

6.8 Měření simulovaných zemních spojení v konkrétní síti VN

6.8.1 Cíl a popis simulace zemních spojení

V provozované VN síti v oblasti Žďáru nad Sázavou a Nového Města na Moravě byly uskutečněny různé typy zemních spojení. Simulovala se zemní spojení kovová, nízko-odporová ($400\ \Omega$), vysoko-odporová ($1600\ \Omega$), oblouková (jiskřiště, konzola, kabel) a to na třech místech různě vzdálených od napájecí rozvodny (vzdálený konec sítě, blízký konec sítě a místo 10km od rozvodny). Při těchto zemních spojeních se kontrolovala činnost FW a spolehlivost indikací nekontaktního indikátoru MEg61. Výsledky zkoušek obsahují tabulky: Tab. 6, Tab. 7 a Tab. 8.

6.8.1.1 Měření blízkého zemního spojení v síti Žďár nad Sázavou

Místo uměle vyvolávaných zemních spojení bylo vzdáleno přibližně 500m od napájecí rozvodny MŽR9. Pro zemní spojení byla vybrána fáze L3 (z pohledu od rozvodny pravá fáze), tato fáze byla postupně přizemňována přes kabelovou spojku na které se měřil poruchový proud. K této kabelové spojce se připojovaly jednotlivé prvky měnící charakter zemního spojení (odporník $400\ \Omega$, odporník $1600\ \Omega$, jiskřiště, poškozený kabel, konzola stožáru vedení). Měření se uskutečnilo 19.11.2008.

6.8.1.2 Měření vzdáleného zemního spojení v síti Žďár nad Sázavou

Zemní spojení bylo vzdáleno přibližně 25km od rozvodny MŽR9. Pro zemní spojení byla vybrána fáze L3 (z pohledu od rozvodny pravá fáze), tato fáze byla postupně přizemňována přes kabelovou spojku na které se měřil poruchový proud. K této kabelové spojce se připojovaly jednotlivé prvky měnící charakter zemního spojení (odporník $400\ \Omega$, $1600\ \Omega$, jiskřiště, poškozený kabel, konzola stožáru vedení). Měření se uskutečnilo 27.11.2008.

6.8.1.3 Měření ve střední vzdálenosti v síti Žďár nad Sázavou

Zemní spojení bylo vzdáleno přibližně 10km od rozvodny MŽR9 v blízkosti rozpínací stanice NMM9. Zemní spojení byla prováděna postupně ve druhé, třetí a první fázi. Přizemňování probíhalo přes kabelovou spojku, na které se měřil poruchový proud. K této kabelové spojce se připojovaly jednotlivé prvky měnící charakter zemního spojení (odporník $400\ \Omega$, $1600\ \Omega$, jiskřiště, poškozený kabel, konzola stožáru vedení). Měření se z důvodu nepřízně počasí nestihlo uskutečnit v roce 2008 a bylo přesunuto na 18.5.2009.

6.8.2 Tabulkové vyhodnocení

Tab. 6, Tab. 7 a Tab. 8 shrnují výsledky měření pro jednotlivé simulované poruchy. Indikátor zaznamenal všechny poruchové jevy i provozní manipulace. Výsledky jsou vždy z indikátoru, který byl umístěn v těsné blízkosti ZS. V tabulkách jsou vyhodnoceny úspěšnosti jednotlivých principů určení místa ZS dle níže uvedených předpokladů:

Metoda první půlperiody (Whisher)

Bylo-li z průběhu vybíjecího proudu během první půlperiody vyhodnoceno, že k ZS došlo v chráněném úseku, je v kolonce zaznamenáno ANO.

Metoda připnutí odporníku

Zde je uvedeno, zda se připojení odporníku projevilo na měřených hodnotách. Pokud byl odporník připojen, je posouzena změna hodnot netočivých složek proudu a napětí. Bylo-li na základě této změny možné detekovat ZS v chráněném úseku, je v kolonce (SHx a SEx) zaznamenáno ANO

Metoda G_0

Zde je vyhodnocena spolehlivost vyhodnocení zemního spojení admitanční metodou. Bylo-li na základě změny G_0 před a při připnutí odporníku rozeznáno ZS v chráněném úseku, je zaznamenáno ANO.

Účíník

Je vyhodnocena změna účíníku před a při připnutí odporníku. Bylo-li na základě změny účíníku rozeznáno ZS v chráněném úseku, je zaznamenáno ANO.

