

Jaroslav Džmura, Jaroslav Petráš, Jozef Balogh

## Meranie prepätí generovaných domácimi spotrebičmi

Tento príspevok popisuje meranie prepätí v nízkonapäťových sieťach nn, ktoré sú generované spínaním domácich spotrebičov. Popisuje realizáciu meraní spínacích prepätí vykonanú na bežných a často používaných elektrických zariadeniach a spotrebičoch v domácnosti. Porovnáva vzniknuté prepätia bez a s aplikáciou prepäťových ochrán. Dosiahnuté výsledky poukazujú na opodstatnenosť používania prepäťových ochrán v sieťach nn.

Kľúčové slová: prepätie; spínacie javy; prepäťové ochrany

### I. ÚVOD

Prepätie patrí k najvýraznejším prejavom elektromagnetickej interferencie. Prepätia sú krátkodobé napäťové impulzy, ktoré trvajú len zlomok sekundy. Dosahujú však hodnoty blízke desiatkam tisícov voltov. Je to časovo závislé zvýšenie napätia medzi jednou fázou a potenciálom zeme (fázové prepätie) alebo medzi dvoma fázami (medzifázové prepätie) nad najvyššie napätie v sieti. Ich vznik spôsobujú buď atmosférické výboje (blesky), alebo spínacie operácie niektorých spotrebičov.

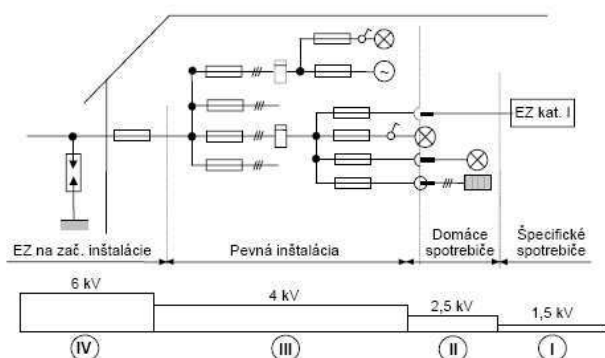
Takéto prepäťové impulzy s vysokou amplitúdou môžu vážne poškodiť elektronické zariadenia domácností (TV, satelitný prijímač, počítač, audio zariadenia a pod.), alebo aspoň výrazne znížiť ich životnosť. Proti týmto prepätiam existuje účinná ochrana, ktorej cena hlavne pri poslednom stupni dosahuje len zlomok ceny zariadenia, ktoré chráni.

### II. KATEGÓRIE PREPÄTIA

Pre elektrické zariadenia napájané priamo zo siete nn sú normami stanovené kategórie prepätia, čím sa rozumie číselné vyjadrenie stupňa odolnosti elektrických zariadení voči prepätiam.

Zariadenie impulznej výdržnej kategórie I – zariadenie, ktoré je určené na pripojenie k sieti, pričom ochranné prostriedky proti prepätiam na určenú hladinu sú mimo zariadenia (buď v pevnej inštalácii alebo medzi pevnou inštaláciou a zariadením). Príklady: zariadenia obsahujúce elektronické obvody chránené na danú úroveň.

Zariadenie impulznej výdržnej kategórie II – zariadenie spotrebujúce energiu (spotrebiče), ktoré sa má napájať z pevnej inštalácie. Príklady: spotrebiče pre domácnosť, prenosné náradie a pod.



Obr. 1. Rozdelenie elektrických zariadení v budove podľa kategórií prepätia

Zariadenie impulznej výdržnej kategórie III – zariadenie, ktoré je súčasťou pevnej elektrickej inštalácie alebo iných zariadení, pri ktorých sa predpokladá vyšší stupeň použiteľnosti. Príklady: rozvádzače, ističe, elektrický rozvod v budove vrátane káblov, prípojnic, spájacích elektroinštalračných škátuľ, spínačov, zásuviek v pevnej inštalácii a zariadenia na priemyselné použitie, ako aj niektoré iné zariadenia, napr. pevne namontované s trvalým pripojením na pevnú inštaláciu.

