



PST transformátory

Phase-Shifting Transformers



VEDEME ELEKTRINU NEJVYŠŠÍHO NAPĚTÍ
ENSURING BALANCED ENERGY FLOW

400 kV



Průběh stavby PST transformátorů
The construction of PSTs

Provoz a řízení přenosové soustavy

Operation and management of the transmission system

Česká elektroenergetická přenosová soustava je součástí kritické infrastruktury státu, její bezpečné a spolehlivé fungování je naprosto nezbytné pro chod celého národního hospodářství, průmyslu, zemědělství, ale i pro každodenní život obyvatel České republiky. Přenosová soustava zásobuje jednotlivé regiony České republiky elektrickou energií prostřednictvím sítě elektrických stanic vedení velmi vysokého a zvláště vysokého napětí. Tím zajišťuje přenos elektrické energie na velké vzdálenosti od zdrojů (elektráren) k distributorům (rozvodné energetické společnosti). Úlohou jejího vlastníka a provozovatele, společnosti ČEPS, je kromě nepřetržitého přenosu též udržování rovnováhy mezi výrobou a spotřebou elektrické energie na území České republiky. V rámci vzájemné spolupráce evropských provozovatelů přenosových soustav, se kterými je ta naše propojena, zajišťuje také výměnu elektrické energie mezi státy Evropy a tím se podílí na realizaci evropského trhu s elektrickou energií.

Je zřejmé, že provoz energetické soustavy musí být řízen a regulován stejně jako jiné soustavy či sítě, např. obdobně jako plynárenská soustava, síť drah nebo silnic. Zatímco provoz dráhy se reguluje pomocí jízdních řádů a silnice pomocí dopravního značení a světelných signálů (semaforů), elektrická energie se rozděluje po jednotlivých prvcích přenosové soustavy podle jejich fyzikálních vlastností (zjednodušeně odporů jednotlivých větví). Dispečerské řízení v elektroenergetice zajišťuje optimální zapojení sítě a podmínky pro přenos energie tak, aby nedocházelo k přetížení jednotlivých prvků soustavy. S rozvojem obchodních výměn mezi jednotlivými státy musí řízení soustavy respektovat nasmlouvané přenosové kapacity na mezinárodních propojeních.

The Czech electricity transmission system is part of the critical infrastructure of the state, the secure and reliable functioning of which is absolutely essential for the functioning of the national economy, industry, agriculture, as well as for the daily life of the inhabitants of the Czech Republic. The transmission system supplies electric power to the individual regions of the Czech Republic through a network of electric power stations, high voltage and extra high voltage lines. It thus secures the transmission of electric power over long distances from sources (electric power plants) to the distributors (power distribution companies). The role of the transmission system owner and operator, ČEPS, apart from the continuous transmission of electricity, is also the maintenance of a balance between generation and consumption of electric power in the territory of the Czech Republic. As a part of co-operation between the European operators of the transmission systems with which our transmission system is interconnected, it also ensures the exchange of electric power between European states and thus participation in the realization of the European electricity market.

It is evident that operation of the electric power system must be controlled and regulated just like other systems or networks, e.g. the gas system, railway or road networks. While railway operations are regulated by means of timetables and roads by means of traffic signs and lights, electric power is divided into individual elements of the transmission system according to their physical properties (simply put, the resistance of their individual branches). Dispatch control in the power industry ensures optimal connection to the network and such conditions for the transmission of power so that individual components

Principiálně se však elektrizační síť a její provoz liší od všech dalších síťových infrastruktur – plynovodů, ropovodů, ale také například od telekomunikačního systému nebo silniční sítě. Elektřinu lze skladovat jen v omezeném množství, rovnováha mezi výrobou a spotřebou přitom musí být zajištěna v každém okamžiku. Navíc synchronně propojená kontinentální elektrizační soustava tvoří fyzikální systém, ve kterém se vzruch od každé poruchy rozšíří ve zlomcích sekundy celým systémem, a ovlivní tak kvalitativní parametry elektřiny, jako je frekvence, napětí, toky výkonů apod. Výpadky výrobních zdrojů nebo jednotlivých vedení či rozvodů mohou kaskádovitě způsobit přetěžování prvků systému a jejich nucené odpojení. Celý propojený systém se může „rozkývat“ a rozpadnout se na jednotlivé oblasti, v krajním případě se na velkých územích dokonce zhroutit s následným „blackoutem“.



of the system do not become congested. With the development of trading activities between individual states, management of the system must respect the contracted transmission capacity for international interconnections.



In principle, however, the electricity network and its operation are different from all other network infrastructures – gas and oil pipelines, but also, for example, from the telecommunications system or the road network. Electricity can only be stored in limited quantities, so the balance between generation and consumption must be ensured at all times. In addition, the synchronously connected continental electric power system is a physical system in which the disruption caused by any failure spreads in fractions of a second throughout the system, thereby affecting the qualitative parameters of electricity such as its frequency, voltage, power flows, etc. Outages of generation units, individual lines or substations might have a domino effect and cause the overloading of system components and their forced disconnection. The entire interconnected system might get “wobbly” and split into individual regions, eventually even collapsing in large areas with a subsequent blackout.