Výsledné hodnocení

Bylo-li některou metodou vyhodnoceno ZS ve chráněném úseku, je v kolonce uvedeno „Vyhodnoceno“.

Pokud je v kolonce uvedeno „Vyhodnoceno v síti“ nebylo možné identifikovat zemní spojení v chráněném úseku, avšak zemní spojení v testované VN síti zaznamenáno bylo.

6.8.3 Detailní vyhodnocení

Vyhodnocení poslední etapy zkoušek (střední vzdálenost, 18.5.2009) je zpracováno detailně. Obr. 84 ukazuje schéma měřených úseků sítě a umístění stanoviště pro realizaci ZS. Umístění snímačů elektromagnetických polí, napět'ových sond a zemního lana ukazuje Obr. 85. Obr. 86 ukazuje obloukové zemní spojení, které probíhalo v navrtaném kabelu a Obr. 87 zemní spojení přes konzolu a následně přes sloup.

Podrobné grafické vyhodnocení obsahuje Příloha 4. Obr. 1 až Obr. 5 ukazují průběhy zkoušky č.1 pro nekontaktní indikátor č.58 (umístěn před místem ZS) a Obr. 6 až Obr. 10 pro indikátor č.108 (umístěn za místem ZS). Obr. 11 až Obr. 25 ukazují průběhy z indikátoru č.58 při zkouškách 2, 3 a 4. Pro zkoušku č.8 jsou zobrazeny průběhy ze všech měřících míst. Postupně je zobrazen oscilografický průběh napětí a proudů začátku děje (Obr. 26 až Obr. 35), oscilografický průběh složek U_0 a I_0 (Obr. 36 až Obr. 45), průběh $P_{\Sigma 0}$ (Obr. 46 až Obr. 55), průběh efektivních hodnot složek U_0 a I_0 (Obr. 56 až Obr. 65), průběh Pf_0 a G_0 (Obr. 66 až Obr. 75), efektivní hodnoty proudů I_1, I_2 a I_3 (Obr. 76 až Obr. 85). Dále jsou uvedeny bitové informace vyhodnocení popudů a záznamů (Obr. 85 až Obr. 95). Obr. 96 až Obr. 100 zobrazují údaje zachycené zařízeními PRYM ze zkoušky č.8. Obr. 101 až Obr. 103 ukazují údaje zachycené zařízeními PRYM ze zkoušky č.10.

Nekontaktní indikátory poruchových stavů na VN vedení

Tab. 6. Měření blízkého zemního spojení v síti Žďár nad Sázavou 19.11.2008

MEg61	Čas	Typ ZS	Fáze	První pulperioda	Odporník				Výsledné hodnocení
					připojen	(SHx a SEx)	G0	Účinník	
1	12:23	Kovové ZS – vyladěná tlumivka (140A)	3	ANO	ANO	ANO			Vyhodnoceno
2	12:53	Kovové ZS – podladěná tlumivka (100A)	3	ANO	ANO	ANO			Vyhodnoceno
3	13:21	Kovové ZS - přeladěná tlumivka (180A)	3	ANO	ANO				Vyhodnoceno
4	13:40	Odporové ZS (1600Ω) – vyladěná tlumivka (140A)	3		ANO		ANO		Vyhodnoceno
5	14:01	Odporové ZS (1600Ω) – podladěná tlumivka (105A)	3						Vyhodnoceno v síti
6	14:15	Obloukové ZS (jiskřiště) – vyladěná tlumivka – nedošlo k zapálení oblouku - opakováno	3	ANO					Vyhodnoceno
7	14:25	Obloukové ZS (jiskřiště) – vyladěná tlumivka (140A)	3	ANO	ANO	ANO			Vyhodnoceno
8	14:38	Obloukové ZS (jiskřiště) – podladěná tlumivka – opakované šentování (100A)	3	ANO	ANO	ANO			Vyhodnoceno
9	14:50	Obloukové ZS (kabel) – vyladěná tlumivka (140A)	3	ANO	ANO	ANO			Vyhodnoceno
10	15:21	Obloukové ZS (kabel) – ppodladěná tlumivka (100A)	3	ANO	ANO	ANO			Vyhodnoceno
11	15:36	Odporové ZS (400 Ω) – vyladěná tlumivka (140A)	3		ANO		ANO		Vyhodnoceno
12	15:48	Odporové ZS (400 Ω) – podladěná tlumivka (100A)	3		ANO		ANO		Vyhodnoceno
13-17	-	prováděny manipulace, požadován záznam	1 2 3		ANO		ANO		Zaznamenáno
18	16:28	Odporové ZS (neuzemněná konzola stožáru) – vyladěná tlumivka (140A)	3	ANO	ANO	ANO			Vyhodnoceno
19	16:41	Odporové ZS (neuzemněná konzola stožáru) – podladěná tlumivka (100A)	3	ANO	ANO	ANO			Vyhodnoceno

