

PILOTNÁ INŠTALÁCIA TLMIVKY 9 MVAR S PREPÍNATEĽNÝMI ODBOČKAMI NA KOMPENZÁCIU JALOVÉHO VÝKONU

Ing. Dominik Bokšanský, Ing. Milan Danko, Ing. Peter Frák, PhD., Ing. Matúš Kolej, Ing. Robert Janke, Ing. Jozef Tomčík, Ing. Jozef Tomiš

Východoslovenská distribučná, a.s.

Zmena legislatívy súvisiacej s energetikou v Slovenskej republike zavedie pre prevádzkovateľov distribučných sústav povinnosť dodržiavať hraničné hodnoty pretokov jalového elektrického výkonu, pričom tieto hodnoty budú bližšie špecifikované v nadväzujúcej vyhláske príslušnej regulačnej autority. Deje sa tak v dôsledku aktuálnych prevádzkových stavov súvisiacich s tokom jalových výkonov ako aj strednodobých vývojových trendov v tejto oblasti. Je zrejme nevyhnutnosť prijatia opatrení na stabilizáciu pretokov jalovej elektriny z distribučných do prenosových sústav. Vo všeobecnosti je vo vzájomných odborných diskusiách prevádzkovateľov príslušných stupňov elektrizačnej sústavy oprávnené označený súčasný stav za kritický a bez realizácie príslušných krokov za neudržateľný. A to z dôvodov potenciálnych dopadov na bezpečnosť a spoľahlivosť prevádzky, nateraz predovšetkým prenosovej sústavy. Dodávka jalového výkonu, spôsobená zmenou charakteru zariadení distribučnej sústavy a taktiež jej užívateľov, prispieva k stavom nadpätia v niektorých z uzlov sústavy. Potenciálne opatrenia na zamedzenie týchto nevyhovujúcich stavov spočívajú v realizácii kompenzačných prostriedkov (tlmiviek), alebo v zabezpečení tzv. nefrekvenčných podporných služieb. V tejto súvislosti prevádzkovatelia sústav realizujú viacero pilotných projektov s cieľom získať praktické skúsenosti v oblasti kompenzácie jalového elektrického výkonu a overiť predpokladané zníženie trendu nárastu pretokov jalového výkonu v rozhraniach prenosovej a distribučnej sústavy. V tomto príspevku popísané riešenie predstavuje jeden z možných prístupov, pričom tlmivka s prepínateľnými odbočkami bola inštalovaná v elektrickej stanici 110/22 kV Košice Juh na napäťovej úrovni 22 kV. Pripojenie kompenzačnej tlmivky do VN sekcie bolo navrhnuté z dôvodu narastajúceho toku jalového výkonu z mestskej káblovej sústavy, čím takto zvoleným miestom inštalácie sa umožní ovplyvňovať nielen miestne, ale aj celkové hodnoty jalového výkonu. Kompenzačná tlmivka s inštalovaným výkonom 9 MVar so stupňovou reguláciou výkonu s prepínačom odbočiek je tu popísaná z pohľadu celkového návrhu, koncepcie globálneho a lokálneho riadenia a technologických riešení.

1. POZNATKY O AKTUÁLNYCH TOKOCH JALOVÉHO VÝKONU V ELEKTRIZAČNEJ SÚSTAVE A VÝVOJOVÁ PREDIKCIA

Prevádzkovateľ prenosovej sústavy (PPS) v rámci odbornej diskusie s prevádzkovateľmi distribučných sústav (PDS), v súvislosti s riešením pretokov jalovej elektriny z distribučných sústav do prenosovej sústavy, považuje súčasný stav za kritický a neudržateľný. Dodávka jalového výkonu spôsobuje problémy s riadením napätia a PPS má a zrejme aj v budúcnosti bude mať obmedzené prostriedky na reguláciu napätia, čo vedie k niektorým hraničným prevádzkovým opatreniam napr. aj k nevyhnutnosti vypínania vedení prenosovej sústavy.

Legislatívny rámec Slovenska aktuálne zavádza pre PDS komplexný rámec povinností spočívajúci v zabezpečení Úradom pre reguláciu sieťových odvetví (ďalej ako „Úrad“) určených objemov kompenzačných prostriedkov alebo nefrekvenčných podporných služieb, a dodržiavaní Úradom určených hraničných hodnôt pretokov jalového elektrického výkonu na časť vymedzeného územia, a to kumulovane pre všetky miesta pripojenia daného PDS k PPS. V tejto súvislosti sú realizované pilotné projekty s cieľom získať praktické skúsenosti v oblasti kompenzácie jalového výkonu a aktívneho riadenia trendu nárastu pretokov z DS do PS.

Tu sú uvedené vybrané priebehy jalového výkonu (ďalej ako „Q“) v spoločnosti Východoslovenská distribučná, a.s. (ďalej ako „VSD“) v rozhraní PS/DS jednak počas roka 2022 (Obrázok 1) a priebeh Q počas vybraného dňa (Obrázok 2), v ktorého ranných hodinách bol zaznamenaný najvyšší pretok Q z DS do PS. Z ročného

priebehu Q je zrejmé, že hodnoty maxima a minima sa počas roka zásadne nemenia a to zrejme vzhľadom na nízku sezónnosť výkonovo náročných odberov prípadne výroby (prietočné elektrárne, ...) v rámci PDS.



