

13 DIMENZOVÁNÍ

13.1 Obsah

13	DIMENZOVÁNÍ	1
13.1	Obsah	1
13.2	Všeobecně	2
13.3	Systémová architektura	2
13.4	Trakční napájecí stanice	2
13.5	Redundance	5
13.6	Společné řízení TNS	5
13.7	Investiční náročnost	6
13.8	Přílohy ke kapitole 13	8

13.2 Všeobecně

Dimenzování trakčních napájecích stanic vychází ze simulace cílových jízdních řádů a cílového rozsahu dopravy (viz kapitoly 10 a 11) a to jak z podmínky plné funkčnosti trakčních napájecích stanic, tak při výpadku (princip N – 1) .

13.3 Systémová architektura

Pro zajištění stabilní provozuschopnosti, jakožto i pro využití všech funkčních možností, automatického řízení, sběru a zpracování dat, diagnostiky, dispečinku, redundance, servisní činnosti, kvalifikace personálu, k plnému využití síťových efektů a podobně, je nutností technologická jednotnost.

Přitom systém může být v daném teritoriu trojúhelníku Brno – Přerov – Břeclav (včetně příčky Blažovice – Veselí nad Moravou) budován postupně a též může být dále rozšiřován (typicky: při konverzi tratí Přerov – Olomouc – Zábřeh na Moravě či Přerov – Hranice na Moravě – Valašské Meziříčí - Horní Lideč).

13.4 Trakční napájecí stanice

V příložených **tabulkách 13.1, 13.2 a 13.3** je uveden přehled výsledků matematického modelování:

- **tabulka 13.1:** trakční napájecí stanice s jednofázovými transformátory zapojenými do T. Každá trakční napájecí stanice jednostranně napájí jednu fázi trakční vedení do poloviny úseku k oběma sousedním napájecím stanicím (podélně sepnuto u TNS, podélně rozepnuto u SpS).
Trakční napájecí stanice jsou sice běžně provozovány v zapojení do V, ale v tomto zapojení nemají vnitřní redundanci. Při poruše pracují s jen jedním činným transformátorem, tedy v zapojení T. Proto bylo pro základ výpočtů zvoleno zapojení T,
- **tabulka 13.2:** trakční napájecí stanice s třífázovými transformátory a s aktivními balancery. Každá trakční napájecí stanice jednostranně napájí jednotnou avšak nestabilizovanou fázi trakční vedení do poloviny úseku k oběma sousedním napájecím stanicím (podélně sepnuto u TNS, podélně rozepnuto u SpS),
- **tabulka 13.3:** trakční napájecí stanice s třífázovými transformátory a s kaskádou měničů 3 AC/DC a DC/1 AC. Každá trakční napájecí stanice dvoustranně napájí jednotnou stabilizovanou fázi trakční vedení vůči oběma sousedním napájecím stanicím (podélně sepnuto u TNS, podélně sepnuto u SpS).

V levé části tabulek jsou uvedeny předpokládané možnosti distribuční elektrické sítě 3 x 110 kV 50 Hz poskytnout železnici elektrický příkon (krátkodobé maximum (1 s) a nejvyšší 15 minutová střední hodnota), v pravé části tabulek jsou požadavky vlakové dopravy na příkon z distribuční sítě (opět ve výčtu maxima (1 s) pro střední hodnoty v definovaném čase .

K parametrům distribuční sítě je nutno podotknout, že se jedná o předběžné směrné hodnoty, určené podle analýzy EGU a na základě konzultací s distributory (E.ON a ČEZ). Možnosti elektrických sítí mají své limity, distributoři se jimi snaží hospodařit tak, aby uspokojili své budoucí odběratele. Zdráhají se předběžně slibovat příkon bez určité garance jeho odběru ze strany potenciálního odběratele. Zpravidla vyžadují podání žádosti o připojení a složení zálohy v úrovni 50 % poplatku za rezervovaný příkon (ten aktuálně činí 0,8 mil. Kč/MW). U strategických investic, mezi které budování trakčních napájecích stanic nepochybně patří, je vhodné tento proces postoupit a tím přejít z roviny informativních hodnot do roviny závazných údajů. Navíc s tím získá zařazení těchto přípojných bodů

železnice do podkladů, podle kterých je plánována koncepce rozvoje distribučních a přenosových vedení, rozvoden a transformoven.

Z levé části tabulek (parametry distribuční sítě) je zřejmé, že nesymetrický odběr z třífázové sítě limituje využitelnost disponibilního příkonu z distribuční soustavy v bodě odběru dvojím způsobem:

- omezení středního příkonu v 10 minutovém klouzavém intervalu na úroveň 0,7 % zkratového výkonu distribuční sítě (opatření proti vzniku nesymetrie napětí),
- omezení limitu maximálního příkonu na 58 % vůči symetrickému odběru ($1/\sqrt{3}$, vliv nerovnoměrného zatížení vodičů a dalších komponent v proudové cestě).

Symetrický odběr proto dokáže mnohem lépe využít schopnosti distribuční soustavy, než nesymetrický odběr.

Z pravé části tabulek (požadavky ze stany napájení železnic) je zřejmé, jak při dvoustranném spojitým napájení trakčního vedení a tedy i vozidel (systém jednotné stabilizované fáze, paralelní chod trakčních napájecích stanic) dochází ve srovnání s tradiční technologií jednofázových transformátorů kromě nižších úbytků napětí v trakčním vedení a nižších ztrát výkonu v trakčním vedení, též k výraznému poklesu poměru maximálního a středního výkonu a absorpci většiny rekuperované energie vozidly. Přitom jako za základ výpočtu bylo, jak výše uvedeno, u tradiční technologie jednofázových transformátorů uvažováno zapojení transformátorů do T. Při zapojení transformátorů do V (běžný provozní stav) je z důvodu kratších napájených úseků (podélně rozepnuto u TNS, podélně rozepnuto u SpS) možnost absorpce rekuperované energie jinými vozidly ještě nižší.

Výsledky výpočtů jsou uvedeny v **tabulkách 13.1, 13.2 a 13.3** a lze je komentovat následovně:

Trakční napájecí stanice s jednofázovými transformátory, zapojené do T, nespojitě napájení

- a) dovolený limit okamžitého 1 sekundového příkonu: 1 TNS vyhoví (Říkovice), 7 TNS nevyhoví (překračují dovolený limit),
- b) dovolený limit nevyššího přípustného 10 minutového nesymetrického příkonu: 0, TNS vyhoví, 8 TNS nevyhoví (překračují dovolený limit),
- c) dovolený limit nevyššího sjednatelného středního 15 minutového příkonu: 5 TNS vyhoví (Černovice, Otrokovice, Nedakonice, Břeclav, Kyjov), 7 TNS nevyhoví (Vyškov, Říkovice, Modřice - překračují dovolený limit),

Trakční napájecí stanice se třífázovými transformátory a s aktivními balancery, nespojitě napájení

- a) dovolený limit okamžitého 1 sekundového příkonu: 1 TNS vyhoví (Říkovice), 7 TNS nevyhoví (překračují dovolený limit),
- b) dovolený limit nevyššího přípustného 10 minutového nesymetrického příkonu: všech 8 TNS vyhoví (splňují dovolený limit), 0 TNS nevyhoví,
- c) dovolený limit nevyššího sjednatelného středního 15 minutového příkonu: 5 TNS vyhoví (Černovice, Otrokovice, Nedakonice, Břeclav, Kyjov), 3 TNS nevyhoví (Vyškov, Říkovice, Modřice - překračují dovolený limit),

Trakční napájecí stanice s třífázovými transformátory a s kaskádou měničů 3 AC/DC a DC/1 AC, spojitě napájení

- a) dovolený limit okamžitého 1 sekundového příkonu: všech 8 TNS vyhoví (splňují dovolený limit), 0 TNS nevyhoví,

- b) dovolený limit nevyššího přípustného 10 minutového nesymetrického příkonu: všech 8 TNS vyhoví (splňují dovolený limit), 0 TNS nevyhoví,
- c) dovolený limit nevyššího sjednatelného středního 15 minutového příkonu: 7 TNS vyhoví (Černovice, Vyškov, Otrokovice, Nedakonice, Břeclav, Modřice, Kyjov), 1 TNS nevyhoví (Říkovice)- překračuje extrémně nízký dovolený limit. To je však SW řešitelné mírným posunutím fázového úhlu jejího výstupního napětí tak, aby na sebe nebrala tolik zátěže a trochu více jí předala okolním TNS Vyškov a Otrokovice, které rezervu mají).

Předávání rekuperovaného výkonu přímo mezi vlaky v rozsáhlých kolejových souborech, vytvořených spojitým napájením, má další příznivý dopad na pokles maximálních i středních hodnot požadovaných příkonů z distribuční soustavy.

Na grafech na **obrázcích 13.4 a 13.5** je názorně zřejmé, jak výrazně pomáhá spojité napájení jednotnou fází k tomu, aby byl snížen poměr maximálního a středního příkonu a aby byla rekuperovaná brzdová energie využita ostatními vozidly bez jejího zpětného předávání do distribuční soustavy. Dochází nejen ke zmenšení zpětných toků výkonu, ale i ke snížení odběru příkonu, neboť jeho část hradí rekuperačně brzdící vozidla.