Zariadenie impulznej výdržnej kategórie IV – zariadenie, ktoré je určené na použitie na začiatku elektrickej inštalácie budov alebo v jeho blízkosti pred hlavným rozvádzačom. Príklady: elektromery, hlavné nadprúdové ističie prístroje, jednotky hromadného diaľkového ovládania (HDO).

V tomto príspevku sa venuje pozornosť zariadeniam spadajúcim do kategórie I a II a hlavne prepätiam, ktoré tieto zariadenia môžu generovať.

### III. MERANIE PREPÄTÍ GENEROVANÝCH SPÍANÍM DOMÁCIH SPOTREBIČOV

Merania boli zamerané na prepätia vygenerované jednoduchými elektrickými spotrebičmi, ktoré sa bežne vyskytujú v domácnosti a takmer denne sa používajú. Jedná sa o spínacie prepätia, ktoré vznikajú pri odpojení alebo zapojení daného elektrického zariadenia do siete. Namerané maximálne hodnoty prepätí dosahovali veľkosti, ktoré by mohli v niektorých prípadoch pôsobiť deštruktívne na citlivé elektronické zariadenia, ktoré sú už dnes štandardom a vyskytujú sa bežne v každej domácnosti.

Meranie bolo realizované v laboratóriu Katedry elektroenergetiky, kde bol k dispozícii digitálny osciloskop typu HIOKI 8851 Memory Hi corder s vysokonapäťovou meracou sondou a niektoré bežné domáce spotrebiče: stolná lampička s halogénovou žiarovkou, stolná lampička so žiarivkou, ručný mixér, vysávač a elektrická ručná vŕtačka.

Všetky spomínané zariadenia boli pripojené k predĺžovacej šnúre s vypínačom. Prostredníctvom tohto vypínača boli zariadenia pripájané a odpájané od siete a v tomto mieste bolo merané prepätie vznikajúce pri týchto spínacích pochodoch. V nasledujúcich tabuľkách sú uvedené sledované parametre prepätí a to:

- $U_{mp}$  – maximálna hodnota prepätia v kladnej oblasti
- $-U_{mp}$  – maximálna hodnota prepätia v zápornej oblasti
- $U_m$  – maximálna hodnota sieťového napätia pri meraní
- $k_p$  – koeficient prepätia, ktorý udáva koľkokrát je maximálna hodnota prepätia väčšia ako maximálna hodnota pripojeného napätia
- Pozn. – udáva sa či merané prepätie vzniklo pri zapínaní, alebo vypínaní zariadenia.

Merania boli zopakované s použitím dvoch typov prepäťových ochrán a to bez vysokofrekvenčného filtra a s vysokofrekvenčným filtrom.

### STOLNÁ LAMPA S HALOGÉNOVOU ŽIAROVKOU

Prvým zo sledovaných zariadení bola stolná lampa s halogénovou žiarovkou, ktorá sa pripájala k sieti 230 V prostredníctvom adaptéra transformujúceho napätie na 12 V s výkonom 20 W. Namerané hodnoty prepätí sú v nasledujúcich tabuľkách.