Obrázok 1 Ročný priebeh jalového výkonu na rozhraniach PS/DS

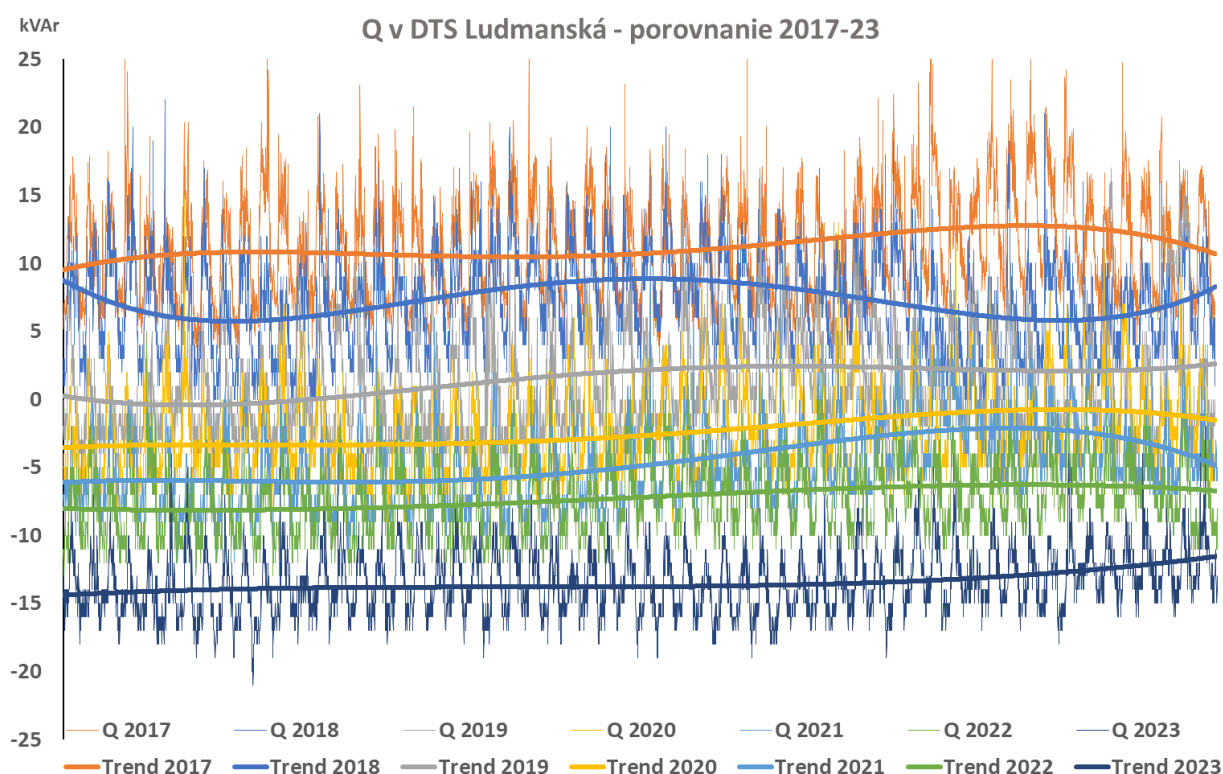
Volatilita priebehu Q v čase je však zrejماً z denného priebehu Q . Okrem priamej závislosti priebehu Q na priebehu P , sú badateľné určité špecifiká.



Obrázok 2 Hraničné stavy dodávky a odberu Q v DS počas vybraného dňa

Najmenšia dodávka Q z DS do PS nastáva práve v čase maxima zaťaženia sústavy v doobedňajších, resp. poludňajších hodinách, kedy charakter odberu určujú priemyselné a komerčné odbery. Naopak v poobedňajších a večerných hodinách, kedy nastáva druhý denný nárast zaťaženia, ale už v dôsledku odberu v domácnostiach, sa hodnota Q mení len nepatrne a dá sa konštatovať, že lineárne klesá.

Ďalším zaujímavým aspektom pri riešení témy Q je taktiež badateľná zmena charakteristík spotreby a dodávky užívateľov pripojených v NN sieťach. Na obrázku 3 je uvedená zmena Q v konkrétnej distribučnej transformáčnej stanici 22/0,4 kV, ktorá sa nachádza v širšom centre mesta Košice a ktorá napájajúca predovšetkým odbery v domácnostiach. Počas časového rozmedzia rokov 2017 – 2023 je z Obrázka 3 badateľné, že dochádza nielen k poklesu hodnoty Q , ale dokonca nastáva stav, kedy sa tok Q presúva z tzv. induktívneho charakteru (odber Q) do tzv. kapacitného charakteru (dodávka Q), čo v konečnom dôsledku vplyva na zvýšenie miery pretokov s vážnymi dôsledkami na elektrizačnú sústavu.



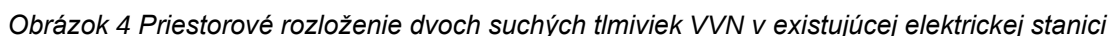
Obrázok 3 Zmena charakteru toku Q v jednej z mestských DTS

Činnosť prevádzkovateľa VSD vplyvajúca na nárast tokov Q do PS je spojená predovšetkým s rozvojom sústavy a to prírastkom nadzemných VVN vedení a podzemných VN vedení, pričom tieto aktivity súvisiace s plnením zákazníckych alebo legislatívnych požiadaviek tvoria približne 40 % medziročného nárastu Q . Naopak zostávajúcich 60 % nárastu je spôsobených na strane užívateľov sústavy. Dôvodom je zásadná technologická zmena zariadení užívateľov sústavy, ktoré obsahujú stále väčšie množstvo prvkov s kapacitným charakterom odberu (polovodiče, procesory, LED osvetlenie, apod.).

2. RIEŠENIA ELIMINÁCIE TOKOV JALOVÉHO VÝKONU V DS

2.1. APLIKÁCIA KOMPENZAČNÝCH ZARIADENÍ NA ÚROVNI VVN

Medzi základné možnosti kompenzácie jalovej energie kapacitného charakteru na napäťovej hladine VVN patria olejové a suché tlmivky s príslušnými vlastnosťami. Pridanou hodnotou riešenia kompenzácie na napäťovej hladine VVN je kompenzácia veľkých výkonov na jednom mieste.