Tabulky jsou vyhodnoceny barevně:

- modrá barva číslic v pravé části tabulky indikuje, že požadavek dopravního provozu na elektrický příkon je pravděpodobně nižší, než schopnost distribuční sítě jej dodat,
- červená barva číslic v pravé části tabulky indikuje, že požadavek dopravního provozu na elektrický příkon je pravděpodobně vyšší, než schopnost distribuční sítě jej dodat.

Je na místě opět připomenout, že jde jen o indikativní hodnoty, neboť závazné hodnoty disponibilního příkonu sdělí distributor až podání žádosti o připojení a složení zálohy na poplatek za rezervovaný výkon. V další fázi projektování lze tento postup investorovi doporučit, neboť jen tak se lze dopracovat k hodnotám, které budou pro distributora do dalších let závazné.

Ze vzájemného srovnání těchto tří tabulek pro různé technické řešení trakčních napájecích stanic (tradiční jednofázové transformátory zapojené do T či do V, třífázové transformátory s aktivními balancéry, třífázové transformátory s kaskádou měničů), je zřejmé, že odklon od tradičního řešení trakčních napájecích stanic s jednofázovými transformátory zapojenými do T či do V a použití principu jednotné stabilizované fáze (spojité dvoustranné napájení), umožněné technologií kaskády dvojice měničů 3 AC/DC a DC/ 1AC přispívá k vytvoření souladu mezi potřebami železnice a schopnostmi distribuční elektrické sítě dvojím vstřícným způsobem:

- symetrizace odběru vede k vyšší schopnosti distribuční sítě pokrýt železnicí požadovaný příkon,
- dvoustranné spojité napájení vede k vyrovnání odběru příkonu (nižší poměr $P_{\max}/P_{\text{stř}}$) a vyššímu využití rekuperace, což snižuje příkon požadovaný ze strany železnice.

Tyto skutečnosti mají podstatný vliv na:

- připojitelnost trakční napájecí stanice k distribuční síti 110 kV v dané lokalitě a sjednatelnost potřebného příkonu,
- výši investiční nákladů,
- výši provozních nákladů (poplatky za síťové služby jsou závislé na výši sjednaného příkonu a výkonu).

Tyto skutečnosti lze doložit grafy a tabulkami na **obrázcích 13.6 až 13.13**, popisující součet příkonu osmi trakčních napájecích stanic v trojúhelníku Brno – Přerov – Břeclav v cílovém stavu provozu:

- jak vyplývá z grafů na **obrázcích 13.6** (absolutní hodnoty) a **13.8** (poměrné hodnoty) klesá poměr jednosekundového maximálního výkonu ke střednímu dvouhodinovému výkonu z hodnoty 262 MW (100%) při rozděleném napájení (SpS uprostřed mezi TNS rozepnutý) na

hodnotu 182 MW,(68%) což je ve vztahu ke střednímu dvouhodinovému výkonu 102 MW (100%) klesá na 86 MW (84%)) pokles z 266MW (261%) na 182MW (212 %),

- jak vyplývá z grafu na **obrázku 13.12**, zlepšuje přechod od nespojitého napájení ke spojitému využití instalovaného maximálního jednosekundového výkonu, který určuje dimenzování měničové TNS. Při středním dvouhodinovém výkonu vzroste využití maximálního výkonu měniče z 38 % na 47 %,
- jak vyplývá z grafu na **obrázku 13.13**, zlepšuje přechod od nespojitého napájení ke spojitému využití sjednaného maximálního 15 minutového výkonu, který určuje výši platby distributorovi elektrické energie za síťové služby. Při středním dvouhodinovém výkonu vzroste využití maximálního výkonu měniče ze 79 % na 83 %.

Dvouhodinový režim zahrnuje špičku osobní dopravy a po jejím odeznění jízdu skupiny vlaků nákladní dopravy. Jde o režim nejsilnějšího dopravního a energetického zatížení tratě v průběhu dne. V rámci růstu přepravních výkonů je spíš předpokládáno prodlužování doby trvání takto intenzivní dopravy (delší doba špiček, kratší doba sedel).

Orientace na novou technologii napájení (využití kaskády dvojice modulárních multilevel měničů 3 AC/DC a DC/ 1AC ke spojitému dvojstrannému napájení železnic 25 kV 50 Hz) je plně opodstatněná.

Pro úplnost je potřeba doplnit, že dosavadní výpočty byly provedeny pro stejnou hodnotu amplitudy výstupního napětí naprázdno na všech trakčních napájecích stanicích a pro stejný fázový úhel výstupního napětí na všech trakčních napájecích stanicích. Nadřazeným systémem řízení lze tyto hodnoty záměrně změnit a tím jednotlivé trakční napájecí stanice cíleně odlehčit či přitížit a tím optimalizovat rozložení jejich zatížení.

13.5 Redundance

S ohledem na důležitost dotyčných železničních tratí (tratě sítě TEN-T, nákladní evropské železniční koridory RFT, linky EC/IC vlaků, ...) je požadována neomezená funkčnost a výkonnost subsystému ENE i při poruše jedné jeho části (princip N - 1).

Pro tradiční napájecí stanice se dvěma jednofázovými transformátory byla již tato problematika výše zmíněna (běžný provoz uvažován v zapojení V, poruchový provoz uvažován v zapojení T). Tedy každý z obou transformátorů musí být schopen pokrýt svým výkonem oba napájené úseky (od TNS k oběma SpS), tedy dimenzování TNS na 100 % + 100 % (vnitřní redundance).

U měničových trakčních napájecích stanic jsou proto v tabulkách v kapitole 13.2 uvedeny tři údaje:

- provoz bez poruchy (všechny trakční napájecí stanice jsou funkční a paralelně spolupracují),
- dimenzování s vnitřní redundancí – zdvojené trakční napájecí stanice,
- dimenzování s vnější redundancí – výkon nefunkční napájecí stanice přebírají okolní napájecí stanice. V řetězci trakčních napájecích stanic je tedy pro každou trakční napájecí stanic rozhodující výkon, který na ni připadne při poruše jedné z jejích sousedních trakčních napájecích stanic. Proto je matematicky modelován výpadek jak jedné sousední trakční napájecí stanice, tak druhé sousední trakční napájecí stanice, a pro dimenzování je uvažován závažnější z obou těchto stavů.

13.6 Společné řízení TNS

Trakční napájecí stanice s měniči mohou pracovat ve třech základních režimech:

- a) ostrovní provoz (spínací prvky ve spínacích stanicích, situovaných zhruba uprostřed mezi trakčními napájecími stanicemi, jsou rozepnuty),
- b) synchronizovaný paralelní provoz s autonomním řízením (spínací prvky ve spínacích stanicích, situovaných zhruba uprostřed mezi trakčními napájecími stanicemi, jsou sepnuty). Stanice pracují na systému jednotné fáze avšak bez využití vzájemné komunikace a bez centrálního nadřazeného řízení)

- c) synchronizovaný paralelní provoz se společným nadřazeným řízením (spínací prvky ve spínacích stanicích, situovaných zhruba uprostřed mezi trakčními napájecími stanicemi, jsou sepnuty). Stanice pracují na systému jednotné fáze a s využitím vzájemné komunikace a centrálního nadřazeného řízení).

Z důvodu využití potenciálu všech možností a předností systému je jednoznačným cílem synchronizovaný paralelní provoz se společným nadřazeným řízením. Avšak při postupné výstavbě, při uvádění do provozu, preventivní či korektivní údržbě a při mimořádnostech v provozu lze operativně přejít na nižší úroveň práce a řízení.

13.7 Investiční náročnost

V tabulkách je přehledně uvedeno dimenzování trakčních napájecích stanic určených pro napájení železničních tratí v trojúhelníku Brno – Přerov – Břeclav včetně příčky Blažovice – Veselí nad Moravou a včetně odbočujících tratí, a to pro tři varianty:

- bez redundance,
- s vnitřní redundancí,
- s vnější redundancí.

Pro všechny tyto varianty jsou v tabulkách uvedeny i směrné ceny technologie kaskády měničů AC/DC a DC/1 AC. 3

Tyto směrné ceny jsou stanoveny na základě průzkumu trhu, podle orientačních cenových nabídek výrobců. Výrobci dodávají tyto produkty v určitých typových řadách, z nich byl odvozen obecný vzorec a to ve tvaru:

$C = C_0 + c \cdot P_{\xi}$ (pro jednoduchou trakční napájecí stanici)

$C_r = C_{0r} + c_r \cdot P_{\xi}$ (pro dvojistou trakční napájecí stanici – vnitřní redundance)

C (mil. Kč) ... směrná cena měničové technologie včetně vstupního i výstupního transformátoru,

C_0 (mil. Kč) ... základní složka ceny,

c (mil. Kč/MW) ... měrná hodnota variabilní složky ceny

P_{ξ} ... činný výkon (uvažováno 1 sekundové maximum)

Na základě cen produktů na trhu byly určeny funkční závislosti cen technologií TNS následovně

Pro jednoduchou trakční napájecí stanici (bez vnitřní redundance):

$C = C_0 + c \cdot P_{\xi} = 150 + 1,3 \cdot P_{\xi}$ (mil.Kč, MW)

Pro dvojistou trakční napájecí stanici (s vnitřní redundancí):

$C_r = C_{0r} + c_r \cdot P_{\xi} = 225 + 1,18 \cdot P_{\xi}$ (mil.Kč, MW)

Grafické znázornění závislosti ceně technologie TNS na výkonu TNS je na **obrázku 13.14.**

Dimenzování TNS a výpočet směrných cen je provedeno pro kaskádu modulárních multilevel měničů 3 AC/DC a DC/1 AC a je uvedeno v **tabulkách 13.15 až 13.18.**

Výchozí **tabulka 13.15** rekapituluje výsledky provozního zatížení trakčních napájecích stanic v cílovém stavu provozu (jde o výtah z **tabulky 13.3**).