Transformátory s řízeným posuvem fáze

Phase-shifting transformers

PST transformátor (Phase-shifting transformer - transformátor s řízeným posuvem fáze) je elektrický netočivý stroj, který prostřednictvím změny fázového úhlu napětí na jeho vstupu a výstupu umožňuje aktivní řízení protékajícího činného výkonu.

Představíme-li si přenosovou soustavu jako rybník s mnoha výpustěmi, funguje PST transformátor jako stavidlo, nebo naopak čerpadlo, které omezí, resp. zvýší průtok danou výpustí. V důsledku toho se změní průtoky vody uvnitř rybníka a všemi ostatními výpustěmi, které nejsou regulované. Omezení toku na jedné větvi oproti ostatním paralelním větvím sítě způsobí přerozdělení toků (elektrina proudí cestou nejmenšího odporu), a přesouvá tak část toků na okolní méně zatížená vedení. Eliminuje se tak možné přetížení přenosové sítě.

Laicky řečeno, PST transformátor zajistí dostatečnou změnu v síti, jako by propojovací vedení, na kterém je nainstalován, řízeně měnilo přenášený výkon, a to oběma směry.

Transformátory s řízeným posuvem fáze jsou zařízení, která mohou značnou měrou přispět ke spojitému ovlivňování rozdělení toků elektrického proudu v síti - regulaci přenášených výkonů tou či onou částí sítě.

A phase-shifting transformer (PST) is an electric non-rotating machine which, by changing the phase angle of the voltage at its inlet and outlet, enables an active control of the flow of active power.

If we imagine the transmission system as a pond with many drains, a PST works alternatively as a water gate or a pump that reduces or increases the flow through the given drain. As a result, the flow of water inside the pond and through all the other drains that are not regulated will change. Limiting the flow on one branch compared to other parallel branches of the network causes redistribution of flows (electricity flows through the path of the least resistance), thus shifting part of the flows to surrounding less-loaded lines. This eliminates possible congestion of the transmission network.

To put it simply, a PST will ensure a sufficient change in the network, as if the interconnector on which it is installed manually altered the transmitted power in both directions.

Phase-shifting transformers are devices that can greatly contribute to continuous influencing of the distribution of electricity flows in the network – with regulation of the transmitted power on by one or another part of the network.

Proč jsou tyto transformátory v rozvodně Hradec u Kadaně nainstalovány?

- Účinné omezení velkých kolísavých toků výkonu po přeshraničním profilu přenosové soustavy ČR z Německa
- Omezení rizika přetěžování vnitřní sítě ČR vlivem přetoků směrem sever-jih, resp. jihovýchod
- Zajištění bezpečného provozu sítí v podmínkách vysoké výroby větrných elektráren v Německu i v neúplných zapojeních (při údržbě a rekonstrukcích stávajících vedení a výstavbě nových)
- Snížení rizika zavlečení velkých systémových poruch ze zahraničních sítí
- Maximální využití okolních přenosových profilů s ohledem na sjednané obchodní výměny
- Zajištění možnosti vyvedení zdrojů nezávisle na přenosech ze zahraničí, snížení rizika výpadků zásobování elektrické energie

Nezávislé studie označily transformátor s řízeným posuvem fáze jako vhodné opatření pro zajištění stability české přenosové soustavy při nadměrných tranzitních tocích elektřiny v regionu střední a východní Evropy.

Stavba PST transformátorů v rozvodně Hradec u Kadaně je zařazena do Desetiletého plánu rozvoje sítí (TYNDP 2016) Asociace evropských provozovatelů přenosových soustav (ENTSO-E) a je rovněž součástí Plánu rozvoje přenosové soustavy ČR 2017 – 2026, který byl schválen Ministerstvem průmyslu a obchodu a Energetickým regulačním úřadem. Instalace transformátoru s řízeným posuvem fáze nenahradí rozvoj infrastruktury přenosové soustavy, avšak pomůže

Why are these transformers installed at the Hradec substation near Kadaň?

- Effective limitation of large unstable power flows through the Czech/German interconnector coming from Germany
- Limitation of the risk of overloading the internal network of the Czech Republic due to unscheduled power flows from north to south or southeast
- Ensuring safe grid operation in times of high wind power generation in Germany and incomplete connections (during maintenance and reconstruction of existing lines and construction of new ones)
- Reducing the risk of introducing large system failures from foreign networks
- Ensuring maximum use of surrounding interconnectors with regard to contracted commercial exchanges
- Ensuring the possibility of connecting power sources independently of foreign transfers, reducing the risk of electricity supply outages

Independent studies have marked PSTs as a suitable measure to ensure the stability of the Czech transmission system in the event of excessive transit power flows in the CEE region.