© 4

prostredníctvom dodávky jalového výkonu induktívneho alebo kapacitného charakteru. V priemyselných inštaláciách sa toto zariadenie zvyčajne používa na kompenzáciu tzv. účinníka ($\cos \varphi$), pričom jeho štandardný regulačný rozsah $\cos \varphi$ je 0,1 kapacitný až 0,1 induktívny. Vo VSD sme zvolili režim automatického udržiavania želananej hodnoty toku Q cez transformátory VN/NN. Touto želanou hodnotou je v tomto prípade hodnota Q na úrovni 1 kVAr induktívneho odberu. Výhodou riešenia je vysoká účinnosť, možnosť spojitnej regulácie a riadenie na diaľku. Nevýhodou je pomerne nízky inštalovateľný výkon v pomere k cene riešenia a možnosť inštalácie len do pôvodných murovaných TS s dostatočnou priestorovou rezervou.



Obrázok 5 Pilotný projekt: inštalácia aktívneho kompenzátora v murovanej TS 22/0,4 kV

2.4. POŽIADAVKY NA UŽÍVATEĽOV SÚSTAVY

Požiadavky na užívateľov sústavy definuje celý súbor dokumentov obchodného, alebo technického charakteru, predovšetkým Technické podmienky prevádzkovateľa DS (ďalej ako „TP PDS“), Prevádzkový poriadok, Cenník distribúcie.

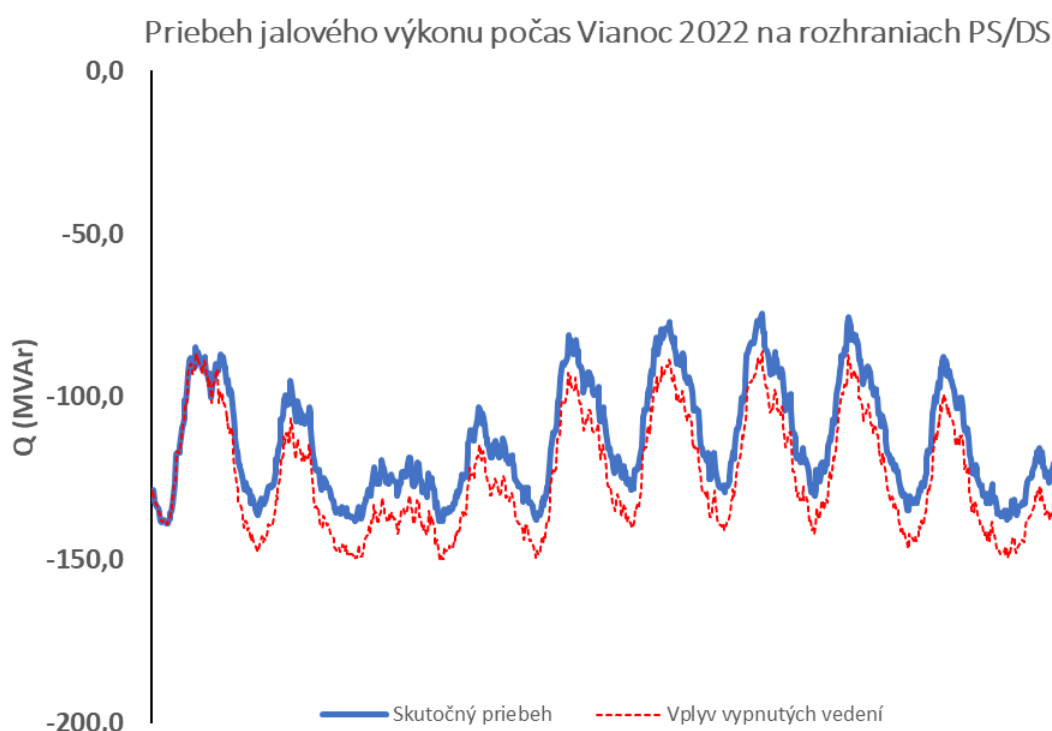
V prípade odberov už dlhodobo platia požiadavky dodržať dané hodnoty účinníka a nie je dovolená dodávka Q do sústavy, s výnimkou skupiny tzv. zraniteľných odberateľov elektriny, ktorú tvoria domácnosti a odbery s maximálnou rezervovanou kapacitou do 30 kW. U tejto skupiny odberateľov štandardne obchodné požiadavky zamedzujúce dodávke Q nie sú aplikované, resp. PDS má právo vyhodnocovať tieto obchodné požiadavky len v prípade ak by mohli negatívne ovplyvňovať kvalitu, spoľahlivosť a bezpečnosť distribúcie elektriny. Zavedenie aktívnych technických prvkov kompenzujúcich tok Q u tejto skupiny užívateľov by bolo zrejme veľmi náročné – predovšetkým vzhľadom na to, že partnerom PDS je v tomto prípade zväčša laická verejnosť a opatrenia by znamenali pre užívateľov relatívne vysoké merné náklady.

V zmysle platných pravidiel v zmluvne dohodnutých prípadoch pripúšťa VSD aj možnosť odoberať elektrinu pri účinníku s inými hodnotami, resp. s definovaním maximálnej povolenej hodnoty Q . To je možné využiť predovšetkým v prípadoch vybraných VVN užívateľov, u ktorých vzhľadom na technické parametre sústavy v mieste pripojenia, je možné odoberať aj vyšší Q . Aktualizáciou Cenníka distribúcie elektriny v roku 2020 bolo v prípade VN užívateľov sústavy upustené od požiadavky kompenzovať jalové prúdy transformátorov naprázdno a to až do výkonu transformátorov 400 kVA vrátane. Zároveň povinnosť takej kompenzácie u transformátorov s vyšším výkonom je vzťahovaná len na transformátory s rokom výroby starším ako 1994 (pravdepodobne sa v týchto prípadoch jedná o neorientované transformátorové plechy), navyše boli požadované výkony kompenzačných kondenzátorov výrazne znížené.