V levé části **tabulky 13.16** (provozní zatížení) je oproti **tabulce 13.15** navíc zahrnuta korekce výkonů o výkony těch odbočných tratí, které prozatím nebyly z hlediska elektrického napájení analyticky propočteny, neboť jejich projektování není dosud v tak pokročilém stádiu. Jak však vyplývá ze srovnání hodnot v **tabulkách 13.15 a 13.16** nejde o významné rozdíly.

Dále je v **tabulce 13.16** (v její pravé části) uveden propočet dimenzování a cen pro systém bez redundance (bez zálohování):

- jako rozhodující parametr jsou vzaty maximální výkony (1 sekunda),
- hodnoty jsou zaokrouhleny nahoru a na celé desítky,
- takto stanoveným výkonům jsou přiřazeny směrné ceny.

Levá část **tabulky 13.17** (provozní zatížení) je shodná s levou částí **tabulky 13.16**. V pravé části **tabulky 13.17** je uveden propočet dimenzování a cen pro zajištění principu N – 1 vnitřní redundancí (vnitřním zálohováním) – technologie jsou zdvojeny (100 % + 100 %).

Instalovaný výkon trakčních napájecích stanic je dvojnásobný (200 %). Cena trakčních napájecích stanic však dvojnásobná není, neboť zdvojení vede k navýšení ceny trakční napájecí stanice nikoliv na 200 % ale jen na cca 156 % (**viz obr. 13.14**).

Tabulka 13.18 popisuje vnější redundanci, tedy zálohování nefunkční trakční napájecí stanice ostatními trakčními napájecími stanicemi, které její výkon převzmou. K tomu musí být poněkud více dimenzovány. To je úsporné, celkový výkon se zvyšuje jen na 127 % a cena na 105 % (**viz obr. 13.19 a 13.20**). Tento způsob klade vyšší nároky na distribuční síť. Předpokládané hodnoty kritéria maximálního výkonu a kritéria nejvýše sjednatelného 15 minutového středního výkonu jsou u některých trakčních napájecích stanic překračovány (viz červená čísla v **tabulce 13.18**) nutno projednat s distributorem elektrické energie. Též je nutno pečlivě prověřit přenosovou schopnost trakčního vedení a úbytky napětí.

13.8 Přílohy ke kapitole 13

Příloha 13.1

Tabulka zatížení TNS – jednofázové transformátory - zapojení do T

Příloha 13.2

Tabulka zatížení TNS – třífázové transformátory s aktivním balancérem

Příloha 13.3

Tabulka zatížení TNS – třífázové transformátory s kaskádou měničů

Příloha 13.4

TNS v trojúhelníku Brno – Přerov – Břeclav, součet krátkodobých maxim

Příloha 13.5

TNS v trojúhelníku Brno – Přerov – Břeclav, součet čtvrt hodinových maxim

Příloha 13.6

TNS v trojúhelníku Brno – Přerov – Břeclav, součet příkonů a výkonů, absolutně

Příloha 13.7

Tabulka součtu příkonů a výkonů TNS v trojúhelníku Brno – Přerov – Břeclav, absolutně

Příloha 13.8

TNS v trojúhelníku Brno – Přerov – Břeclav, součet příkonů a výkonů, relativně

Příloha 13.9

Tabulka součtu příkonů a výkonů TNS v trojúhelníku Brno – Přerov – Břeclav, relativně

Příloha 13.10

Tabulka a graf součtu středních hodnot příkonů TNS v trojúhelníku Brno – Přerov – Břeclav, absolutně

Příloha 13.11

Tabulka a graf součtu středních hodnot příkonů TNS v trojúhelníku Brno – Přerov – Břeclav, relativně (2h = 100%)

Příloha 13.12

Tabulka a graf součtu středních hodnot příkonů TNS v trojúhelníku Brno – Přerov – Břeclav, relativně (1s = 100%) – využití výkonu měniče krátkodobě

Příloha 13.13

Tabulka a graf součtu středních hodnot příkonů TNS v trojúhelníku Brno – Přerov – Břeclav, relativně (15min = 100%) – využití výkonu měniče dlouhodobě

Příloha 13.14

Znázornění závislosti ceny měničové technologie na výkonu TNS

Příloha 13.15

Tabulka zatížení trakčních stanic bez odbočných tratí

Příloha 13.16

Tabulka zatížení trakčních stanic s odbočnými tratěmi, bez redundance

Příloha 13.17

Tabulka zatížení trakčních stanic s odbočnými tratěmi, s vnitřní redundancí

Příloha 13.18

Tabulka zatížení trakčních stanic s odbočnými tratěmi, s vnější redundancí

Příloha 13.19

Porovnání cen měničové technologie bez – s vnitřní – s vnější redundancí, absolutně

Příloha 13.20

Porovnání cen měničové technologie bez – s vnitřní – s vnější redundancí, relativně

Příloha 13.1 Tabulka zatížení TNS – jednofázové transformátory - zapojení do T

Zatížení trakčních napájecích stanic bez odboček: jednofázové transformátory zapojené do T															
	požadavky distribuční soustavy						požadavky dopravního provozu								
	připojitelný okamžitý příkon	připojitelný okamžitý příkon	budoucí zkratový výkon N-1 2 PS	povol. nesym.	přiojitelný nesym. příkon	sjednatelný 15 min střední příkon	max. okamžitý příkon	max. okamžitý zpětný výkon	nejvyšší střední příkon	nejvyšší střední rekup. výkon	nejvyšší součtový výkon	nejvyšší střední příkon	nejvyšší střední rekuper. výkon	nejvyšší střední příkon	nejvyšší střední rekuper. výkon
čas (s)	1	1		600	600	900	1	1	600	600	600	900	900	7 200	7 200
zapojení TNS	symetrické	T, V		T, V	T, V		T	T	T	T	T	T	T	T	T
podélné sepnutí TNS							1	1	1	1	1	1	1	1	1
podélné sepnutí SpS							0	0	0	0	0	0	0	0	0
jednotka	MVA	MVA	MVA	%	MVA	MW	MW	MW	MVA	MVA	MVA	MW	MW	MW	MW
TNS															
Černovice	50	29	789	0,7	6	30	36	26	18	7	25	16	6	13	4
Vyškov	50	29	532	0,7	4	20	43	11	23	2	25	22	2	17	1
Říkovice	50	29	1 165	0,7	8	8	25	22	12	3	15	10	3	9	2
Otrokovice	40	23	2 133	0,7	15	20	36	6	21	0,6	21,6	19	0,5	16	0,3
Nedakonice	25	14	433	0,7	3	16	15	8	8	2	10	7	2	6	1
Břeclav	50	29	406	0,7	3	30	37	15	20	3	23	19	2	15	1
Modřice	50	29	1 508	0,7	11	25	51	21	30	5	35	27	4	20	3
Kyjov	25	14	823	0,7	6	15	23	13	10	3	13	9	3	6	2
celkem	340	196	7 789		55	164	266	122	142	26	168	129	23	102	14

Poznámka: Červená čísla značí, že poptávka (doprava) převyšuje nabídku (distribuce)

Modrá čísla značí, že poptávka (doprava) nedosahuje nabídky (distribuce)

Příloha 13.2 Tabulka zatížení TNS – třífázové transformátory s aktivním balancérem

