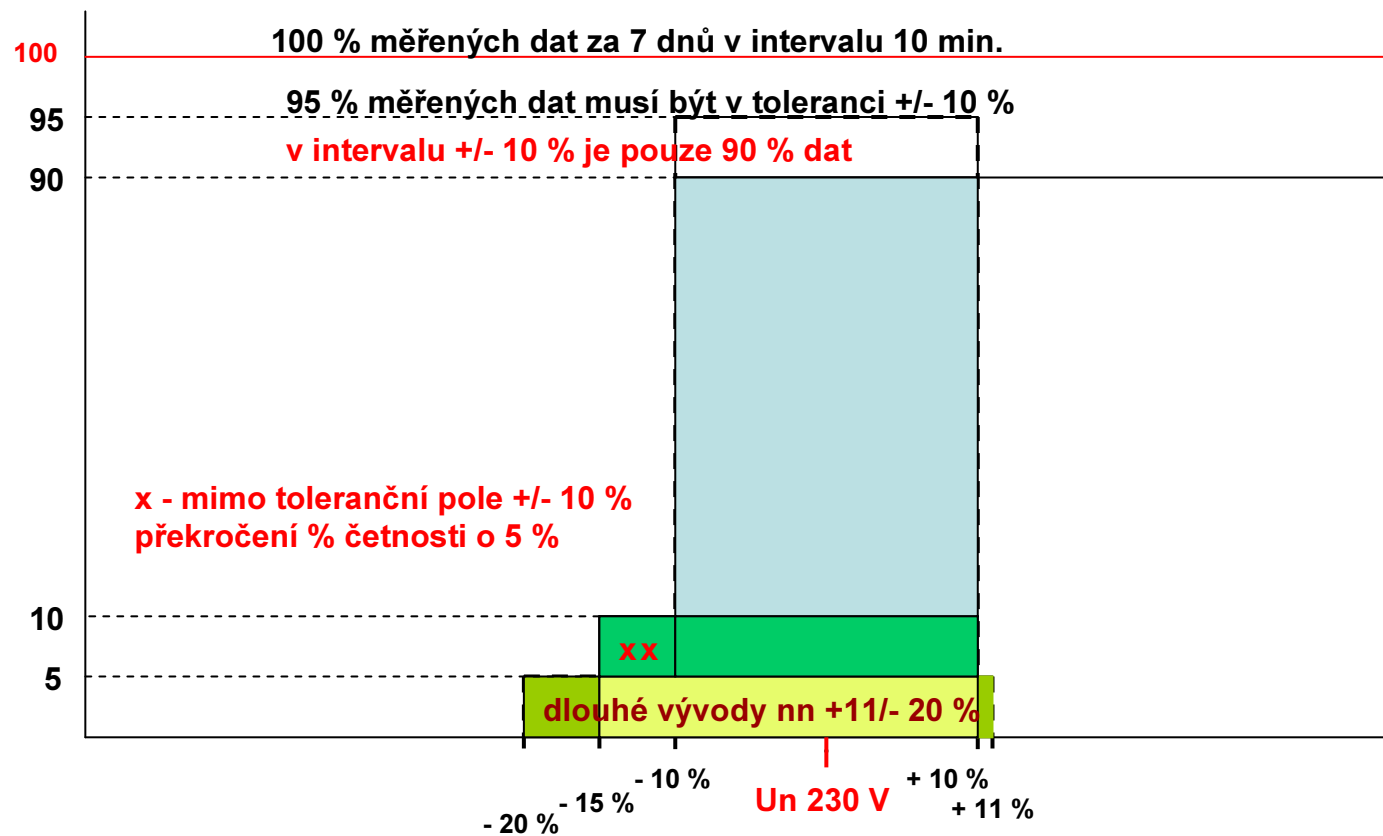
Regulace napětí a odběru distribučních soustavách