The construction of the PSTs at the Hradec substation near Kadaň is included in the Ten-Year Network Development Plan (TYNDP 2016) of the European Network of Transmission System Operators for Electricity (ENTSO-E) and is also an integral part of the Plan for the Development of the Transmission System of the Czech Republic 2017–2026,



řídit rozdělení a optimalizaci toků v přenosové soustavě a přetoky výkonu mezi Německem a Českou republikou.

Transformátory jsou sice nákladná investice, ale jejich životnost je až 40 let. Bez jejich instalace by výdaje na nápravná opatření odstraňující nežádoucí přetoky v sítích mohly být daleko větší, než jsou náklady na jejich stavbu.

Provozování našich PST transformátorů s obdobnými na německo-polské hranici významně snižuje rizika případných nápravných opatření (zejména mezinárodních redispečinků). Transformátory tak významnou měrou přispívají ke zvýšení spolehlivosti provozu propojených soustav dotčených zemí.

PST transformátory jsou obecně využívány pro spojitě řízení toků energie v rámci propojených přenosových soustav v Evropě, ale i mimo ni. Používají se zejména v severních oblastech Evropy (Belgie, Nizozemsko, Německo, Polsko), vyskytují se však i v jižních státech jako Slovinsko, Itálie, Chorvatsko a Francie. Samostatnou oblast pak představují PST transformátory používané pro řízení vnitrostátních toků (Rakousko, Itálie).

which was approved by the Ministry of Industry and Trade and the Energy Regulatory Authority. The installation of the PSTs does not substitute the development of the transmission system infrastructure, but will help distribute and optimize flows in the transmission system and power flows between Germany and the Czech Republic.

Transformers are costly investments, but their lifetime can last up to 40 years. Without their installation, the cost of remedial measures eliminating unplanned overflows in the networks could be far greater than the cost of their construction.

The operation of our PSTs together with similar ones at the German-Polish border significantly reduces the risk of possible remedial measures (especially international redispatches). The transformers thus greatly contribute to increasing the reliability of the interconnected systems of the countries concerned.

PSTs are generally used for continuous power flow management within interconnected transmission systems in Europe and beyond. They are mainly used in northern Europe (Belgium, the Netherlands, Germany, Poland), but they are also found in southern countries such as Slovenia, Italy, Croatia and France. Another use of these transformers is the management of internal flows (Austria, Italy).



Princip činnosti

Principle of operation

PST transformátory se skládají ze sériové a budicí jednotky. Každá z jednotek je umístěna ve své samostatné nádobě. Tyto jednotky jsou mezi sebou elektricky propojeny.

Vinutí sériové jednotky je přímo (sérově) vřazeno do přenosového vedení (v našem případě do vedení 400 kV s provozním označením V445 a V446 mezi rozvodnou Hradec u Kadaně a německou rozvodnou Röhrsdorf). Toto vinutí PST transformátoru se v podstatě chová jako sériová tlumivka, jejíž velikost je možné měnit pomocí do ní naindukovaného pomocného napětí. Na sériovém vinutí pak dochází k výslednému fázovému posunu mezi vstupním a výstupním napětím.

Budicí jednotka s přepínačem odboček zajišťuje řízenou indukci pomocného napětí do sériového vinutí, a umožňuje tak regulaci toku výkonu sériovým vinutím.

Na rozdíl od běžných transformátorů, které mění velikost napětí, PST transformátor reguluje procházející výkon beze změny velikosti napětí.

S provedením PST transformátoru ve dvou nádobách souvisí větší rozměry zařízení (více jak 2x) oproti klasickému transformátoru, tzn. větší nároky na plochu, větší přepravní hmotnost a tomu odpovídá i jeho vyšší cena.

Vyrobitelnost PST transformátoru je omezena zejména přepravními rozměry a přepravní hmotností. Pro námi požadovaný výkon 1700 MVA a rozsah regulačního úhlu $\pm 30^\circ$ není transformátor běžnými prostředky přepravitelný. Proto bylo zvoleno řešení sestávající ze dvou paralelně spojených PST transformátorů, každý

A PST consists of a series and shunt units. Each of the units is located in its own separate container. These units are electrically interconnected.

The winding of the series unit is directly (in series) connected to the transmission line (in our case to the 400 kV line with operational marking V445 and V446 between the Hradec substation and the Röhrsdorf substation in Germany). This winding of the PST in principle behaves like a series inductor, whose size can be changed by means of auxiliary induction current. The resulting phase shifting takes place on the series winding between the inlet and outlet voltage.

The shunt unit with branch switch ensures controlled induction of the auxiliary voltage to the series winding, and thus makes it possible to control the flow through the series winding.

Unlike standard transformers, which change the voltage level, a PST regulates the flowing power without any change in voltage.

The design of the PST in two containers is associated with the larger device dimensions, which are more than twice as big as a traditional transformer, leading to greater demands for space, greater transport weight and at the same time, a higher price.