TABUĽKA I  
Namerané hodnoty prepätí bez použitia prepäťovej ochrany

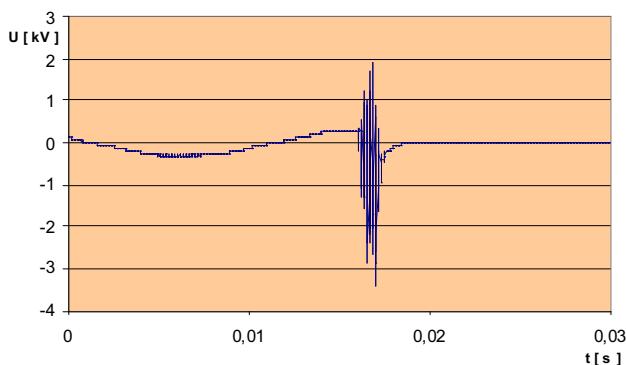
P.č.	$U_{mp}$ (V)	$-U_{mp}$ (V)	$U_m$ (V)	$k_p$ (-)	Pozn.
1.	3177,50	2460,0	302,50	10,504	Vyp.
2.	1815,00	702,5	302,50	6,000	Zap.
3.	2585,00	2707,5	300,00	9,025	Vyp.
4.	2077,50	162,5	287,50	7,226	Zap.
5.	1927,50	3417,5	305,00	11,20	Vyp.

TABUĽKA II  
Namerané hodnoty prepätí s použitím prepäťovej ochrany bez vf filtra

P.č.	$U_{mp}$ (V)	$-U_{mp}$ (V)	$U_m$ (V)	$k_p$ (-)	Pozn.
1.	538,50	332,5	297,50	1,810	Zap.
2.	355,00	269,5	304,50	1,165	Vyp.
3.	536,00	213,0	304,50	1,760	Vyp.
4.	493,50	305,0	311,00	1,586	Zap.
5.	476,00	404,5	314,50	1,513	Zap.

TABUĽKA III  
Namerané hodnoty prepätí s použitím prepäťovej ochrany s vf filtrom

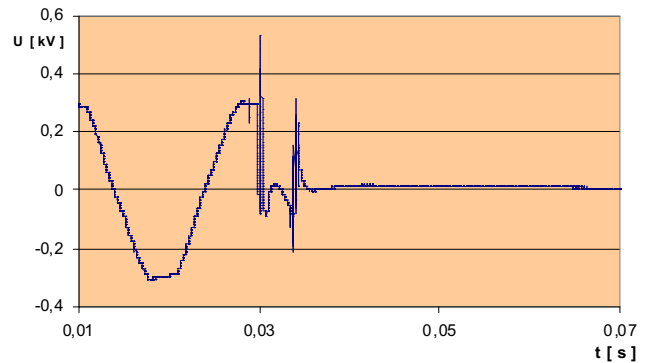
P.č.	$U_{mp}$ (V)	$-U_{mp}$ (V)	$U_m$ (V)	$k_p$ (-)	Pozn.
1.	538,50	332,5	297,50	1,810	Zap.
2.	355,00	269,5	304,50	1,165	Vyp.
3.	536,00	213,0	304,50	1,760	Vyp.
4.	493,50	305,0	311,00	1,586	Zap.
5.	476,00	404,5	314,50	1,513	Zap.



Obr. 2. Časový priebeh napätia pri vypnutí lampy s halogénovou žiarovkou bez použitia prepäťovej ochrany

Ako zobrazuje Tabuľka I, pri vypnutí lampy vzniklo prepätie s maximálnou hodnotou cez 3 kV, čo prekračuje hodnotu prepätia pre spotrebiče kategórie II (2,5 kV), do ktorej aj táto stolná lampa patrí. Aplikáciou prepäťových ochrán boli prepätia eliminované na hodnoty pod 700 V, čo v plnej miere vyhovuje požiadavkám pre spotrebiče

kategórie II. Priebehy niektorých prepätí sú zobrazené na obrázku 2 a obrázku 3.



Obr. 3. Časový priebeh napätia pri vypnutí lampy s halogénovou žiarovkou s použitím prepäťovej ochrany

### STOLNÁ LAMPA SO ŽIARIVKOU

Ďalším zo sledovaných zariadení bola stolná lampa so žiarivkou. Namerané hodnoty prepätí sú v nasledujúcich tabuľkách.