Zatížení trakčních napájecích stanic bez odboček: třífázové transformátory s aktivními balancery

	požadavky distribuční soustavy						požadavky dopravního provozu									
	připojitelný okamžitý příkon	připojitelný okamžitý příkon	budoucí zkratový výkon N-1 2 PS	povol. nesym.	příojitelný nesym. příkon	sjednatelný 15 min střední příkon	max. okamžitý příkon	max. okamžitý zpětný výkon	nejvyšší střední příkon	nejvyšší střední rekup. výkon	nejvyšší součtový výkon	nejvyšší střední příkon	nejvyšší střední rekuper. výkon	nejvyšší střední příkon	nejvyšší střední rekuper. výkon	
čas (s)	1	1		600	600	900	1	1	600	600	600	900	900	7 200	7 200	
zapojení TNS	symetrické	T, V		T, V	T, V		balancer	balancer	balancer	balancer	balancer	balancer	balancer	balancer	balancer	
podélné sepnutí TNS							1	1	1	1	1	1	1	1	1	
podélné sepnutí SpS							0	0	0	0	0	0	0	0	0	
jednotka	MVA	MVA	MVA	%	MVA	MW	MW	MW	MVA	MVA	MVA	MW	MW	MW	MW	
TNS																
Černovice	50	29	789	0,7	6	30	36	26	18	7	25	16	6	13	4	
Vyškov	50	29	532	0,7	4	20	43	11	23	2	25	22	2	17	1	
Říkovice	50	29	1 165	0,7	8	8	25	22	12	3	15	10	3	9	2	
Otrokovice	40	23	2 133	0,7	15	20	36	6	21	0,6	21,6	19	0,5	16	0,3	
Nedakonice	25	14	433	0,7	3	16	15	8	8	2	10	7	2	6	1	
Břeclav	50	29	406	0,7	3	30	37	15	20	3	23	19	2	15	1	
Modřice	50	29	1 508	0,7	11	25	51	21	30	5	35	27	4	20	3	
Kyjov	25	14	823	0,7	6	15	23	13	10	3	13	9	3	6	2	
celkem	340	196	7 789		55	164	266	122	142	26	168	129	23	102	14	

Poznámka: Červená čísla značí, že poptávka (doprava) převyšuje nabídku (distribuce)

Modrá čísla značí, že poptávka (doprava) nedosahuje nabídky (distribuce)

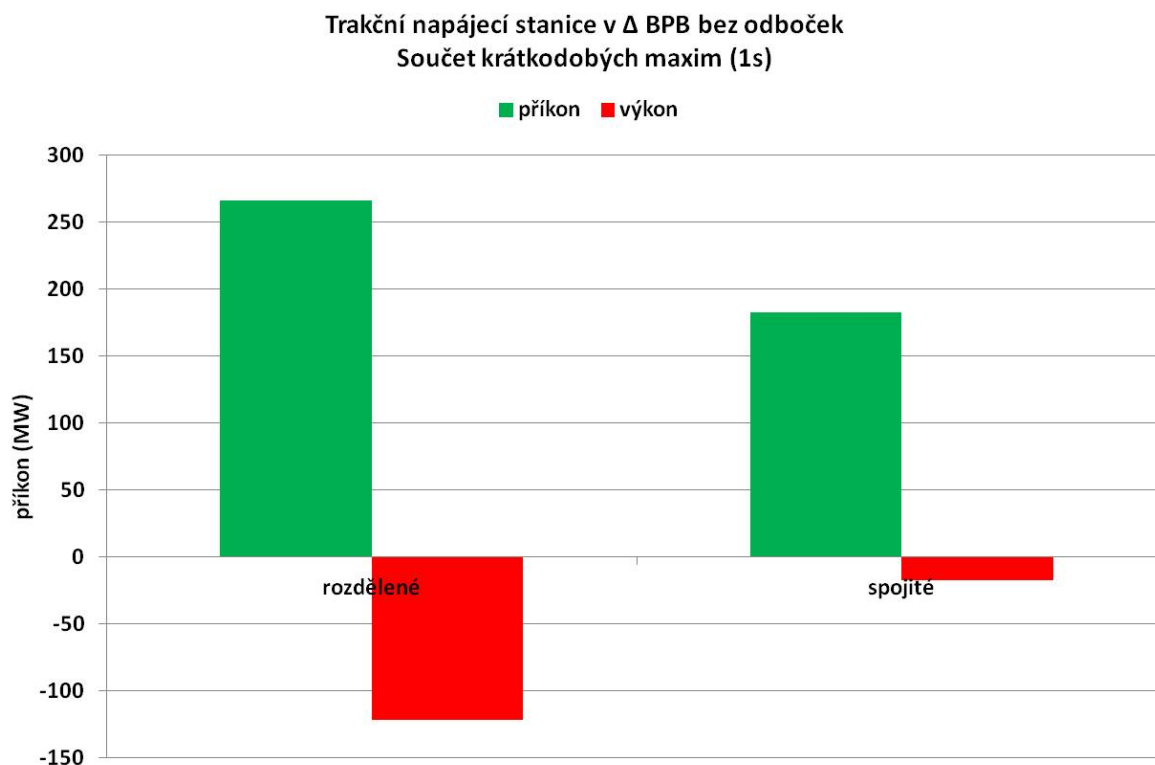
Příloha 13.3 Tabulka zatížení TNS – třífázové transformátory s kaskádou měničů

Zatížení trakčních napájecích stanic bez odboček: kaskáda měničů																
	požadavky distribuční soustavy						požadavky dopravního provozu									
	připojitelný okamžitý příkon	připojitelný okamžitý příkon	budoucí zkratový výkon N-1 2 PS	povol. nesym.	přiojitelný nesym. příkon	sjednatelný 15 min střední příkon	max. okamžitý příkon	max. okamžitý zpětný výkon	nejvyšší střední příkon	nejvyšší střední rekup. výkon	nejvšší součtový výkon	nejvyšší střední příkon	nejvyšší střední rekuper. výkon	nejvyšší střední příkon	nejvyšší střední rekuper. výkon	
čas (s)	1	1		600	600	900	1	1	600	600	600	900	900	7 200	7 200	
zapojení TNS	symetrické	T, V		T, V	T, V		měniče	měniče	měniče	měniče	měniče	měniče	měniče	měniče	měniče	
podélné sepnutí TNS							1	1	1	1	1	1	1	1	1	
podélné sepnutí SpS							1	1	1	1	1	1	1	1	1	
jednotka	MVA	MVA	MVA	%	MVA	MW	MW	MW	MVA	MVA	MVA	MW	MW	MW	MW	
TNS																
Černovice	50	29	789	0,7	6	30	20	3	12	0,5	12,5	12	0,3	10	0,1	
Vyškov	50	29	532	0,7	4	20	19	0	13	0	13	13	0	11	0	
Říkovice	50	29	1 165	0,7	8	8	20	0,7	12	0	12	11	0	10	0	
Otrokovice	40	23	2 133	0,7	15	20	19	0	12	0	12	11	0	9	0	
Nedakonice	25	14	433	0,7	3	16	19	0,8	11	0	11	10	0	9	0	
Břeclav	50	29	406	0,7	3	30	24	4	15	0,6	15,6	14	0,5	11	0,2	
Modřice	50	29	1 508	0,7	11	25	41	4	25	0,4	25,4	23	0,3	19	0,1	
Kyjov	25	14	823	0,7	6	15	20	5	10	0,7	10,7	9	0,7	7	0,3	
celkem	340	196	7 789		55	164	182	18	110	2	112	103	2	86	1	

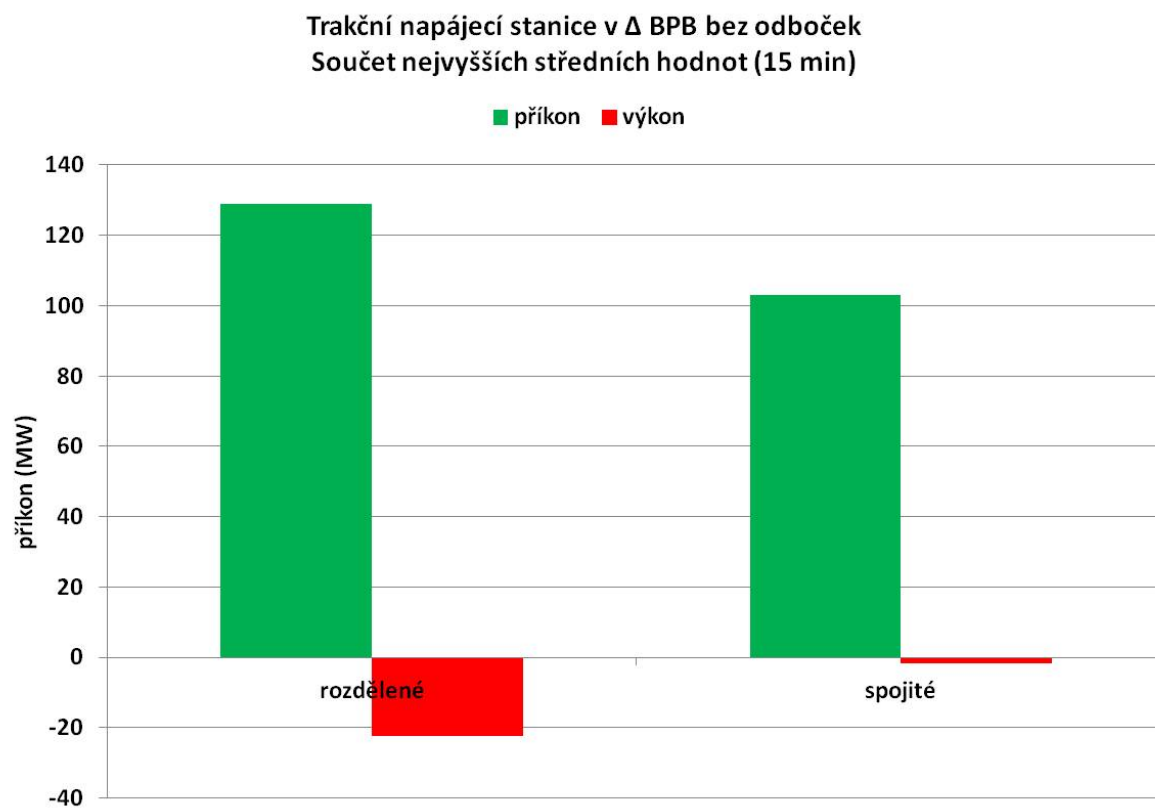
Poznámka: Červená čísla značí, že poptávka (doprava) převyšuje nabídku (distribuce)