Záznam ústředny z měření proudových odběrů



Regulace napětí a odběru distribučních soustavách

Povolená toleranční pole a četnost rozložení naměřených dat



Regulace napětí a odběru distribučních soustavách

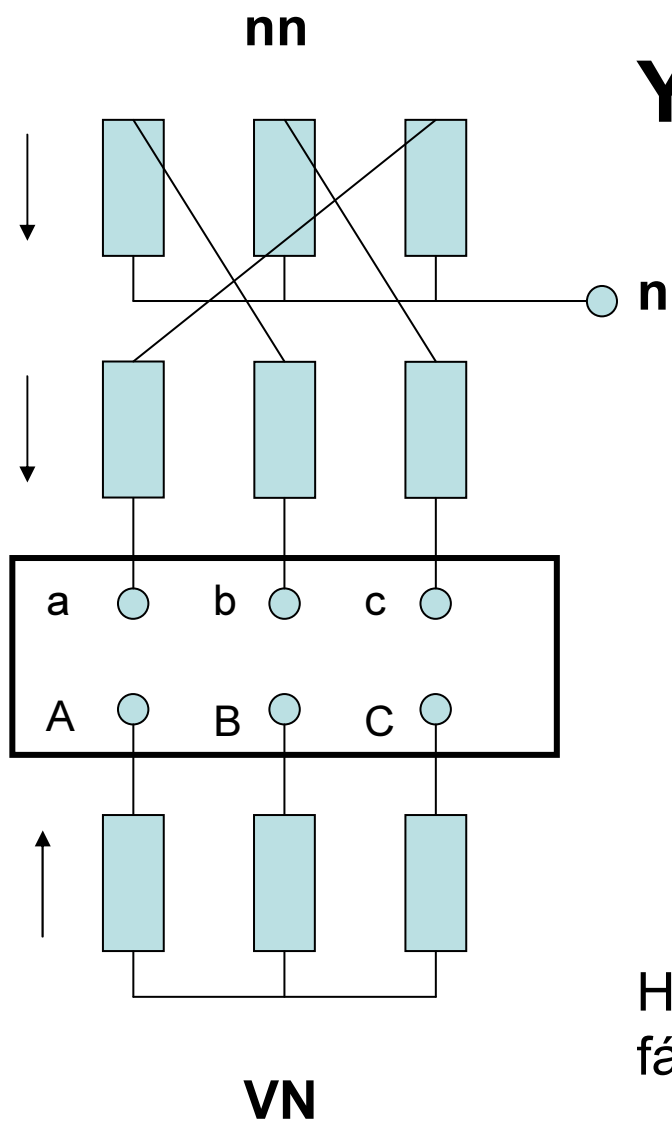
Používaná zapojení vinutí distribučních transformátorů:

Na hladině napětí 0,4 kV se soustava provozuje vždy jako **TN-C**, to znamená, **že uzel transformátoru na straně 0,4 kV je vždy přímo uzemněn** a k tomuto uzemněnému středu vinutí (**yn, resp. zn**) je připojen vodič, který je střední a současně ochranný a označujeme jej proto symbolem **PEN**. (**PE..ochrana (protector), N..střed (neutrála)**)

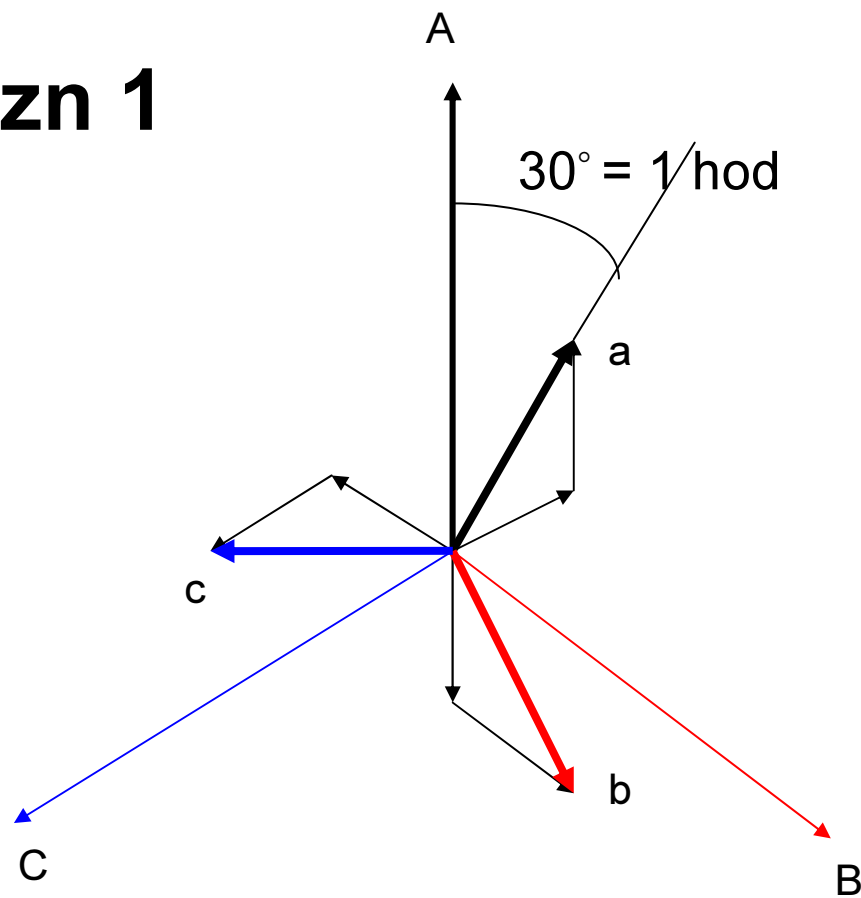
S ohledem na tuto podmínku volíme celkové vnitřní zapojení vinutí konkrétního transformátoru. Pro menší výkony do cca 250 kVA používáme zapojení **Yzn 1**, pro výkony větší pak **Dyn 1**. Obě tato zapojení umožňují převést nesymetrický odběr na straně nn na více sloupků magnetického obvodu transformátoru.