V prípade nových decentralizovaných zdrojov už od apríla 2019, v zmysle aktualizovaných TP PDS, platí požiadavka na prevádzku v tzv. podbudenom režime, t.j. v režime zdroja s dodávkou činného výkonu P a s odberom jalového výkonu Q , čo má eliminovať práve zvýšenie napätia, ktoré uvedený zdroj lokálne spôsobuje. Tzv. zdroje typu C a D (teda zdroje nad 5 MW vrátane) musia byť navyše schopné pracovať v režime odberu Q až do pomeru 0,35 až 0,4 z hodnoty P_{max} .

2.5. FLEXIBILNÁ ZMENA ZÁKLADNÉHO ZAPOJENIA SÚSTAVY

Krajným a len krátkodobým riešením v distribučnej sústave, podobne ako v prenosovej sústave, je zmena zapojenia sústavy takým spôsobom, že časť VVN vedení sa obojstranne vypne a tie tak v bežnom stave neprispievajú k pretokom Q . V prípade tohto opatrenia musí byť vždy splnené kritérium N-1, t.j. výpadok žiadneho z naďalej prevádzkovaných vedení nesmie viesť počas tohto obmedzeného časového obdobia k prerušeniu distribúcie elektriny. Tieto opatrenia sa aplikujú len počas hraničných stavov v elektrizačnej sústave SR, t.j. počas obdobia Vianoc a Veľkej noci a VSD ich plánuje realizovať najvyššie do doby zriadenia potrebných kompenzačných zariadení VVN (kap. č. 2.1). Rozsah pretokov Q , ktorý je týmito opatreniami možné znížiť výrazne závisí od rozsahu plánovaných investičných, alebo údržbových činností v sústave. Spravidla je ale možné hodnotu pretoku Q v dôsledku vypnutia VVN vedení znížiť v relatívne významnom rozsahu 9 až 14 MVar za celú distribučnú sústavu VSD.



Obrázok 6 Pohľad na vývoj Q pri zmene zapojenia VVN vedení počas sviatkov

3. REGULOVATEĽNÁ KOMPENZAČNÁ TLMIVKA JALOVÉHO VÝKONU V DISTRIBUČNEJ SÚSTAVE

3.1. TECHNICKÁ ŠPECIFIKÁCIA TLMIVKY

V technickej špecifikácii boli zvolené nasledujúce požiadavky:

Menovité napätie U_r	22 kV
Maximálne napätie U_{max}	24 kV
Menovité striedavé výdržné napätie	50 kV
Menovité výdržné napätie pri atmosférickom impulze	125 kV
Menovitý výkon S_n	min. 9 000 kVar
Celkové činné straty P_{tot} pri referenčnej teplote 75 °C	max. 60 kW (straty sú uvedené ako maximálne, bez dovolených plusových tolerancií) pričom výrobca deklaruje straty maximálne 39 kW
Celkový činný odpor tlmivky	max. 0,36Ω

Tlmivka je prevedená ako regulovateľná minimálne v rozsahu od 30 % výkonu do 100 % výkonu S_n (s krokom max. 3 000 kVar) čo pri inštalovanej tlmivke zodpovedá siedmim odbočkám a výkonom podľa tabuľky č.1 uvedenej v kapitole 4.1.

Prepínanie odbočiek je realizované prepínačom odbočiek VACUTAP VV III od spoločnosti MR Reinhausen.

Ak izolačný olej bol z viacerých prípustných možností zvolený typ Shell Diala S4 ZX-I.

Rozmery tlmivky a hmotnosť boli definované ako maximálne možné (v zátvorke je uvedený dodaný rozmer):

- šírka: max. 4500 mm (4500 mm),
- dĺžka: max. 3500 mm (2650 mm),
- výška: max. 4000 mm (3400 mm),
- hmotnosť: max. 35 t (32,4 t).

Chladienie typ

ONAN

Zapojenie

YN, vinutie medené

Priechodky:

konektorové od Pfisterer typ MV-Connex Quadruple Contact 4xGr.3, 36kV/3150A.

Ďalšími súčastami dodávky sú: dvojkomorový konzervátor, ukazovateľ hladiny oleja, bezúdržbový vysúšač vzduchu, multifunkčný teplomer, tepelný snímač, Buchholtzové relé, ochranné relé, poistný pretlakový ventil, mechanický guľový ventil, ovládacia skriňa, ventil pre napúšťanie a vypúšťanie oleja, rebrík.

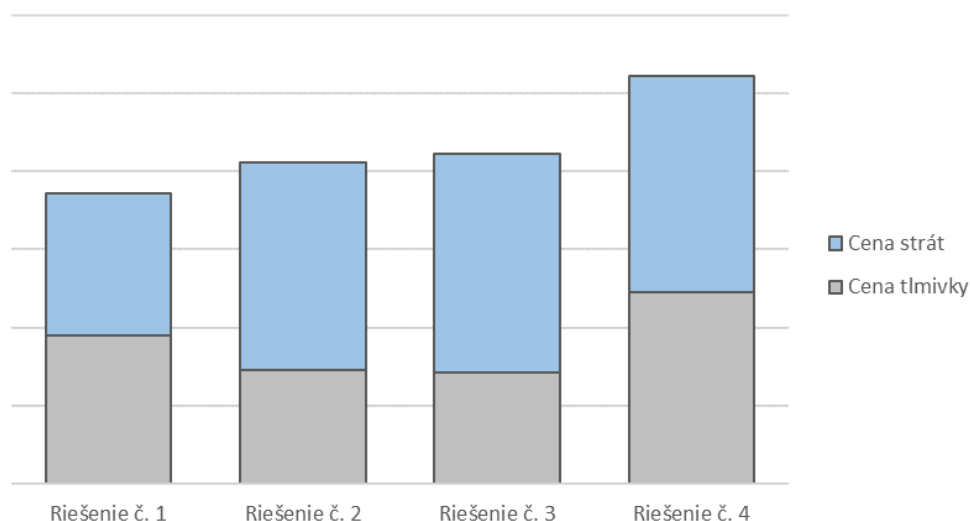
Typové skúšky pre tlmivku boli požadované podľa príslušných smerníc.