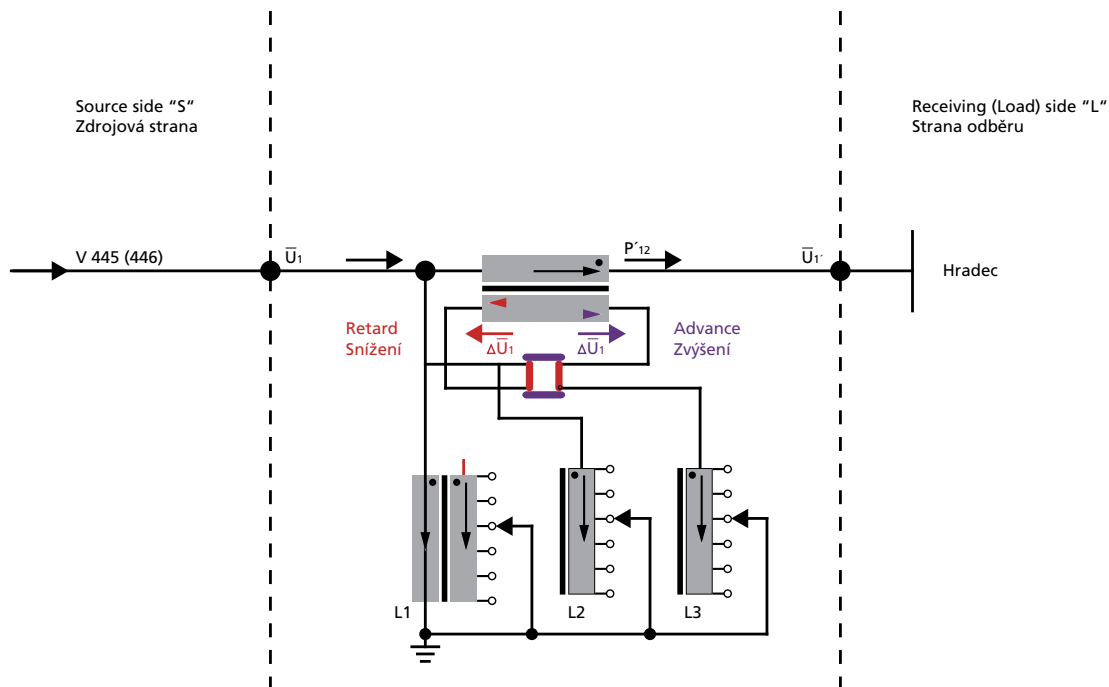
The manufacturability of the PST is restricted mainly by the transport dimensions and weight. A transformer with the required output of 1700 MVA and regulation angle of $\pm 30^\circ$ cannot be transported by standard means. For this reason, a solution featuring two PSTs connected in parallel

Zjednodušené schéma zapojení PST transformátoru – sériová a budicí jednotka – jedna fáze

(budicí vinutí sériové jednotky je napájeno sdruženým napětím ostatních dvou fází)

Simplified diagram of the PST connections – series and shunt units – one phase

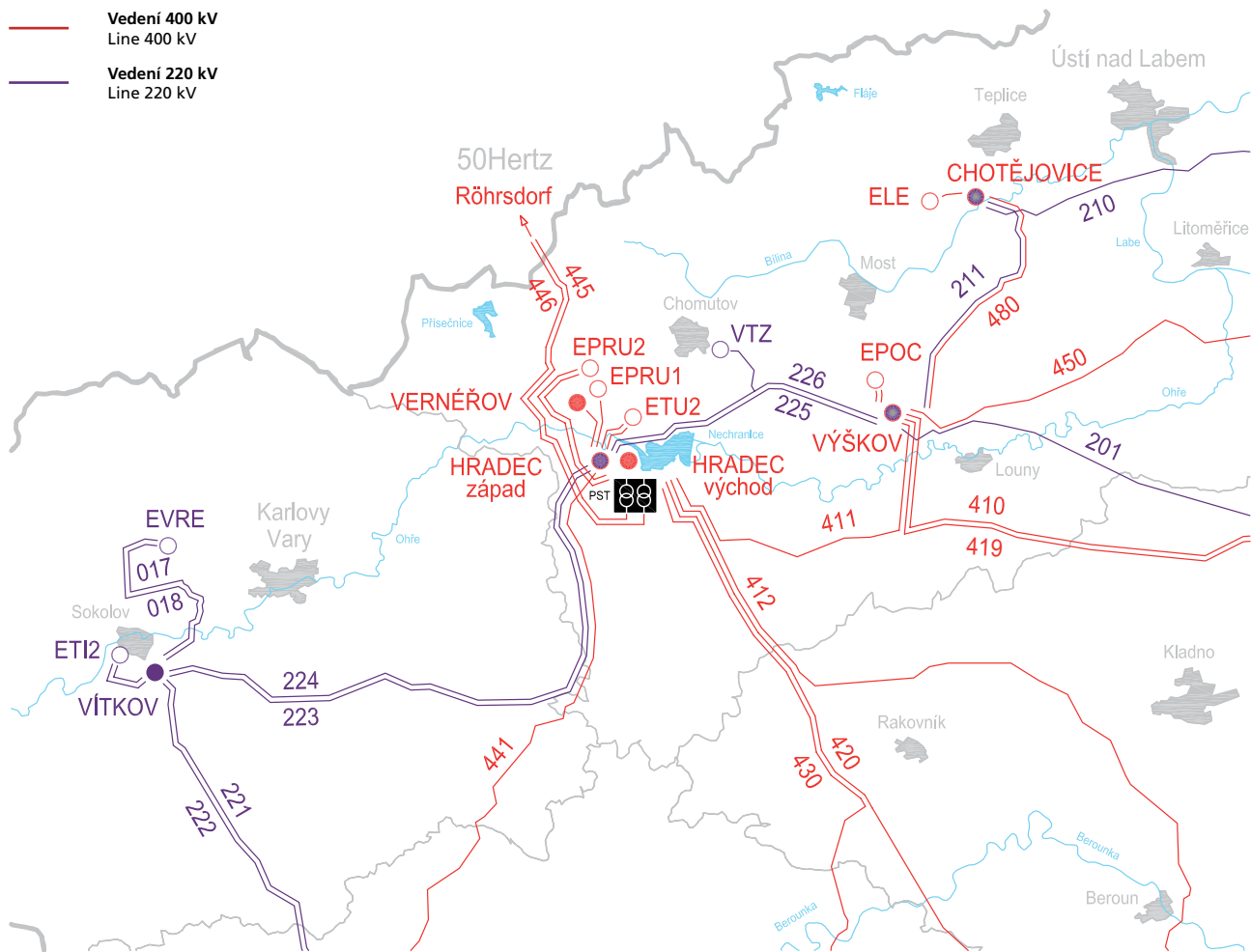
(the shunt winding of the series unit is powered by the phase to phase voltage of the other two phases)