TABUĽKA IV  
Namerané hodnoty prepätí bez použitia prepäťovej ochrany

P.č.	$U_{mp}$ (V)	$-U_{mp}$ (V)	$U_m$ (V)	$k_p$ (-)	Pozn.
1.	5025,00	3200,0	300,00	16,750	Vyp.
2.	2787,50	4740,0	302,50	15,669	Vyp.
3.	2397,50	3307,5	302,50	10,930	Vyp.
4.	2952,50	3027,5	300,25	10,080	Vyp.
5.	3732,50	2392,5	300,00	12,440	Vyp.

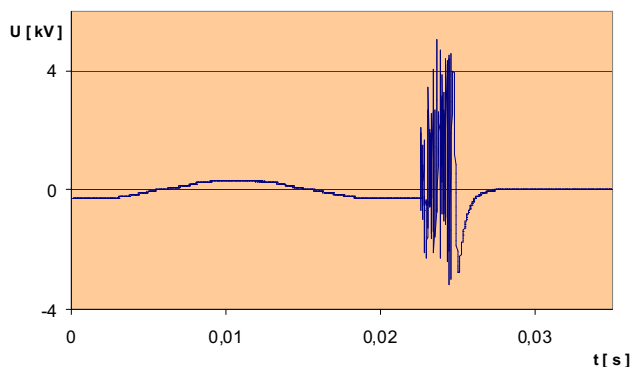
TABUĽKA V  
Namerané hodnoty prepätí s použitím prepäťovej ochrany bez vf filtra

P.č.	$U_{mp}$ (V)	$-U_{mp}$ (V)	$U_m$ (V)	$k_p$ (-)	Pozn.
1.	724,50	113,0	293,50	2,468	Vyp.
2.	526,50	153,5	294,50	1,787	Vyp.
3.	506,00	564,5	304,00	1,856	Vyp.
4.	384,00	139,0	301,00	1,275	Vyp.
5.	637,50	124,0	304,00	2,097	Vyp.

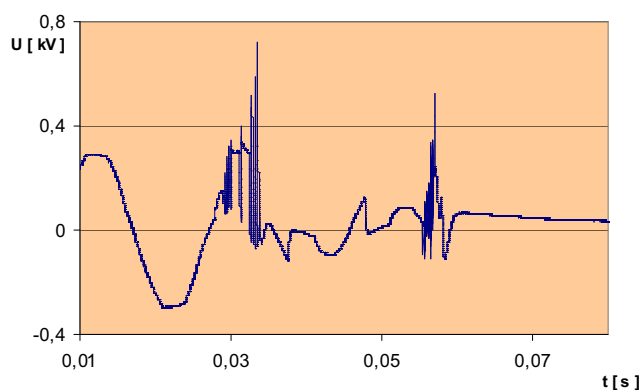
TABUĽKA VI  
Namerané hodnoty prepätí s použitím prepäťovej ochrany s vf filtrom

P.č.	$U_{mp}$ (V)	$-U_{mp}$ (V)	$U_m$ (V)	$k_p$ (-)	Pozn.
1.	368,00	430,0	330,00	1,300	Zap.
2.	373,50	36,5	300,00	1,245	Vyp.
3.	377,50	831,5	326,50	2,546	Zap.
4.	516,00	524,0	304,50	1,720	Zap.
5.	623,00	697,0	316,00	2,205	Zap.

Ako zobrazuje Tabuľka IV, pri vypnutí lampy vzniklo prepätie s maximálnou hodnotou cez 5 kV, čo dvojnásobne prekračuje hodnotu prepätia pre spotrebiče kategórie II (2,5 kV), do ktorej aj táto stolná lampa patrí. Aplikáciou prepäťových ochrán boli prepätia eliminované na hodnoty pod 900 V, čo v plnej miere vyhovuje požiadavkám pre spotrebiče kategórie II. Priebehy niektorých prepätí sú zobrazené na obrázku 4 a obrázku 5.