Nekontaktní indikátory poruchových stavů na VN vedení

Tab. 7. Měření vzdáleného zemního spojení v síti Žďár nad Sázavou 27.11.2008

MEg61	Čas	Typ ZS	Fáze	První pulperioda	Odporník				Výsledné hodnocení
					připojen	(SHx a SEx)	G0	Účinník	
1	11:13	Testovací zemní spojení	3 (2)		ANO	ANO	ANO		Vyhodnoceno
2	11:48	Kovové ZS – vyladěná tlumivka (143A)	3 (2)		ANO	ANO	ANO		Vyhodnoceno
3	11:59	Kovové ZS – vyladěná tlumivka (143A) – šentování	3 (2)		ANO	ANO	ANO		Vyhodnoceno
4	12:13	Kovové ZS – podladěná tlumivka (105A) - šentování	3 (2)	ANO	ANO	ANO			Vyhodnoceno
5	12:23	Kovové ZS – přeladěná tlumivka (180A) - šentování	3 (2)	ANO	ANO	ANO			Vyhodnoceno
6	12:37	Odporové ZS (1600Ω) – vykompenzovaná tlumivka (140A) - šentování	3 (2)		ANO		ANO		Vyhodnoceno
7	12:59	Odporové ZS (1600Ω) – podladěná tlumivka (100A) - šentování	3 (2)						Vyhodnoceno v síti
8	13:12	Obloukové (jiskřičště) – vykompenzovaná tlumivka (140A) – nedošlo k přehoření zápalného drátu u jiskřičště → kovové ZS: POKUS OPAKOVÁN	3 (2)		ANO	ANO	ANO		Vyhodnoceno
9	13:21	Obloukové (jiskřičště) – vykompenzovaná tlumivka (140A) – šentování	3 (2)		ANO	ANO	ANO		Vyhodnoceno
10	13:31	Obloukové (jiskřičště) – podkompenzovaná tlumivka (100A) – opakované šentování	3 (2)		ANO		ANO	ANO	Vyhodnoceno
11	13:47	Obloukové (kabel) – vykompenzovaná tlumivka (140A) – šentování	3 (2)	ANO	ANO	ANO			Vyhodnoceno
12	13:58	Obloukové (kabel) – podkompenzovaná tlumivka (100A) – šentování	3 (2)	ANO	ANO				Vyhodnoceno
13	14:08	Odporové ZS (400Ω) – vykompenzovaná tlumivka (140A) - šentování	3 (2)		ANO	ANO	ANO		Vyhodnoceno
14	14:20	Odporové ZS (400Ω) – podladěná tlumivka (100A) - šentování	3 (2)		ANO		ANO	ANO	Vyhodnoceno
15	14:32	Obloukové (konzola) – vykompenzovaná tlumivka (140A) - šentování	3 (2)	ANO	ANO	ANO			Vyhodnoceno
16	14:50	Obloukové (konzola) – podkompenzovaná tlumivka (100A) - šentování	3 (2)	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	Vyhodnoceno
Pozn.: Postižená fáze je fáze 3 (na místě MEg), fáze 2 (v rozvodně)									