Při zapojení s **D** dostaneme vždy liché hodinové úhly, kdežto při zapojení s **Y** pouze sudé hodinové úhly. Proto se používá zapojení **Yzn 1**, které vytváří lichý hodinový úhel, přičemž transformátory se stejným hod. úhlem lze za určitých podmínek provozovat paralelně.

Regulace napětí a odběru distribučních soustavách

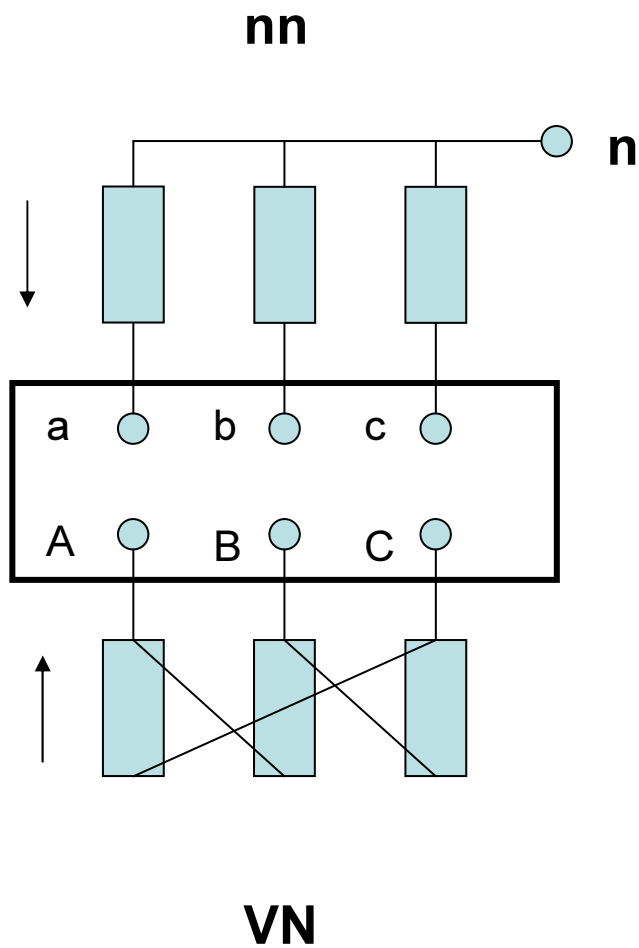


Yzn 1

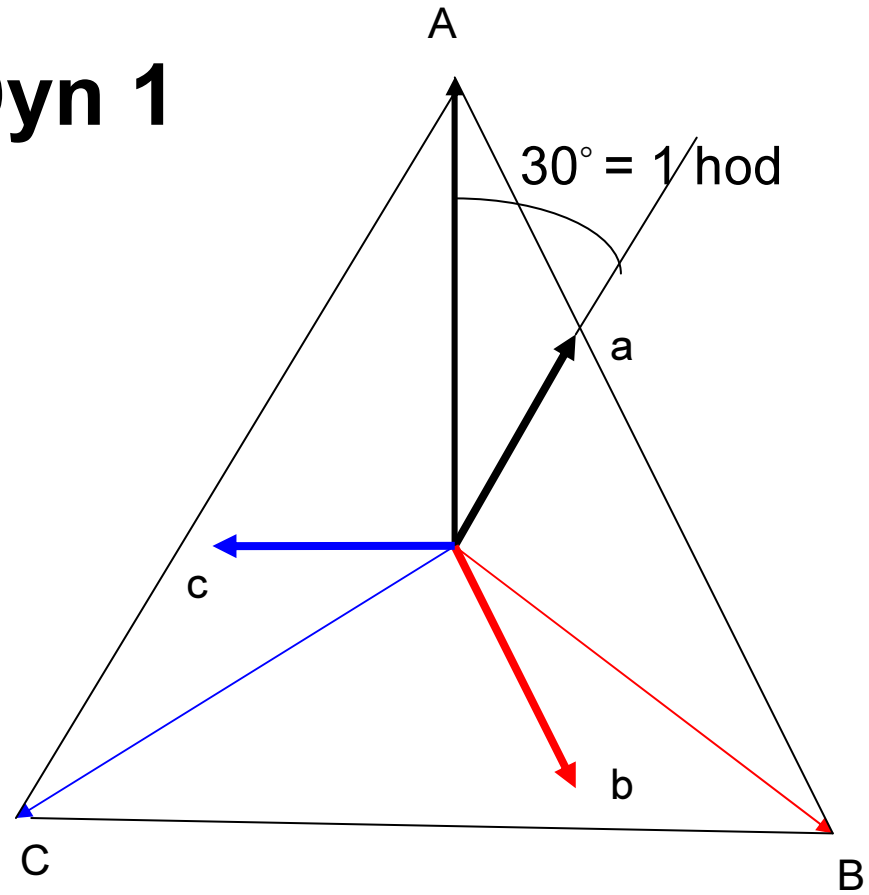


Hodinový úhel se měří vždy mezi fázovými napětími stejné fáze

Regulace napětí a odběru distribučních soustavách



Dyn 1



Pokračující změny ve zdrojové základně

Omezené zdroje nerostných surovin, především pak ropy, uhlí, plynu a dalších komodit, nás nutí zamýšlet se nad jejich náhradou a vytvářet nové zdroje elektřiny, které pracují s „**obnovitelnými**“ zdroji energií. Každá z evropských a světových zemí má své specifické podmínky, nicméně v rámci EU byly dohodnuty určité závazné podmínky ve využívání obnovitelných zdrojů energie, přičemž jednotlivé členské státy EU zapracovaly tyto podmínky do svých legislativ. V ČR platí v současné době zákon o podpoře obnovitelných zdrojů **180/2005 Sb.** Česká republika se do roku 2020 zavázala k plnění indikativního cíle na konečné spotřebě energií z obnovitelných zdrojů ve výši **13%**. Mezi další důležité normy patří vyhláška **475/2005 Sb.**, později novelizovaná vyhláškou **367/2007 Sb.