Modrá čísla značí, že poptávka (doprava) nedosahuje nabídky (distribuce)

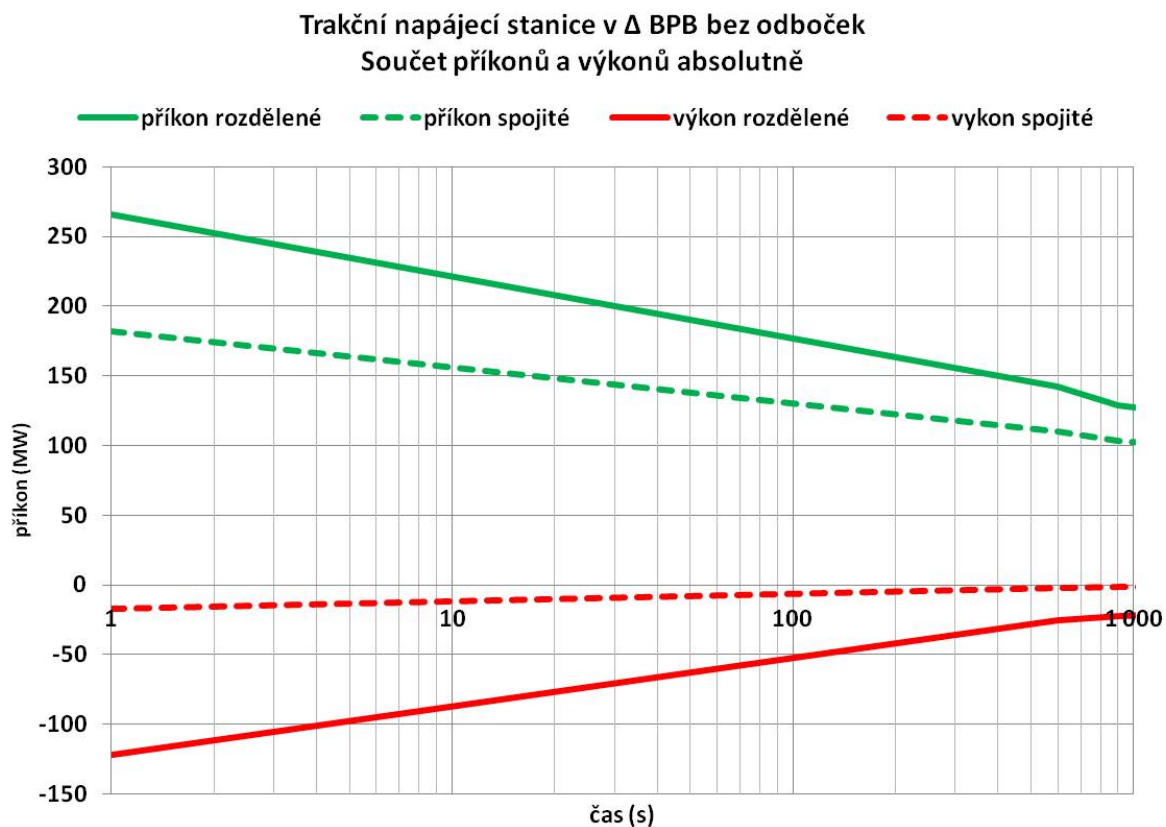
Příloha 13.4 TNS v trojúhelníku Brno – Přerov – Břeclav, součet krátkodobých maxim



Příloha 13.5 TNS v trojúhelníku Brno – Přerov – Břeclav, součet čtvrt hodinových maxim



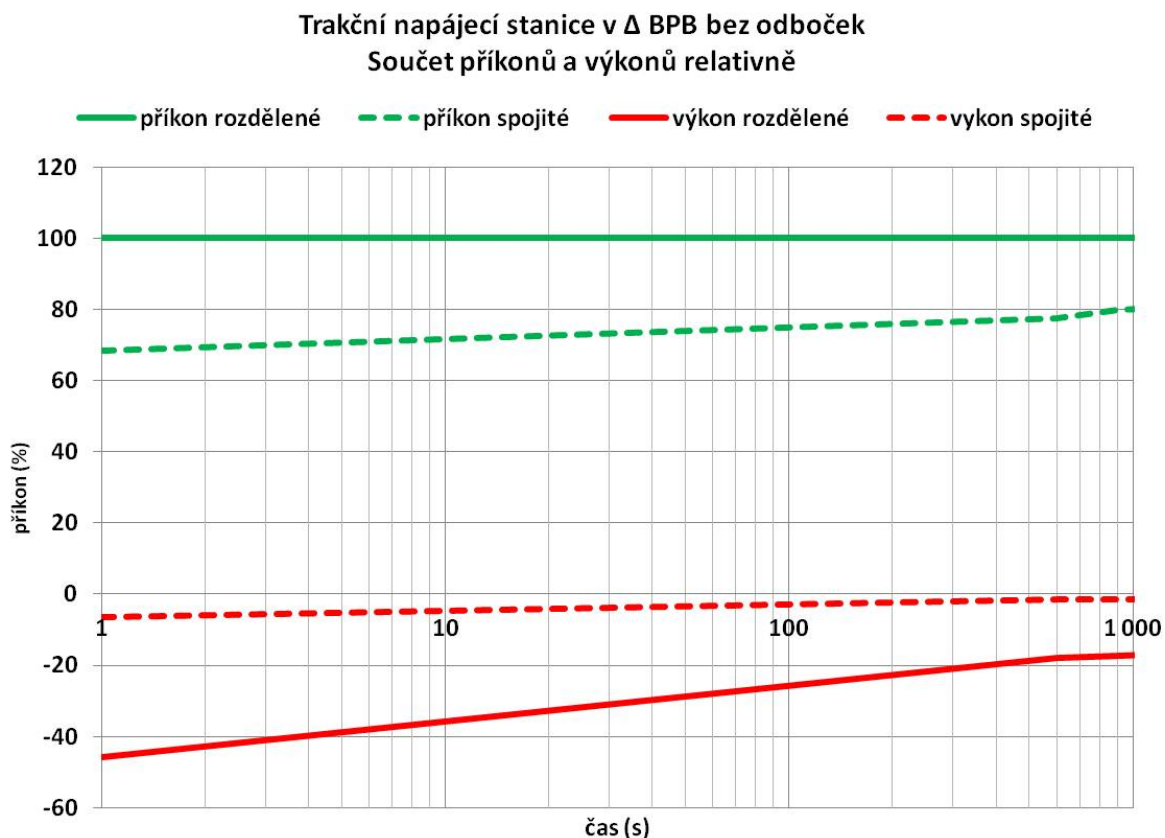
Příloha 13.6 TNS v trojúhelníku Brno – Přerov – Břeclav, součet příkonů a výkonů, absolutně



Příloha 13.7 Tabulka součtu příkonů a výkonů TNS v trojúhelníku Brno – Přerov – Břeclav, absolutně

Součet příkonů a výkonů absolutně						
čas		1	600	900	7 200	s
příkon	rozdělené	266	142	129	102	MW
příkon	spojité	182	110	103	86	MW
výkon	rozdělené	-122	-26	-23	-14	MW
vykon	spojité	-18	-2	-2	-1	MW

Příloha 13.8 TNS v trojúhelníku Brno – Přerov – Břeclav, součet příkonů a výkonů, relativně