3.2. ASPEKT STRÁT TLMIVKY

Vzhľadom na nezanedbateľné straty pri tlmivke a ich cenu a náklady, ktoré generujú pri prevádzke je nutné uvažovať pri určení vhodného riešenia aj toto kritérium. Vzorový výpočet nákladov na tlmivku uvažujúc jednak jej dodanie a hodnotu technických strát spôsobených jej prevádzkou:

$$\text{Celková cena (€)} = \text{cena za tlmivku (€)} + \text{straty tlmivky (kW)} \times 8760 \text{ (hod)} \times 20 \text{ (rok)} \times \text{cena strát (€/kWh)}$$

Cena elektriny na účely pokrytia strát pri distribúcii elektriny a nákladov na odchýlku v eurách na jednotku množstva elektriny na rok 2021 keď prebiehal výber tlmivky bola 53,4783 €/MWh. Ako sa ukázalo pri simuláciách, výška strát je zásadným kritériom pre určenie výhodného riešenia. Uvedené tvrdenie je platné aj v prípade zásadne kolísavých cien elektriny ako komodity.



Obrázok 7 Porovnanie poradia uchádzačov vzhľadom na cenu strát a tlmivky

4. INŠTALÁCIA A PREVÁDZKOVÉ REŽIMY TLMIVKY

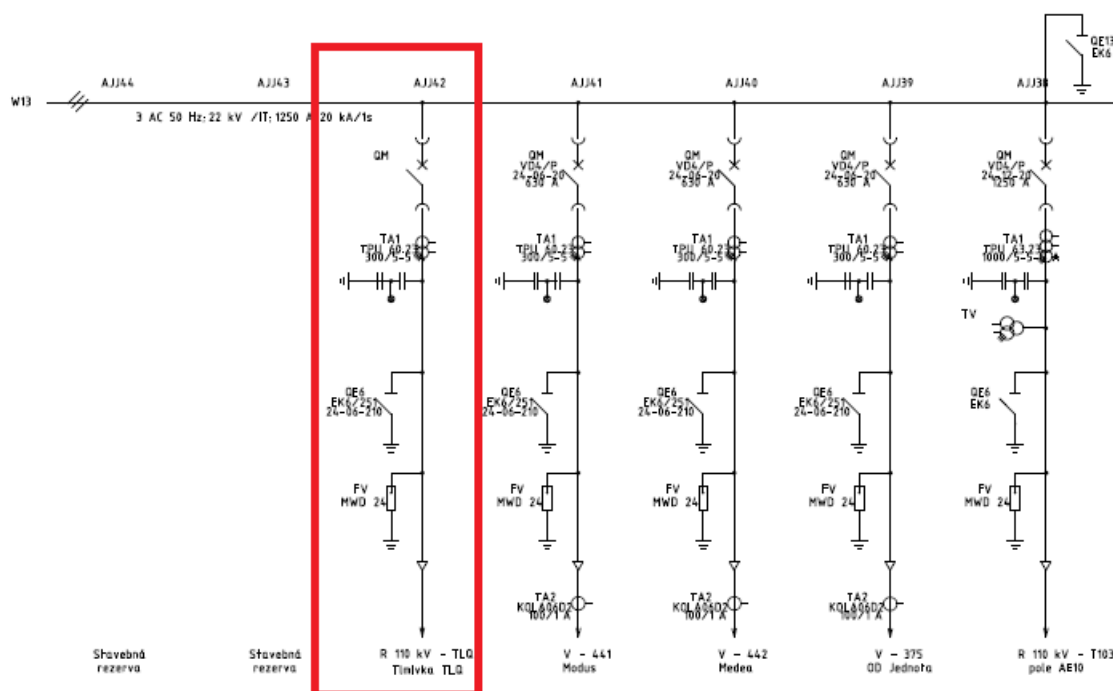


Obrázok 8 Pohľad na rozvodňu R110 kV



Obrázok 9 Pohľad na inštalovanú tlmivku

Voľba umiestnenia pilotných projektov kompenzačných zariadení VN a NN je vo VSD určená primárne v mestskej sieti. Ide o miesta s vysokou hustotou podzemných VN vedení a odberateľov NN. Oba faktory v súčasnosti zásadne ovplyvňujú lokálnu bilanciu Q . Inštalácia kompenzačného zariadenia v elektrickej stanici 110/22kV Košice Juh pripojeného do R22 kV predstavuje pilotný projekt. Pripojenie kompenzačnej tlmivky do sekcie W13 Juh bolo navrhnuté z dôvodu narastajúceho toku jalového výkonu v smere do 110 kV. Priebeh Q za roky 2018-2020 uvádza maximálnu hodnotu dosiahnutú 17.5.2020 vo výške 4,84 MVar v smere dodávka z 22 kV do 110 kV (záporné hodnoty). Priemerná hodnota Q za rok 2020 bola 3,38 MVar tiež v smere do 110kV, smer do 22 kV už v rokoch 2019-2020 nenastal vôbec a odvtedy tento jav trvá. Z analýzy je zrejmé, že tok jalového výkonu každoročne narastá v smere do 110kV.