**, kterou se provádějí některá ustanovení způsobu podpory výkupu obnovitelných zdrojů elektrické energie. Spolu s motivačními ekonomickými podmínkami Energetického regulačního úřadu došlo v posledních letech k nebývalému a nekontrolovatelnému růstu výkonu obnovitelných zdrojů, zejména zdrojů fotovoltaických, ve výši **cca 2 GW**. Z tohoto důvodu muselo i v tomto případě dojít k regulaci obnovitelných zdrojů.

Regulace napětí a odběru distribučních soustavách

Nové obnovitelné zdroje energie přinášejí pro svou velkou četnost a rozptýlenost na území celé České republiky nové podmínky pro regulaci soustavy. Toky energií z velkých zdrojů přestávají být dominantní a menší zdroje dokáží v letních měsících, zvláště pak přes víkendy, vykryt rozsáhlé a málo zatížené lokality. Dochází k nadbytečné regulaci transformátorů 110 kV/vn a obrácení toku výkonu do systému na hladině napětí 110 kV a v neposlední řadě je nutné omezovat výkon velkých zdrojů.

Tento stav přináší významná negativa. Velké tepelné elektrárny neumíme odstavovat dostatečně rychle (tepelná setrvačnost) a vznikají nám poměrně značné ztráty již vyrobené tepelné energie. Jsme nuceni rozšiřovat regulační pásmo a v neposlední řadě jsme nuceni omezovat paradoxně i výkon přednostně připojovaných obnovitelných zdrojů.

Zdá se, že ani provozování sítí ve stylu „smart grids“ nemusí v konečném důsledku šetřit energie a nemusí vést ke snížení ztrát ve vedeních a zvýšení provozní bezpečnosti.