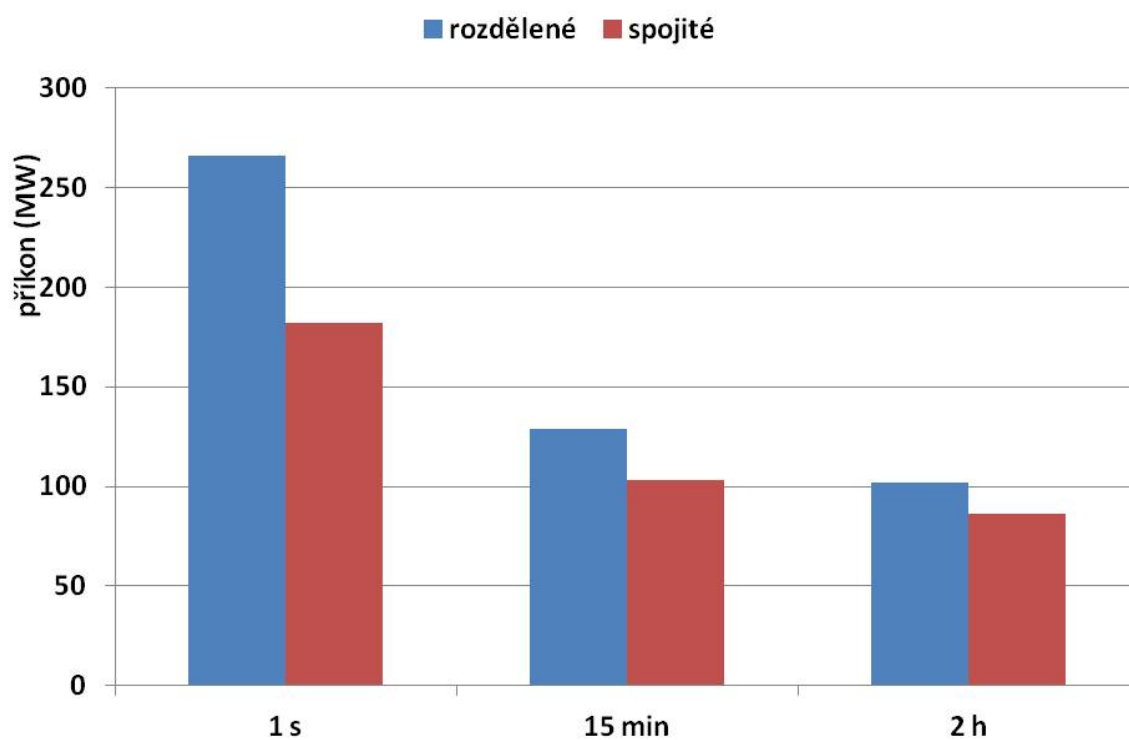
Příloha 13.9 Tabulka součtu příkonů a výkonů TNS v trojúhelníku Brno – Přerov – Břeclav, relativně

Součet příkonů a výkonů relativně						
čas		1	600	900	7 200	s
příkon	rozdělené	100	100	100	100	%
příkon	spojité	68	77	80	84	%
výkon	rozdělené	-46	-18	-17	-14	%
vykon	spojité	-7	-2	-1	-1	%

Příloha 13.10 Tabulka a graf součtu středních hodnot příkonů TNS v trojúhelníku Brno – Přerov – Břeclav, absolutně

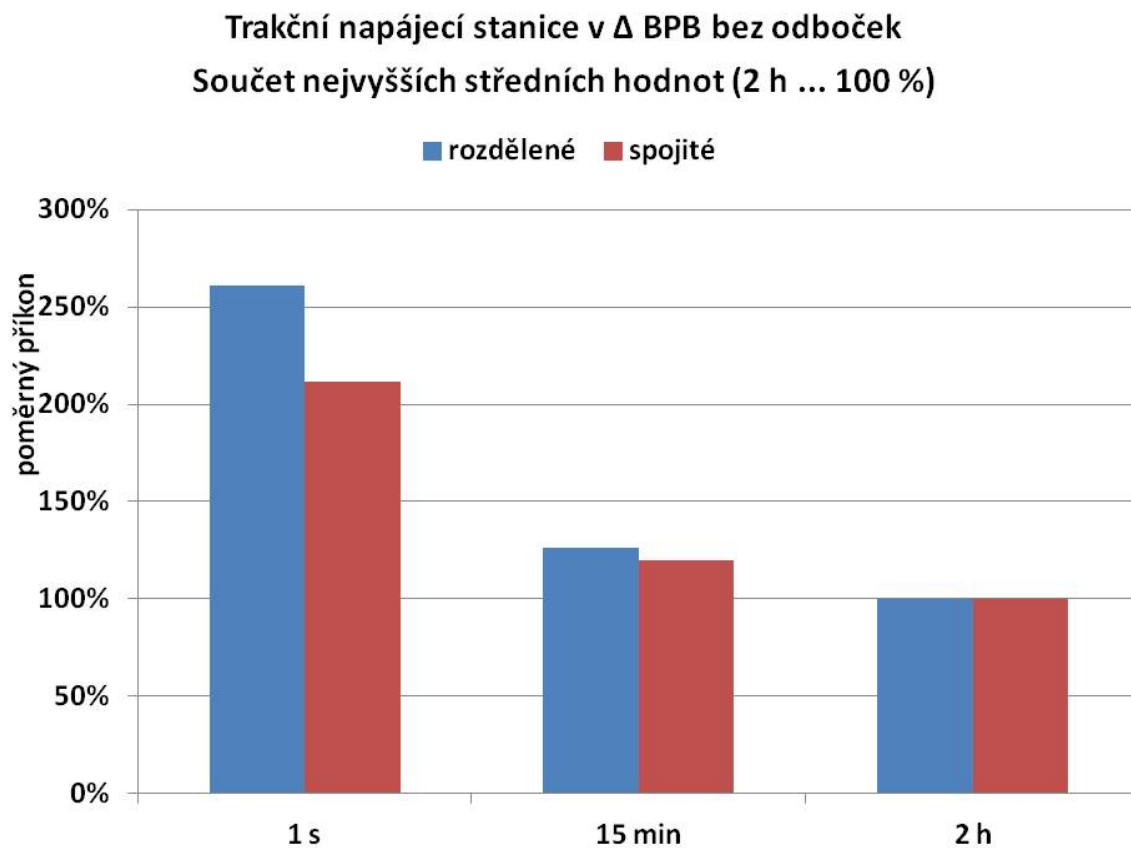
režim	1 s	15 min	2 h
rozdělené	266	129	102
spojité	182	103	86

Trakční napájecí stanice v Δ BPB bez odboček
Součet nejvyšších středních hodnot



Příloha 13.11 Tabulka a graf součtu středních hodnot příkonů TNS v trojúhelníku Brno – Přerov – Břeclav, relativně (2h = 100%)

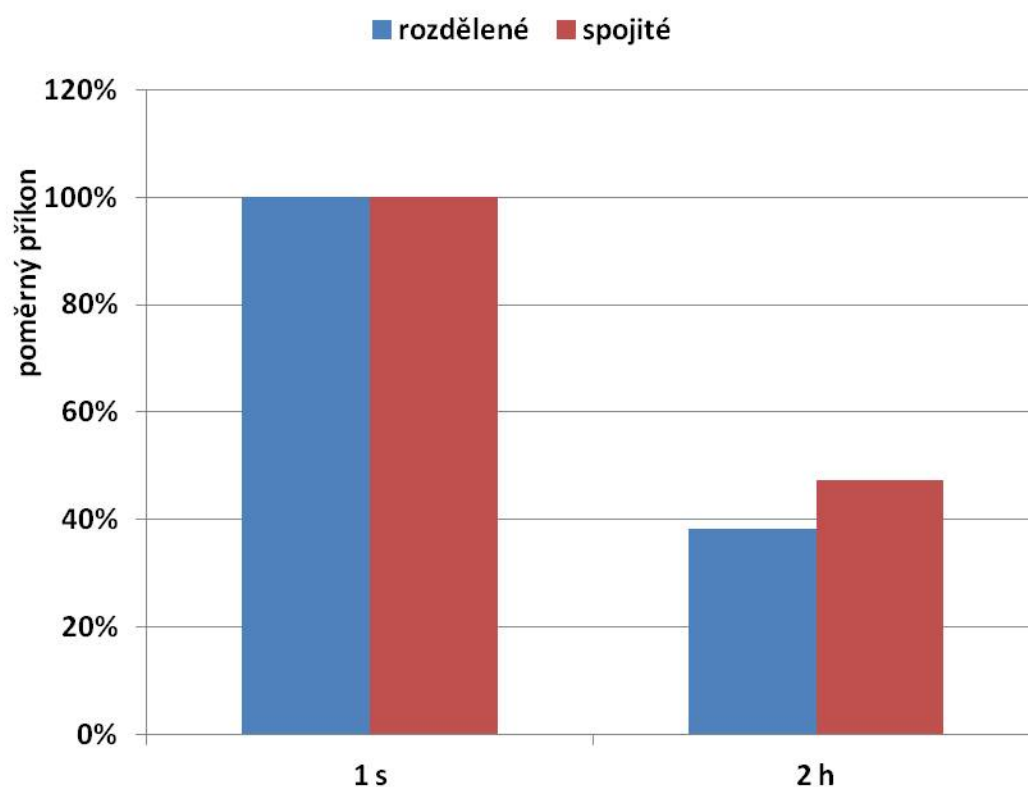
režim	1 s	15 min	2 h
rozdělené	261%	126%	100%
spojité	212%	120%	100%



Příloha 13.12 Tabulka a graf součtu středních hodnot příkonů TNS v trojúhelníku Brno – Přerov – Břeclav, relativně (1s = 100%) – využití výkonu měniče krátkodobě