Obrázok 10 Zapojenie tlmivky do VN rozvádzača (časť jedнопólovej schémy)

4.1. INŠTALÁCIA REGULOVATEĽNEJ TLMIVKY

Jednotlivým odbočkám prepínača prislúchajú výkonové stupne tlmivky podľa tabuľky:

	Výkon	Prúd	Reaktancia	Indukčnosť
Odbočka	(MVar)	(A)	(Ω) *	(mH) *
7	9	236,2	53,8	171
6	7,2	189,0	67,2	214
5	5,9	154,8	82,0	261
4	4,7	123,3	103,0	328
3	3,85	101,0	125,7	400
2	3,1	81,4	156,1	497
1	2,5	65,6	193,6	616

Tabuľka 1 Výkonové stupne tlmivky s uvedením technických parametrov

Elektrická stanica slúži na transformáciu napätia 110 kV na 22 kV a zabezpečuje potrebným výkonom mesto Košice a jeho okolie. Distribúcia na úrovni 110 kV slúži pre vlastnú transformáciu a ako ťažisková stanica aj na napájanie susediacich staníc. Rozvodňa 110 kV je dimenzovaná na skratový prúd 20kA/0,6s, má spolu 14 polí. Transformáciu napätia 110/22 kV zabezpečujú tri transformátory s inštalovaným výkonom 1 ks 25 MVA a 2 ks 40 MVA.

Rozvodňa 22 kV je tvorená skriňovým rozvádzačom typu UniGear ZS1 (výrobca ABB) s jedným systémom prípojnic s nominálnym prúdom 1250A. Rozvodňa je dimenzovaná na skratový prúd 20 kA/1s. Rozvádzač má spolu 40 polí, je umiestnený v dvoch radoch a je rozdelený na tri sekcie (W11, W12, W13) spojené pozdĺžnym spínačmi prípojnic.

Sekcie W11 a W13 sú v normálnej prevádzke s vypnutým spínačom prípojnic. V sekcii W11 sú pripojené vzdušné VN vedenia a je napájaná transformátorom T101, ktorý má uzol uzemnený cez zhášaciu tlmivku. V sekcii W13 sú pripojené podzemné káblové vedenia a je napájaná transformátorom T103, ktorý má uzol uzemnený cez uzlový odporník. Do sekcie W12 je pripojený transformátor T102, ktorý slúži ako záloha a môže napájať buď sekciu W11 alebo W13. Kompenzačná tlmivka so stupňovou reguláciou výkonu je pripojená do sekcie W13 káblovým vedením. Vinutia tlmivky v zapojení Y s izolovaným uzlom. Tlmivka je umiestnená na novom stanovisku v priestore R110kV.

4.2. PREVÁDZKOVÉ REŽIMY

Inštalovaná tlmivka pracuje v režimoch, ktorých popisy sú nasledovné:

- Režim 1: manuálny

Regulácia tlmivky na základe povelov dispečera podľa požiadaviek PS, tzn. nastavenie zvolenej odbočky tlmivky. Režim je používaný napr. pri zapínaní tlmivky TLQ k sieti alebo pri plánovanom zregulovaní TLQ na maximálny výkon.

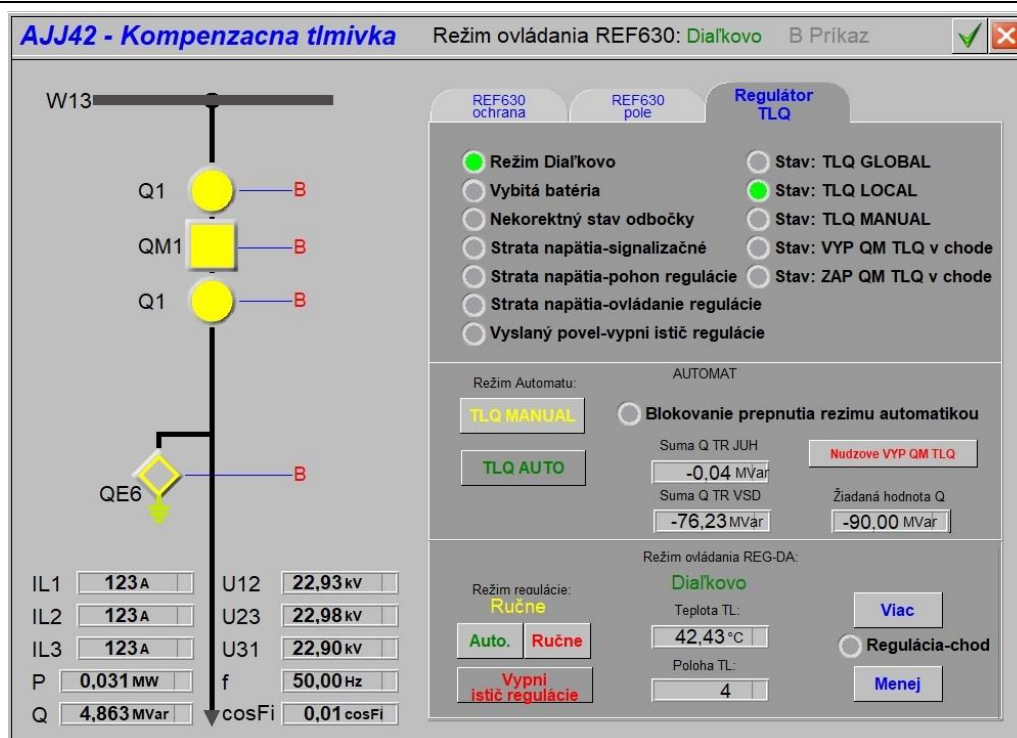
- Režim 2: automat (GLOBAL)

Automatická regulácia tlmivky podľa nastaveného kritéria globálnej hodnoty Q. Kontinuálne sa sleduje celkový tok Q, resp. export Q z DS (cez transformátory PS/DS) do prenosovej sústavy a to na celom vymedzenom území distribučnej sústavy VSD. Ak dôjde k prekročeniu exportu Q do PS nad stanovenú hranicu globálnej hodnoty Q, tak sa aktivuje tento režim. V režime GLOBAL sa tlmivka automaticky reguluje na maximálny výkon = na odbočku 7. V prípade, ak celkový tok Q (export do prenosovej sústavy) je nižší, ako nastavená globálna hodnota Q, aktivuje sa režim LOCAL. Pre vyhodnocovanie celkového toku Q export do prenosovej sústavy sa využívajú dáta z analyzátorov kvality inštalovaných na všetkých transformátoroch 400/110kV resp. 220/110kV integrálnym kritériom prepočítavané na 15 minút.