o jednotkovém výkonu 850 MVA. Přeshraniční profil do Německa tvoří dvě vedení 400 kV, která obě jsou vybavena PST transformátory. Celkem jsou instalovány 2x2 paralelní PST transformátory po 850 MVA, tj. 8 transformátorů (4 sériové a 4 budicí).

was chosen, each of which has a unit output of 850 MVA. The interconnector to Germany comprises two 400 kV lines, which are both equipped with PSTs. In all, 2x2 parallel PSTs each with an output of 850 MVA have been installed, i.e. 8 transformers (4 series and 4 shunt units).

Schematické umístění PST transformátorů na přeshraničním profilu ČEPS – 50Hertz
The schematic location of the PSTs on the ČEPS – 50Hertz interconnector

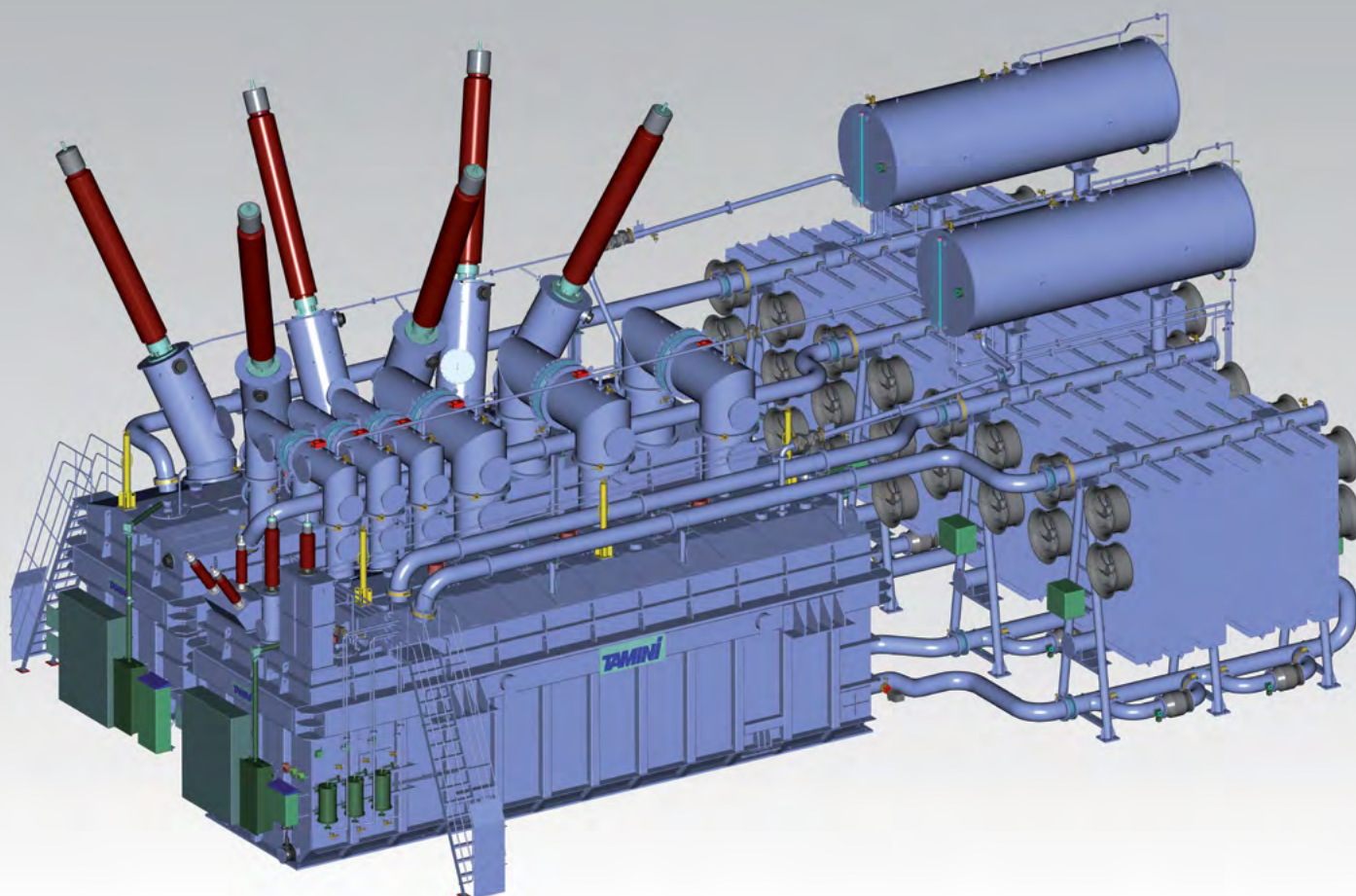


Model PST transformátoru o výkonu 850 MVA

(složený ze sériové a budicí jednotky včetně nezbytného externího chlazení)

A PST model with an output of 850 MVA

(comprising series and shunt units including the necessary external cooling)



Transport PST transformátorů

Transportation of the PSTs

PST transformátory nejsou sériově vyráběná zařízení. Jedná se o zakázkovou výrobu „na míru“. Stejně tak, jako jsou unikátní samy stroje, byla komplikovaná i jejich přeprava.

Transformátory jsou vyrobené v Itálii, poblíž Milána, odkud se dopravovaly po silnici do přístavu u Benátek a následně po moři do Hamburku a odtamtud po Labi až do přístavu v Lovosicích. Následovala překládka z lodi, upevnění do rámu vyrobeného za tímto účelem a doprava na silničním podvalníku až do rozvodny Hradec u Kadaně. A to vše celkem osmkrát, tedy pro každou nádobu zvlášť. Transport jednoho stroje z výrobního závodu až do rozvodny tak trval zhruba měsíc, další minimálně tři měsíce zabrala montáž samotných transformátorů a jejich odzkoušení přímo v rozvodně.

Přepravu PST transformátorů nelze uskutečnit, pokud teplota vzduchu klesne pod $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, nebo pokud je naopak vyšší než $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. S těmito problémy jsme se během jejich transportu vyrovnávat nemuseli. Největší překážkou byla splavnost řeky Labe.

Transportní hmotnost jednoho kusu činí 300 tun (bez oleje). Právě tato váha byla v technické specifikaci uvedena jako maximální přepravní. Pokud by byly transformátory těžší, byla by přeprava jen velmi těžko proveditelná.