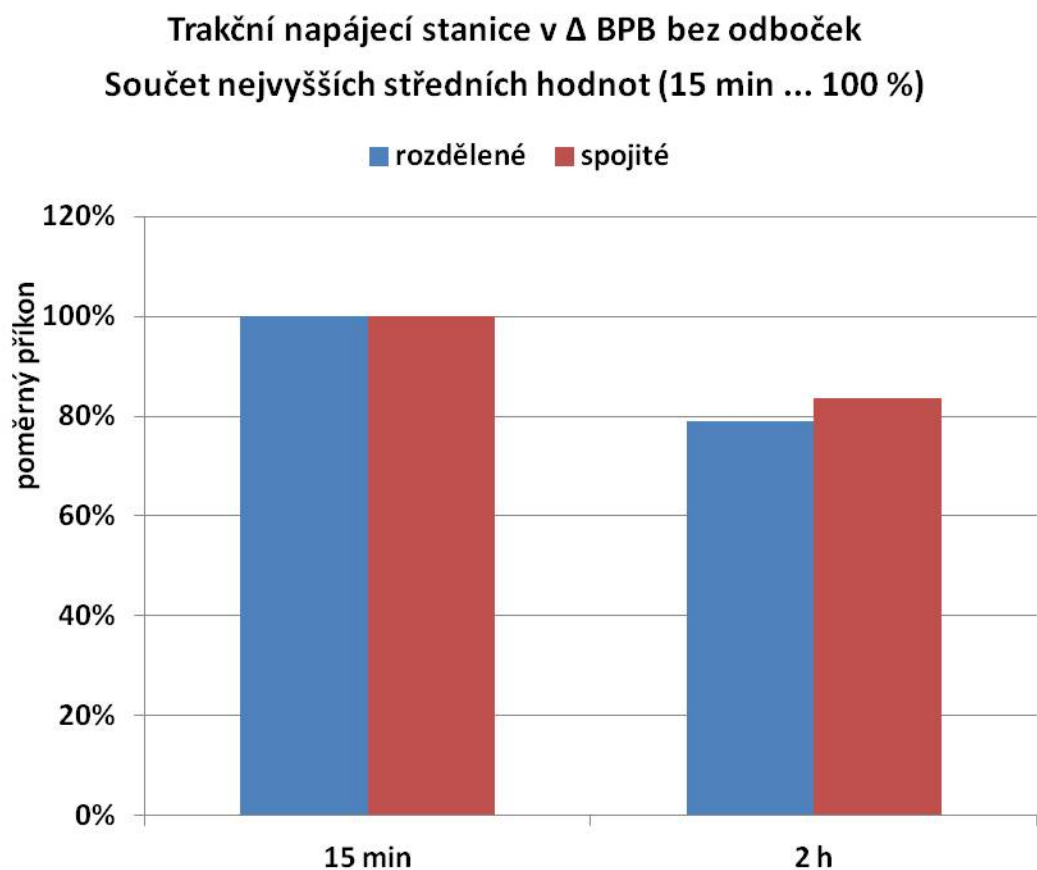
režim	1 s	2 h
rozdělené	100%	38%
spojité	100%	47%

Trakční napájecí stanice v Δ BPB bez odboček
Součet nejvyšších středních hodnot (1 s ... 100 %)



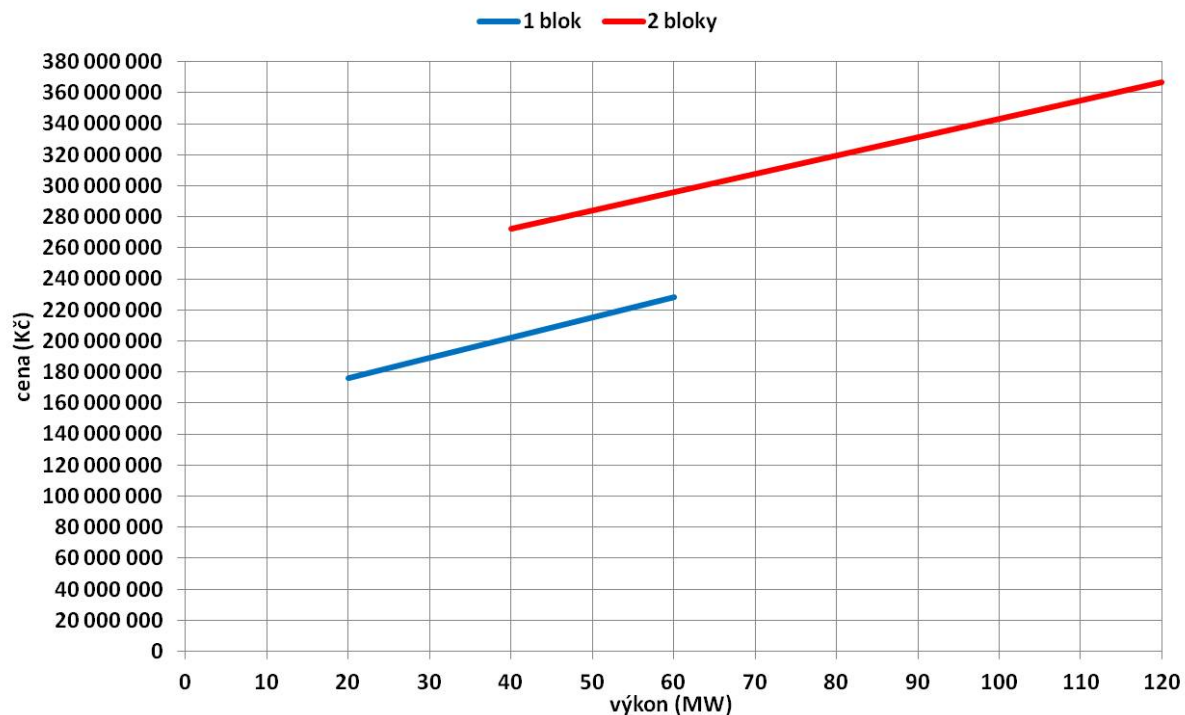
Příloha 13.13 Tabulka a graf součtu středních hodnot příkonů TNS v trojúhelníku Brno – Přerov – Břeclav, relativně (15min = 100%) – využití výkonu měniče dlouhodobě

režim	15 min	2 h
rozdělené	100%	79%
spojité	100%	83%



Příloha 13.14 Znáznornění závislosti ceny měničové technologie na výkonu TNS

směrné ceny měničové technologie 3 x 110 kV/ 1 x 27,5 kV ($\cos \phi = 0,8$)
vstupní transformátor, 3 AC/DC měnič, DC/ 1 AC měnič, výstupní transformátor



Příloha 13.15 Tabulka zatížení trakčních stanic bez odbočných tratí

Zatížení trakčních napájecích stanic bez odboček: kaskáda měničů										
	požadavky DS		požadavky dopravního provozu							
	připojitelný okamžitý příkon	sjednatelný 15 min střední příkon	max. okamžitý příkon	max. okamžitý zpětný výkon	nejvyšší střední příkon	nejvyšší střední rekup. výkon	nejvyšší střední příkon	nejvyšší střední rekup. výkon	nejvyšší střední příkon	nejvyšší střední rekup. výkon
čas (s)	1	900	1	1	15	15	900	900	7 200	7 200
zapojení TNS	symetrické		měníče	měníče	měníče	měníče	měníče	měníče	měníče	měníče
podélné sepnutí TNS			1	1	1	1	1	1	1	1
podélné sepnutí SpS			1	1	1	1	1	1	1	1
jednotka	MVA	MW	MW	MW	MVA	MVA	MW	MW	MW	MW
TNS										
Černovice	50	30	20	3	18	2	12	0,3	10	0,1
Vyškov	50	20	19	0	17	0	13	0	11	0
Říkovice	50	8	20	0,7	19	0,4	11	0	10	0
Otrokovice	40	20	19	0	18	0	11	0	9	0
Nedakonice	25	16	19	0,8	18	0,5	10	0	9	0
Břeclav	50	30	24	4	23	2	14	0,5	11	0,2
Modřice	50	25	41	4	39	2	23	0,3	19	0,1
Kyjov	25	15	20	5	17	3	9	0,7	7	0,3
celkem	340	164	182	18	169	10	103	2	86	1

Příloha 13.16 Tabulka zatížení trakčních stanic s odbočnými tratěmi, bez redundance

Dimenzování trakčních napájecích stanic včetně odboček: kaskáda měničů															
	požadavky DS		požadavky dopravního provozu									bez redundance			
	připojitelný okamžitý přikon	sjednatelný 15 min střední přikon	max. okamžitý přikon	max. okamžitý zpětný výkon	nejvyšší střední přikon	nejvyšší střední rekup. výkon	nejvyšší střední přikon	nejvyšší střední rekuper. výkon	nejvyšší střední přikon	nejvyšší střední rekuper. výkon	zaokr. výkon TNS	počet bloků	výsl. výkon TNS	cena techn.	
čas (s)	1	900	1	1	15	15	900	900	7 200	7 200					
zapojení TNS	symetrické		měníče	měníče	měníče	měníče	měníče	měníče	měníče	měníče	měníče	měníče	měníče	měníče	
podélné sepnutí TNS			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
podélné sepnutí SpS			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
jednotka	MVA	MW	MW	MW	MVA	MVA	MW	MW	MW	MW	MW		MW	mil. Kč	
TNS															
Černovice	50	30	21	3	19	2	13	0,3	11	0,1	30	1	30	189	
Vyškov	50	20	20	0	18	0	14	0	12	0	20	1	20	176	
Říkovice	50	8	20	0,7	19	0,4	11	0	10	0	20	1	20	176	
Otrokovice	40	20	19	0	18	0	11	0	9	0	20	1	20	176	
Nedakonice	25	16	20	0,8	19	0,5	11	0	10	0	20	1	20	176	
Břeclav	50	30	24	4	23	2	14	0,5	11	0,2	30	1	30	189	
Modřice	50	25	45	4	43	2	27	0,3	23	0,1	60	1	60	228	
Kyjov	25	15	20	5	17	3	9	0,7	7	0,3	20	1	20	176	
celkem	340	164	189	18	176	10	110	2	93	1	220	8	220	1 486	