Obr. 4. Časový priebeh napätia pri vypnutí lampy so žiarivkou bez použitia prepäťovej ochrany

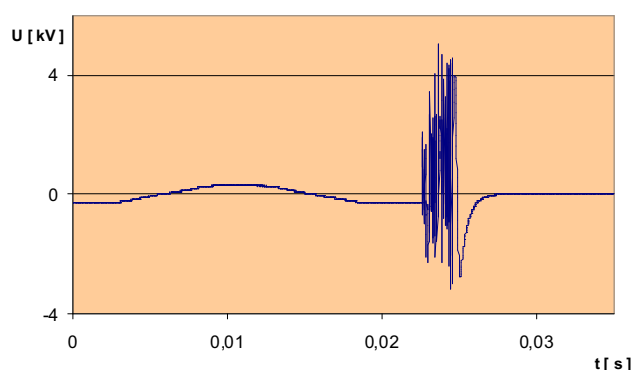


Obr. 5. Časový priebeh napätia pri vypnutí lampy so žiarivkou s použitím prepäťovej ochrany

TABUĽKA IX  
Namerané hodnoty prepätí s použitím prepäťovej ochrany s vf filtrom

P.č.	$U_{mp}$ (V)	$-U_{mp}$ (V)	$U_m$ (V)	$k_p$ (-)	Pozn.
1.	409,00	428,0	300,50	1,420	Vyp.
2.	511,50	314,5	302,00	1,690	Zap.
3.	380,00	364,5	310,00	1,220	Zap.
4.	525,50	427,5	299,50	1,750	Vyp.
5.	793,50	227,0	300,50	2,640	Vyp.

Ako zobrazuje Tabuľka VII, pri vypnutí mixéra vzniklo prepätie s maximálnou hodnotou cez 5 kV, čo rovnako dvojnásobne prekračuje hodnotu prepätia pre spotrebiče kategórie II (2,5 kV), do ktorej aj mixér patrí. Aplikáciou prepäťových ochrán boli prepätia eliminované na hodnoty pod 900 V, čo v plnej miere vyhovuje požiadavkám pre tieto spotrebiče. Priebehy niektorých prepätí sú zobrazené na obrázku 6 a obrázku 7.



Obr. 6. Časový priebeh napätia pri vypnutí mixéra bez použitia prepäťovej ochrany

## ELEKTRICKÝ RUČNÝ MIXÉR

Ďalším zo sledovaných zariadení bol elektrický ručný mixér s napájacím napätím 230 V a výkonom 220W. Namerané hodnoty prepätí sú v nasledujúcich tabuľkách.

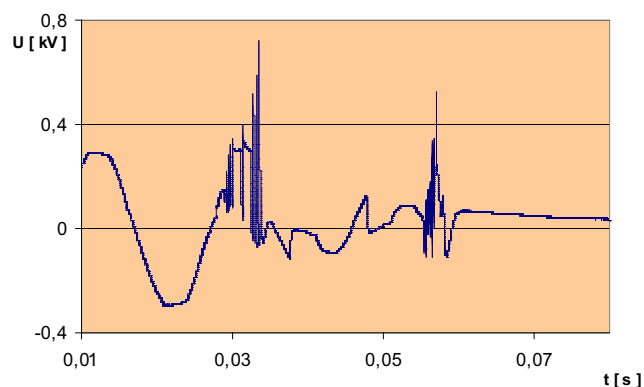
TABUĽKA VII  
Namerané hodnoty prepätí bez použitia prepäťovej ochrany

P.č.	$U_{mp}$ (V)	$-U_{mp}$ (V)	$U_m$ (V)	$k_p$ (-)	Pozn.
1.	1037,50	1920,0	297,50	6,453	Zap.
2.	4800,00	2452,0	302,50	15,860	Vyp.
3.	2255,00	412,5	305,00	7,390	Zap.
4.	2067,50	5092,5	302,50	16,834	Vyp.
5.	4365,00	232,5	300,00	14,550	Vyp.