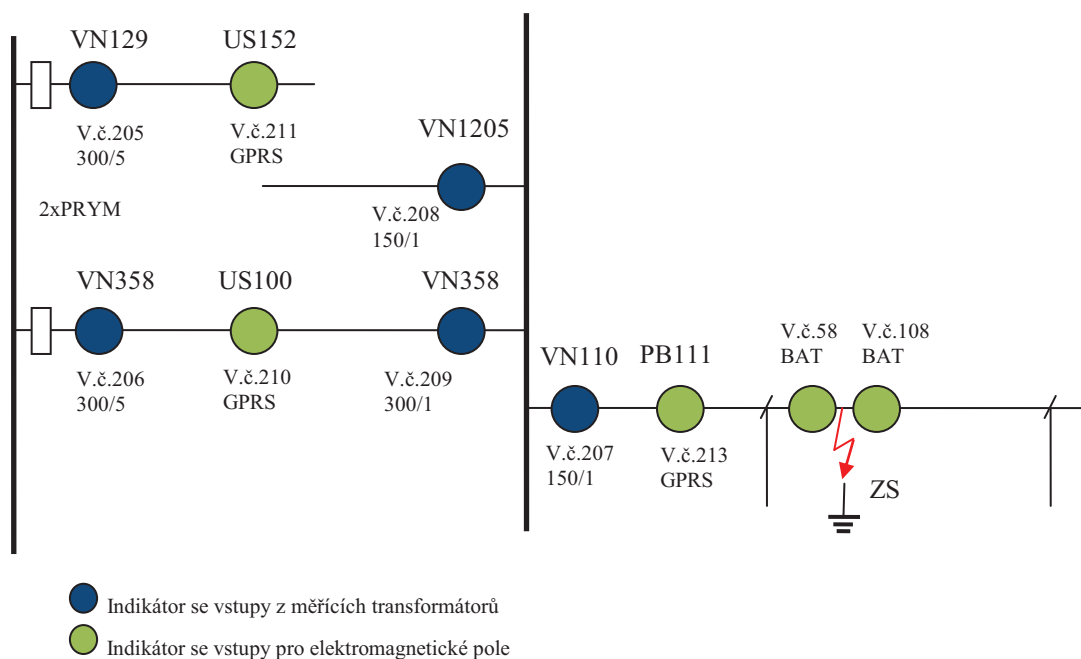
Nekontaktní indikátory poruchových stavů na VN vedení

Tab. 8. Měření ve střední vzdálenosti v síti Žďár nad Sázavou 18.05.2009

MEg61	Čas	Typ ZS	Fáze	První pulperioda	Odporník				Výsledné hodnocení
					připojen	(SHx a SEx)	G0	Účinník	
1	10:55	Kovové ZS – zkušební měření podladěná tlumivka (100A)	2, (2)	ANO	ANO	ANO			Vyhodnoceno
2	11:26	Kovové ZS – vyladěná tlumivka (180A) – šentování	2, (2)	ANO	ANO	ANO			Vyhodnoceno
3	11:47	Kovové ZS – podladěná tlumivka (140A) - šentování	2, (2)	ANO	ANO	ANO			Vyhodnoceno
4	12:15	Kovové ZS – přeladěná tlumivka (220A) - šentování	2, (2)	ANO	ANO	ANO			Vyhodnoceno
5	12:31	Odporové ZS (1600Ω) – vyladěná tlumivka (180A) - šentování	2, (2)		ANO	ANO	ANO		Vyhodnoceno
6	12:44	Odporové ZS (1600Ω) – podladěná tlumivka (140A) - šentování	2, (2)						Vyhodnoceno v síti
7	12:55	Obloukové (jiskřistě) – vyladěná tlumivka (180A) - šentování	2, (2)	ANO	ANO	ANO			Vyhodnoceno
8	13:01	Obloukové (jiskřistě) – podladěná tlumivka (140A) - šentování	2, (2)	ANO	ANO	ANO			Vyhodnoceno
9	13:11	Obloukové (kabel) – vyladěná tlumivka (180A) – šentování	2, (2)	ANO	ANO	ANO			Vyhodnoceno
10	13:28	Obloukové (kabel) – podladěná tlumivka (140A) – dvojité šentování	2, (2)	ANO	ANO	ANO			Vyhodnoceno
11	13:42	Odporové ZS (400Ω) – vyladěná tlumivka (180A) - šentování	2, (2)		ANO	ANO	ANO		Vyhodnoceno
12	13:49	Odporové ZS (400Ω) – podladěná tlumivka (140A) - šentování	2, (2)		ANO	ANO	ANO	ANO	Vyhodnoceno
13	14:04	Obloukové (konzola) – vyladěná tlumivka (180A) - šentování	2, (2)		ANO	ANO	ANO		Vyhodnoceno
14	14:13	Obloukové (konzola) – podladěná tlumivka (140A) - šentování	2, (2)	ANO	ANO		ANO		Vyhodnoceno
15	15:35	Obloukové (konzola) – vyladěná tlumivka (180A) – testovací bez šentování	3, (1)		ANO	ANO	ANO		Vyhodnoceno
16	15:48	Obloukové (konzola) – vyladěná tlumivka (180A) - šentování	3, (1)	ANO	ANO	ANO			Vyhodnoceno
17	15:57	Obloukové (konzola) – podladěná tlumivka (140A) - šentování	3, (1)	ANO	ANO		ANO		Vyhodnoceno
18	16:06	Kovové ZS – vyladěná tlumivka (180A) - šentování	3, (1)	ANO	ANO	ANO			Vyhodnoceno
19	16:14	Kovové ZS – podladěná tlumivka (140A) - šentování	3, (1)		ANO	ANO	ANO	ANO	Vyhodnoceno
20	17:18	Kovové ZS – přeladěná tlumivka (180A) - šentování	1, (3)	ANO	ANO	ANO			Vyhodnoceno
21	17:26	Kovové ZS – podladěná tlumivka (140A) - šentování	1, (3)		ANO	ANO	ANO	ANO	Vyhodnoceno
22	17:34	Obloukové (konzola) – podladěná tlumivka (140A) - šentování	1, (3)		ANO	ANO	ANO	ANO	Vyhodnoceno
23	17:43	Obloukové (konzola) – vyladěná tlumivka (180A) - šentování	1, (3)		ANO	ANO	ANO		Vyhodnoceno
Pozn.: Fáze 2,(2) - postižená fáze je fáze 2 v místě ZS, fáze (2) v rozvodně									