Příloha 13.17 Tabulka zatížení trakčních stanic s odbočnými tratěmi, s vnitřní redundancí

Dimenzování trakčních napájecích stanic včetně odboček: kaskáda měničů														
	požadavky DS		požadavky dopravního provozu								s vnitřní redundancí			
	připojitelný okamžitý příkon	sjednatelný 15 min střední příkon	max. okamžitý příkon	max. okamžitý zpětný výkon	nejvyšší střední příkon	nejvyšší střední rekup. výkon	nejvyšší střední příkon	nejvyšší střední rekuper. výkon	nejvyšší střední příkon	nejvyšší střední rekuper. výkon	zaokr. výkon TNS	počet bloků	výsl. výkon TNS	cena techn.
čas (s)	1	900	1	1	15	15	900	900	7 200	7 200				
zapojení TNS	symetrické		měníče	měníče	měníče	měníče	měníče	měníče	měníče	měníče	měníče	měníče	měníče	měníče
podélné sepnutí TNS			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
podélné sepnutí SpS			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
jednotka	MVA	MW	MW	MW	MVA	MVA	MW	MW	MW	MW	MW		MW	mil. Kč
TNS														
Černovice	50	30	21	3	19	2	13	0,3	11	0,1	30	2	60	296
Vyškov	50	20	20	0	18	0	14	0	12	0	20	2	40	272
Říkovice	50	8	20	0,7	19	0,4	11	0	10	0	20	2	40	272
Otrokovice	40	20	19	0	18	0	11	0	9	0	20	2	40	272
Nedakonice	25	16	20	0,8	19	0,5	11	0	10	0	20	2	40	272
Břeclav	50	30	24	4	23	2	14	0,5	11	0,2	30	2	60	296
Modřice	50	25	45	4	43	2	27	0,3	23	0,1	60	2	120	367
Kyjov	25	15	20	5	17	3	9	0,7	7	0,3	20	2	40	272
celkem	340	164	189	18	176	10	110	2	93	1	220	16	440	2 319

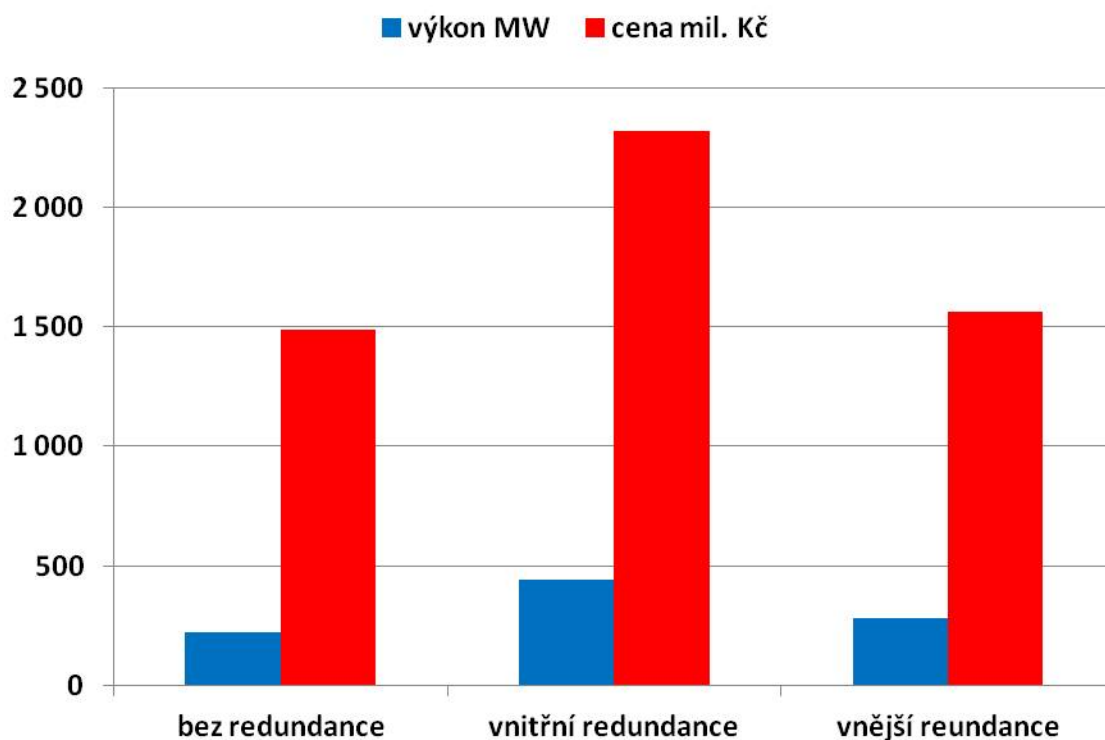
Příloha 13.18 Tabulka zatížení trakčních stanic s odbočnými tratěmi, s vnější redundancí

Dimenzování trakčních napájecích stanic včetně odboček: kaskáda měničů																
	požadavky DS		požadavky dopravního provozu										s vnější redundancí			
	připojitelný okamžitý příkon	sjednatelný 15 min střední příkon	výpadek TNS	max. okamžitý příkon	max. okamžitý zpětný výkon	nejvyšší střední příkon	nejvyšší střední rekup. výkon	nejvyšší střední příkon	nejvyšší střední rekup. výkon	nejvyšší střední příkon	nejvyšší střední rekup. výkon	rozh. výkon TNS	zaokr. rozh. výkon TNS	počet bloků	výsl. výkon TNS	cena techn.
čas (s)	1	900		1	1	15	15	900	900	7 200	7 200					
zapojení TNS	symetrické			měníče	měníče	měníče	měníče	měníče	měníče	měníče	měníče	měníče	měníče	měníče	měníče	měníče
podélné sepnutí TNS				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
podélné sepnutí SpS				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
jednotka	MVA	MW		MW	MW	MVA	MVA	MW	MW	MW	MW	MW	MW		MW	mil. Kč
TNS																
Černovice	50	30	0	21	3	19	2	13	0,3	11	0,1	26	30	1	30	189
Černovice	50	30	Kyjov	22	3	21	2	14	0,3	12	0					
Černovice	50	30	Vyškov	24	2	23	1	15	0	13	0					
Černovice	50	30	Modřice	26	0	24	0	15	0	13	0					
Vyškov	50	20	0	20	0	18	0	14	0	12	0	37	40	1	40	202
Vyškov	50	20	Říkovice	25	0	23	0	17	0	15	0					
Vyškov	50	20	Černovice	37	5	34	3	23	0	20	0					
Vyškov	50	20	potah	26	0	24	0	15	0	13	0					
Říkovice	50	8	0	20	0,7	19	0,4	11	0	10	0	27	30	1	30	189
Říkovice	50	8	Vyškov	23	0	23	0	14	0	12	0					
Říkovice	50	8	Otrokovice	27	0	26	0	16	0	14	0					
Otrokovice	40	20	0	19	0	18	0	11	0	9	0	28	30	1	30	189
Otrokovice	40	20	Říkovice	28	0	27	0	17	0	15	0					
Nedakonice	25	16	0	20	0,8	19	0,5	11	0	10	0	29	30	1	30	189
Nedakonice	25	16	Kyjov	21	0	20	0	13	0	11	0					
Nedakonice	25	16	Otrokovice	29	0	27	0	17	0	14	0					
Nedakonice	25	16	Břeclav	29	1	28	0,5	17	0	15	0					
Břeclav	50	30	0	24	4	23	2	14	0,5	11	0,2	33	40	1	40	202
Břeclav	50	30	Modřice	33	1,5	32	0,6	20	0	16	0					
Modřice	50	25	0	45	4	43	2	27	0,3	23	0,1	54	60	1	60	228
Modřice	50	25	Břeclav	54	1	51	0,3	34	0	28	0					
Kyjov	25	15	0	20	5	17	3	9	0,7	7	0,3	20	20	1	20	176
Kyjov	25	15														
celkem												254	280	8	280	1 564

Příloha 13.19 Porovnání cen měničové technologie bez – s vnitřní – s vnější redundancí, absolutně

	výkon	cena
	MW	mil. Kč
bez redundance	220	1 486
vnitřní redundance	440	2 319
vnější redundance	280	1 564

Trakční napájecí stanice v Δ BPB



Příloha 13.20 Porovnání cen měničové technologie bez – s vnitřní – s vnější redundancí, relativně

	výkon	cena
	%	%
bez redundance	100	100
vnitřní redundance	200	156
vnější redundance	127	105

Trakční napájecí stanice v Δ BPB