PSTs are not serially produced devices. It is a custom, “tailor-made” piece of equipment. The uniqueness of these machines was matched by the complicity of their transportation.

The transformers were produced in Italy, near Milan, from where they were transported by road to a port near Venice, then by sea to Hamburg and thence by the Elbe River to the port in Lovosice. This was followed by transshipment, mounting to a special custom-made frame and transportation by road on a low-loader to the Hradec substation. This was repeated eight times, separately for each container. Delivery of one device from the factory to the substation lasted about a month, with its installation and testing directly at the substation taking at least another three months.

The PST transformers cannot be transported when the air temperature falls below $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ or rises above $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. However, this was never an issue during transport. The biggest obstacle was the navigability of the river Elbe.

The shipping weight of one container is 300 tons (without oil). This weight was listed as maximum shipping weight in the technical specifications. If the transformers were heavier, it would be very difficult to transport them.

-  **Silniční přeprava**
Road transportation
-  **Říční přeprava**
River transportation
-  **Námořní přeprava**
Maritime transportation



Přeprava PST transformátorů z přístavu v Lovosicích do rozvodny Hradec u Kadaně Transportation of the PSTs from the Lovosice port to the Hradec substation



◀ 1)

Transformátor byl vodní cestou dopraven do přístavu Lovosice.
The transformer was transported to the Lovosice port by water.

2) ▶

Transformátor z říčního člunu vyzvedly dva jeřáby o nosnosti 500 t.
From the river boat, the transformer was retrieved by two cranes with load capacity of 500 t.



◀ 3)

Pro transport PST transformátorů byl vyprojektován a vyroben speciální přepravní rám.

A special transport frame was designed and manufactured to transport the PSTs.

4) ►

Náklad s rámem byl uložen přesně podle zatěžovacího schématu na podvalník Goldhofer – 22 os.

The cargo with the frame was put on a Goldhofer low loader with 22 axles exactly according to the loading scheme.