TABUĽKA VIII

Namerané hodnoty prepätí s použitím prepäťovej ochrany bez vf filtra

P.č.	$U_{mp}$ (V)	$-U_{mp}$ (V)	$U_m$ (V)	$k_p$ (-)	Pozn.
1.	532,00	833,0	320,00	2,600	Zap.
2.	447,00	240,0	294,00	1,520	Vyp.
3.	509,50	582,5	320,00	1,820	Zap.
4.	548,00	212,5	314,00	1,750	Vyp.
5.	418,50	171,0	317,00	1,320	Vyp.



Obr. 7. Časový priebeh napätia pri vypnutí mixéra s použitím prepäťovej ochrany

## ĎALŠIE ELEKTRICKÉ ZARIADENIA

Namerané hodnoty prepätí pri spínaní ďalších zariadení je možné pozrieť v diplomovej práci [1]. Meranie bolo realizované ešte pri spínaní vysávača, ručnej elektrickej vrtačky, jednofázového motora z práčky, 60 W žiarovky a niektorých ďalších spotrebičov. Pri týchto zariadeniach hodnoty spínacích prepätí mierne prevyšovali hodnotu 2,5 kV. Aplikáciou prepäťových ochrán boli aj tieto prepätia účinne eliminované.

## ZÁVER

V tomto príspevku boli uvedené hodnoty spínacích prepätí, ktoré boli vygenerované bežnými elektrickými spotrebičmi a elektrickými zariadeniami používanými v domácnostiach. Výsledkom bola analýza jednotlivých spínacích prepätí a preskúmanie vplyvu prepäťových ochrán na maximálnu hodnotu generovaných prepätí. Jednotlivé priebehy prepäťových impulzov boli ovplyvňované samostatnou konštrukciou a osobitými vlastnosťami (indukčná, kapacitná, odporová záťaž) jednotlivých spotrebičov.

Namerané hodnoty prepäťových impulzov dosahovali v niektorých prípadoch oveľa väčšie hodnoty ako je normou stanovená maximálna úroveň prepätia (výdržná kategória I a II). Najväčšie hodnoty spínacích prepätí generoval ručný kuchynský mixér. Amplitúda napätia dosahovala hodnotu viac ako 5 kV. Pri súbežnom používaní kuchynského mixéra a iného spotrebiča, ktorý je vybavený elektronikou (napr. mikrovlná rúra v stand by režime) z jednej zásuvky, by mohlo vplyvom častého spínania dôjsť k vážnemu poškodeniu tohto zariadenia. Obdobne vysoké prepätie generovala lampa so žiarivkou. Veľa krát je napájaná z jednej zásuvky spolu s počítačom. Takéto prepätie dokáže zničiť zdroj domáceho PC. Z toho dôvodu je potrebné používať prepäťové ochrany typu D. Tieto ochrany dokážu eliminovať špičky spínacích prepätí na bezpečnú úroveň.

## POĎAKOVANIE

Podporujeme výskumné aktivity na Slovensku. Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ. Tento článok bol vypracovaný v

rámci projektu "Centrum excelentnosti integrovaného výskumu a využitia progresívnych materiálov a technológií v oblasti automobilovej elektroniky", ITMS 26220120055.



## LITERATÚRA

- [1] Sochovič, P.: Prepätia v nízkonapäťových sieťach. Diplomová práca. Košice: Technická univerzita v Košiciach, Fakulta elektrotechniky a informatiky, 2008. 87 s.

## ADRESY AUTOROV

Jaroslav Džmura, Technická univerzita v Košiciach, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, [jaroslav.dzmura@tuke.sk](mailto:jaroslav.dzmura@tuke.sk)

Jaroslav Petráš, Technická univerzita v Košiciach, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, [jaroslav.petras@tuke.sk](mailto:jaroslav.petras@tuke.sk)

Jozef Balogh, Technická univerzita v Košiciach, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, [jozef.balogh@tuke.sk](mailto:jozef.balogh@tuke.sk)