R MŽR9

R NMM9



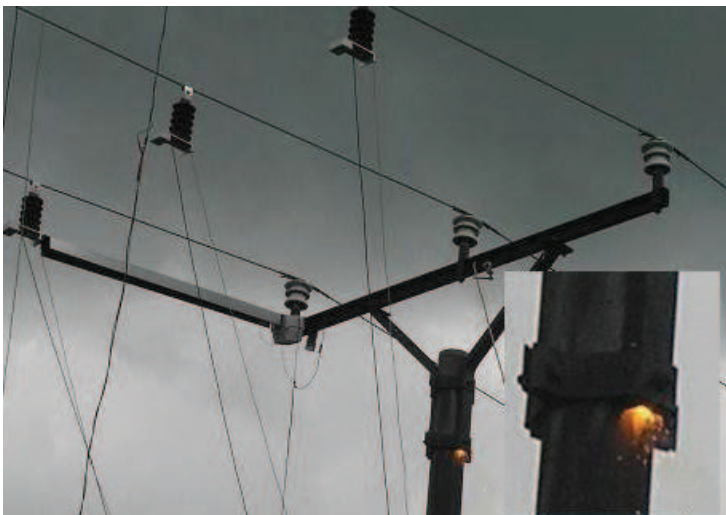
Obr. 84. Schéma při měření simulovaných ZS ve střední vzdálenosti od rozvodny.



Obr. 85. Umístění snímačů, napěťových sond a vodiče pro ZS.



Obr. 86. Obloukové ZS v kabelu.



Obr. 87. Zemní spojení přes konzolu.

6.8.4 Závěr z měření simulovaných zemních spojení

Z výsledků je vidět, že metodami identifikace zemních spojení použitými v nekontaktním indikátoru zemních spojení a zkratů lze vyhodnotit všechna zemní spojení do odporu 1600Ω při provozních podmínkách reálné VN sítě.

Metodou první půlperiody byla vyhodnocena hlavně kovová, nízko-odporová (400Ω) a oblouková zemní spojení. Pokud byla vybavena tato metoda, metody další (připnutí odporníku) nebyly hodnoceny.

Při podladění o 30%, které není provozním stavem, a vysoko-odporovém zemním spojení (1600Ω) bylo zaznamenáno pouze zemní spojení v testované VN síti.

Použití metody opírající se o hodnoty 5. harmonické v signálu I_0 nebylo možné využít z důvodu neměnné úrovně této harmonické složky před zemním spojením i při jeho průběhu.

6.9 Příklady měření u uživatelů

6.9.1 Statistické vyhodnocení měření v ČEZ a.s. a ZSE a.s.

V distribučních společnostech se dlouhodobě testují nekontaktní indikátory společnosti MEgA a.s. s označením MEg60 a MEg61 a také nekontaktní indikátory jiných výrobců, jejichž data nebyla k dispozici.