5) ▲

Transport každého nákladu byl zahájen vždy v časných ranních hodinách.
The shipping of each cargo was started in the early morning.

6) ▲

Pro přepravu bylo nutné stavebně upravit dva kruhové objezdy.
Two roundabouts had to be rebuilt due to the transport.



8) ▲

Průjezd soupravy křižovatkou je vždy náročný na přesnou práci osádek.
Driving through interchanges always requires precision.

◀ 7)

Jedním z problematických míst na trase byl přезд hráze Nechranické přehrady, kde parametry a technický stav mostu nevyhovovaly celkové zátěži, a proto bylo na most umístěno ocelové mostní provizorium, které umožnilo bezpečný přезд mostu a hráze.

One of the problematic spots on the route was the crossing of the Nechranice water dam, where the parameters and the technical condition of the bridge were not sufficient for the overall load, therefore a temporary steel structure was placed on the bridge in order to allow for safe crossing of the bridge and dam.



9) ▲

Při průjezdu rozvodnou muselo být vypnuté podjížděné silové vedení.
When passing under the substation's power line, that had to be shut down.



Soupravu tvořily 3 tahače a podvalník Goldhofer. Celková délka soupravy byla 58,75 m a celková hmotnost 483,3 t. Maximální šířka 4,90 m a výška 5,68 m, maximální nápravový tlak 18,78 t na osu.

The transportation unit consisted of 3 trucks and a Goldhofer low-loader. The total length of the unit was 58.75 m and the total weight was 483.3 t. Its maximum width was 4.90 m, height 5.68 m, maximum axle pressure 18.78 t per axle.

◀ 10)

Příjezd soupravy na staveniště.

The arrival in the construction site.

▼ 11)

Transformátor byl z podvalníku přenesen na dva příčné nosníky vybavené zařízením na vodorovný přesun nákladu.

From the low-loader, the transformer was moved to two beams equipped with horizontal cargo movers.



◀ 12)

Transformátory jsou na svém místě.

Transformers are now in place.

Technické parametry PST transformátorů v rozvodně Hradec u Kadaně

VÝROBCE	TAMINI TRASFORMATORI
Počet PST transformátorů na vedení	2 paralelně spojené PST transformátory
Jmenovitý průchozí výkon vedení (2 PST transformátory)	2 x 850 MVA
Provedení PST transformátorů	2 nádoby: sériová + budicí jednotka
Jmenovité napětí PST transformátorů	420 kV
Typ regulace	Symetrická
Počet odboček regulace úhlu	+/- 32
Rozsah regulace fázového úhlu	+/- 30°
Rozměry kompletního PST transformátoru	22 950 x 14 435 x 9 951 mm
Hmotnost budicí jednotky	430 t
Převážná hmotnost budicí jednotky (bez oleje)	300 t
Hmotnost sériové jednotky	445 t
Převážná hmotnost sériové jednotky (bez oleje)	300 t

Technical specifications of phase-shifting transformers at the Hradec substation near Kadaň

MANUFACTURER	TAMINI TRASFORMATORI
Number of PSTs per power line	2 PSTs connected in parallel
Rated transmission flow of the power line (2 PSTs)	2 x 850 MVA
PST design	2 containers: serial + shunt unit
Rated voltage of the PSTs	420 kV
Regulation type	Symmetrical
The number of angle regulation steps	+/- 32
Phase angle regulation range	+/- 30°
Overall dimensions of the PST	22,950 x 14,435 x 9,951 mm
Shunt unit weight	430 t
Shunt unit transportation weight (without oil)	300 t
Series unit weight	445 t
Series unit transportation weight (without oil)	300 t

Stavba PST transformátorů v datech

Timeline of the PSTs construction

2012

- Nezávislé výpočtové studie ověřující vliv nasazení PST transformátorů na mezistátním profilu ČEPS – 50Hertz, stanovení doporučených parametrů PST transformátorů
- Územně technická studie řešící umístění PST transformátorů, potřebné pozemky a způsob dopravy

2013

- Technická specifikace PST transformátorů, první stupeň předprojektové přípravy investiční akce
- Výkup pozemků potřebných pro umístění PST transformátorů
- Zahájení výběrového řízení na nákup samotných PST transformátorů

2014

- Výběr dodavatele PST transformátorů
- Zahájení prací na projektové dokumentaci akce
- Zahájení výběrového řízení na realizaci stavby

2015

- Výběr zhotovitele stavby

04/2015

- Zahájení realizace stavby

2015 – 2017

- Plánovaná výstavba nové části rozvodny, dodání PST transformátorů

01 – 07/2017

- Zkušební provoz a uvedení PST transformátorů do provozu

2012

- Independent calculation studies verifying the impact of the PSTs deployment on the ČEPS – 50Hertz interconnector, determination of recommended PST specifications
- Land-use technical study addressing the location of the PSTs, the necessary land requirements and transportation method

2013

- Technical specifications of the PSTs, the first stage of the investment project preparation
- Purchase of land necessary for the PSTs
- Launch of the tender for the purchase of PSTs