- Režim 3: automat (LOCAL)

V režime LOCAL je tlmivka automaticky regulovaná na odbočku tak, aby bol kompenzovaný výkon Q na prípojnici W13 rozvodne 22 kV na elektrickej stanici. Tlmivka prepne takú odbočku (charakter výkonu je induktívny) aby sa rovnala výkonovo toku Q z VN sústavy do T10x VVN/VN, ktorý má charakter kapacitný. Pre reguláciu odbočiek pre kompenzáciu Q na prípojnici W13 sa využívajú dáta z analyzátorov kvality inštalovaných na 22kV strane transformátorov T103 a T102, ktoré môžu napájať prípojnicu W13.

V prípade výpadku transformátora T102, T103 pre W13 sa aktivuje regulované vypnutie TLQ = zregulovanie na odbočku 1 a vypnutie vypínača QM.



Obrázok Tlmivka TLQ v riadiacom systéme elektrickej stanice

4.3. PREVÁDZKOVÉ SKÚSENOSTI

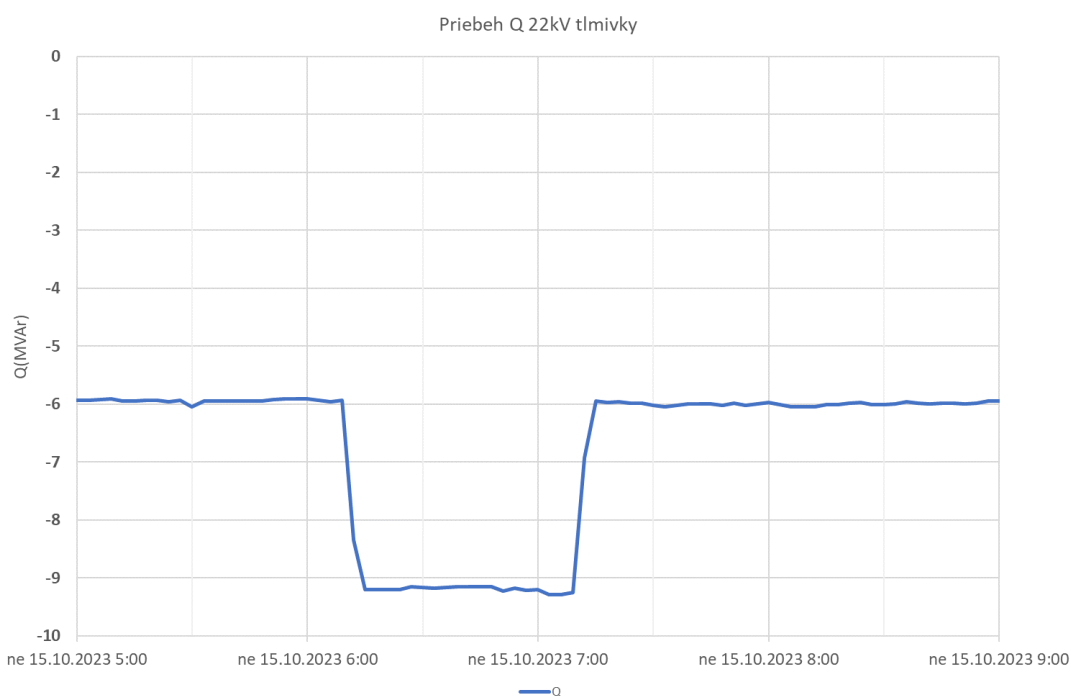
V rámci riešenia prevádzkových stavov na úrovni 22 kV boli riešené aj opatrenia pre minimalizáciu skokových zmien napätia na prípojnici W13 pri zapínaní a vypínaní tlmivky. Bolo riešené tzv. regulované zapnutie a regulované vypnutie tlmivky, čo v praxi znamená, že v prípade vyslania povelu dispečerom na vypnutie tlmivky je tlmivka najskôr zregulovaná na odbočku 1, t.j. na minimálny výkon a až potom dôjde k vypnutiu vypínača. Podobne pri zapínaní tlmivky do prevádzky po vyslaní povelu dispečerom na zapnutie je tlmivka automaticky zregulovaná na odbočku 1, potom dôjde k zapnutiu vypínača a následne je tlmivka regulovaná podľa zvoleného režimu.

Samotný algoritmus ladenia tlmivky bol upravovaný aj z dôvodu zníženia počtu regulácií tlmivky za deň, aby bola zachovaná životnosť prepínača odbočiek tlmivky a aj životnosť prepínača odbočiek transformátora T103, ktorý napája prípojnicu W13. Pri prepnutí tlmivky z režimu GLOBAL do režimu LOCAL (regulácia tlmivky z odbočky 7 na odbočku 3) dochádza k takej napäťovej zmene na prípojnici W13, že pôsobí automatika regulácie napätia na transformátore T103 a reguluje transformátor o jednu odbočku.



Obrázok 11 Tlmička v riadiacom systéme elektrickej stanice

Detailný pohľad na prechod ladenia tlmičky, resp. zmenu režimu z „LOCAL“ na „GLOBAL“ je pozorovateľný napr. na priebehu z 15.10.2023 kedy približne o 6:15 došlo k prepnutiu tlmičky na maximálnu odbočku (Obrázok 12).