2014

- Decision on the PST supplier choice
- Commencement of work on the project documentation
- Launch of the tender for the construction

2015

- Decision on the building contractor choice

2015/04

- Start of construction

2015 – 2017

- Planned construction of a new section of substation, delivery of the transformers

2017/01 – 07

- Test operation and commissioning of the PSTs



Realizace výstavby PST transformátorů v rozvodně Hradec u Kadaně

Construction of phase-shifting transformers at the Hradec substation near Kadaň

Realizace výstavby PST transformátorů nepředstavovala pouze zakoupení samotných strojů, ale také podstatné rozšíření stávající rozvodny Hradec u Kadaně. V souvislosti s PST transformátory bylo nutné upravit stávající vývodová pole vedení V445 a V446 a pro připojení PST transformátorů vybudovat nová pole rozvodny umístěná mimo stávající areál rozvodny na nově vykoupěných pozemcích. Stavba stanovišť PST transformátorů, přírodních a vývodových polí proběhla na zelené louce v sousedství rozvodny. Pro umístění jednotlivých souprav PST transformátorů byla vybudována 4 stanoviště transformátorů. Stanoviště jsou umístěna všechna vedle sebe a zahrnují protihluková opatření.

Celkové investiční náklady realizace výstavby PST transformátorů v rozvodně Hradec u Kadaně (tj. vlastní stroje, projektová příprava a samotná realizace) činily 1,588 mld. Kč.

Construction of phase-shifting transformers required not only the purchase of the devices, but also a significant expansion of the Hradec substation. It was necessary to modify the existing outgoing feeder bays of the V445 and V446 power lines due to the PSTs and to build new substation bays located outside of the original territory of the substation, on the newly purchased land, in order to connect the transformers. The construction of PST bases, incoming and outgoing feeder bays took place on a greenfield site adjacent to the substation. Four bases were built, one for each phase-shifting transformer unit. The bases are all situated next to each other and include noise-protection equipment.

The total investment costs of the construction of phase-shifting transformers at the Hradec substation (i.e. the devices, project preparation and implementation) amounted to CZK 1.588 billion.

Provoz PST transformátorů

Operation of the PSTs

Vysoké neplánované toky mezi severním Německem a jeho sousedními státy - Českem a Polskem - představují hrozbu pro bezpečný provoz přenosových soustav. Nápravná opatření, která pro udržení spolehlivosti musejí v takových případech jednotliví provozovatelé sítí učinit, mohou být a často také jsou vysoce nákladná. Kromě toho mají přetoky negativní vliv i na mezinárodní obchod s elektřinou. Z bezpečnostního hlediska je totiž nutné vyčlenit část přeshraničních přenosových kapacit právě pro případ neplánovaných toků. Provozem PST transformátorů je možné uvolnění kapacity využít pro realizaci obchodů s elektřinou.

Primárním cílem instalace a provozu PST transformátorů v Hradci je zajistit bezpečný provoz přenosové soustavy České republiky. Nastavení regulačních parametrů PST transformátorů bude koordinováno se zahraničními partnery tak, aby byla zajištěna spolehlivost provozu elektrizačních soustav v celém regionu střední Evropy. Koordinace je prováděna s využitím regionálního centra TSCNET, společnosti 13 evropských provozovatelů přenosových sítí.

Koordinované provozování našich PST transformátorů s obdobnými na německo-polské hranici pomáhá stabilizovat a vymezit tranzitní toky. Cílem není zabránit tomu, aby elektřina proudila. Platí, že společnost ČEPS přenáší maximální množství elektřiny, ale bezpečně, bez ohrožení spolehlivosti dodávek elektřiny v České republice. A to právě tento speciální typ transformátoru umožňuje.

High unscheduled flows between northern Germany and its neighboring countries – Czech Republic and Poland – are a threat to the safe operation of transmission systems. Remedial measures for maintaining reliability that the individual grid operators must take are often very expensive. In addition, the unplanned flows also affect the international electricity trade. From a security standpoint, it is necessary to allocate part of the cross-border transmission capacities specifically for the unscheduled flows. The operation of the PSTs thus enables to utilize the released capacities for the realization of electricity trades.

The primary objective of the installation and operation of phase-shifting transformers in Hradec is to ensure the safe operation of the Czech transmission system. Setting up the regulatory parameters of the PSTs will be coordinated with foreign partners in order to ensure the reliability of the operation of electricity networks throughout Central Europe. The coordination is carried out through the regional center TSCNET, the association of 13 European transmission system operators.

The coordinated operation of our PSTs with similar devices operating at the Germany-Poland border helps stabilize and delimitate the transit flows. The goal is not to prevent electricity from flowing. ČEPS transfers the maximum amount of electricity, but safely, without compromising the reliability of the power supply in the Czech Republic. And this is exactly what this special type of transformer has to offer.





Elektrárenská 774/2
101 52 Praha 10
Tel.: +420 211 044 111

ceps@ceps.cz
www.ceps.cz