Obrázok 12 Prechod tlmičky z kritéria „LOCAL“ na kritérium „GLOBAL“ dňa 15.10.2023

5. ZÁVER

Vzhľadom k narastajúcim trendom pretokov jalového výkonu z distribučných sústav do prenosových sústav dochádza k hraničným situáciám, ktoré môžu mať negatívny dopad na napäťovú stabilitu elektrizačných sústav. Samotný pretok jalového výkonu nespôsobuje kritické úrovne napätia v sústavách. Tie spôsobujú až jeho maximálne hodnoty, ku ktorým dochádza spravidla v nočných hodinách a najmä počas dní pracovného voľna a sviatkov. Je preto potrebné hľadať optimálne a adresné riešenia na elimináciu práve týchto stavov. Inštalácia kompenzačných tlmiviek meniacich impedančné charakteristiky sústavy predstavujú jedno z možných opatrení, ktoré uvedených technický problém striedavých elektrických sústav môžu vyriešiť.

Je zrejmé, že inštalácia tlmivky s regulovateľnými prepínačmi odbočiek nepredstavuje z hľadiska globálnych ukazovateľov zásadné systémové opatrenie, avšak pre zvládnutie niektorých prevádzkových stavov v elektrizačnej sústave tento prvok už v súčasnosti umožňuje dosiahnuť spoľahlivé a bezpečné prevádzkovanie elektrizačnej sústavy. Doplnením vhodného počtu ďalších kompenzačných zariadení, v kombinácii s potenciálnymi nefrekvenčnými podpornými službami je možné dosiahnuť vyhovujúce úrovne pretokov jalového výkonu z distribučných do prenosových sústav.

6. LITERATÚRA

- [1] STN EN 60076-6 (35 1100) - Výkonové transformátory. Časť 6: Tlmivky.
- [2] STN EN 60076-1 (35 1100) - Výkonové transformátory. Časť 1: Všeobecne.
- [3] Takala, S., Pikhala, A., Heine P.: Control of reactive power in electricity distribution companies, CIRED, 25th International Conference on Electricity Distribution, Madrid, 2019



Ing., Dominik, Bokšanský

Vyštudoval Katedru elektroenergetiky na Technickej univerzite v Košiciach. Od roku 2012 pracuje v spoločnosti VSD na viacerých pozíciách prevádzky distribučnej sústavy kde sa v minulosti venoval distribučným sieťam VN/NN a rozvojovým projektom spoločnosti. V súčasnosti má v zodpovednosti činnosti odboru Prevádzka VVN vedení a elektrických staníc.

E: boksansky_dominik@vsdas.sk

M: +421 918 869 866



Ing., Milan, Danko

Vyštudoval Katedru elektrotechniky, mechatroniky a priemyselného inžinierstva na Technickej univerzite v Košiciach. Je odborníkom na oblasť prevádzkovania a obnovy elektrických staníc. V súčasnosti je zodpovedný za komplexné riadenie investičného procesu VVN sietí. Súčasťou je aj riadenie tímu zameraného na komplexné funkčné skúšky vrátane výkonu odborných prehliadok a odborných skúšok elektrických staníc.

E: danko_milan@vsdas.sk

M: +421 917 288 851


Ing., Peter, Frák, PhD.

Vyštudoval Katedru elektroenergetiky Technickej univerzity v Košiciach obhájením diplomovej práce „Výpočet skratových prúdov v trojfázových sústavách“ a následným doplnením vysokoškolské štúdium III. stupňa. Od roku 2004 pracuje v spoločnosti VSD, a.s. postupne na viacerých pozíciách. V súčasnosti je riadiacim pracovníkom tímov zodpovedných za prevádzkovanie a výstavbu sietí VVN a elektrických staníc vrátane elektrických ochrán. V oblasti elektroenergetiky sa venuje najmä týmto oblastiam: rozvoj a obnova sietí, prevádzkovanie distribučnej sústavy.

E: frak_p@vsdas.sk

M: +421 915 932 281


Ing., Robert, Janke

Vyštudoval Katedru elektroenergetiky na Technickej univerzite v Košiciach. Jeho špecializáciou v rámci VSD, a.s. je oblasť riadiacej techniky. Aktuálne je vedúcim pracovníkom tímov, ktoré sú zodpovedné za informačné systémy pre dispečerské riadenie a automatizáciu distribučnej sústavy.

E: janke_robert@vsdas.sk

M: +421 905 291 230


Ing., Matúš Kolej

Od ukončenia štúdia v roku 2014 na Fakulte elektrotechniky a informatiky na TUKE v Košiciach pracuje pre spoločnosť Východoslovenská distribučná a.s. Začínal na útvare správy majetku a investícií. Aktuálne sa odborne zaoberá štandardizáciou materiálov pre distribúciu elektrickej energie, ich kontrolou a zavádzaním inovatívnych prvkov.

E: kolej_matus@vsdas.sk

M: +421 905 842 659


Ing., Jozef, Tomčík

Po absolvovaní štúdia na Fakulte elektrotechniky a informatiky na TUKE v Košiciach, sa v spoločnosti Východoslovenská distribučná, a.s. už viac než devätnásť rokov venuje témam spojeným so stratégiou obnovy a rozvoja distribučnej sústavy, matematickému modelovaniu sústavy a technickým podmienkam pripojenia užívateľov sústavy. Aktuálne je riadiacim pracovníkom útvaru Stratégie distribučnej sústavy.

E: tomcik_jozef@vsdas.sk

M: +421 907 394 196


Ing., Jozef, Tomiš

Vyštudoval Katedru elektroenergetiky na Technickej univerzite v Košiciach. Je odborníkom v oblasti primárnej aj sekundárnej technológie elektrizačnej sústavy. Po niekoľkoročnej praxi špecialistu elektrických ochrán je v súčasnosti zodpovedný za konkrétne investičné zábery v oblasti elektrických staníc vo výkone pozície technický dozor resp. projektového manažéra.

E: tomis_jozef@vsdas.sk

M: +421 918 695 856