Vyhodnocení naměřených dat se v pokusné síti ČEZ týká záznamů zaznamenaných od 11.7.2007 do 30.8.2008 pro indikátory MEg61 a od 3.8.2007 do 30.8.2008 pro indikátory MEg60. Jsou použita data ze 4 míst s indikátorem MEg61 a z 9 míst s indikátorem MEg60. Za uvedenou dobu se zde zaznamenalo celkem 1396 záznamů z indikátorů MEg61 a 1220 záznamů z indikátorů MEg60. V pokusné síti ZSE bylo zaznamenáno v období 17.7.2007 až 27.8.2008 854 záznamů ze 2 indikátorů MEg61 a v období 21.9.2007 až 13.6.2008 272 záznamů ze 3 indikátorů MEg60.

V uvedeném období byly zaznamenávány veškeré děje, jejichž projevy způsobily poruchový záznam. Pro vyhodnocení jednotlivých naměřených záznamů byla provedena následující kategorizace:

- Krátkodobé zemní spojení v síti (do 5s)
- Krátkodobé zemní spojení zde (procházející místem instalace indikátoru)
- Dlouhodobé zemní spojení v síti (nad 5s)
- Dlouhodobé zemní spojení zde
- Přerušované zemní spojení v síti
- Přerušované zemní spojení zde
- Zkrat
- Nadproud
- Manipulace.

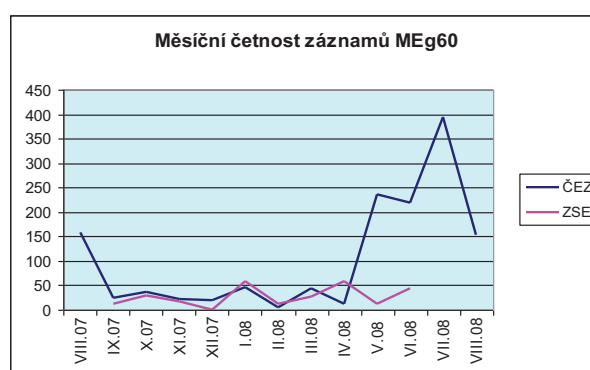
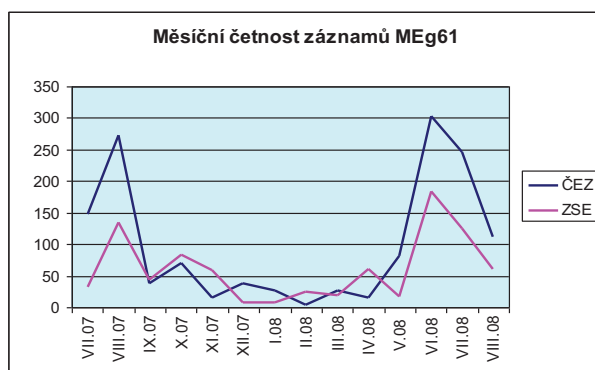
Tab. 9. Četnost výskytu jednotlivých typů záznamů na místech měření indikátorem MEg61

	ČEZ, MEg61					ZSE, MEg61	
Typ záznamu \ Výr.č.	029	030	031	032	045	039	040
Nezařazeno	0	1	0	1	0	0	0
Krátké ZS v síti - šmrnc	236	193	211	192	31	161	226
Krátké ZS zde - šmrnc	1	38	9	4	0	34	23
Dlouhé ZS v síti	39	36	25	23	4	14	21
Dlouhé ZS zde	0	0	6	0	0	2	2
Přerušované ZS v síti	26	17	13	11	1	35	41
Přerušované ZS zde	3	1	0	4	1	9	1
Zkrat	1	12	12	5	0	7	0
Nadproud	1	66	45	29	1	7	5
Manipulace	51	36	2	7	1	262	4
Celkem za výr.č.	358	400	323	276	39	531	323
Celkem všech	1396					854	

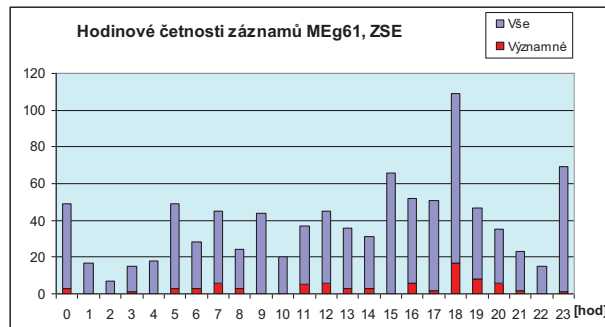
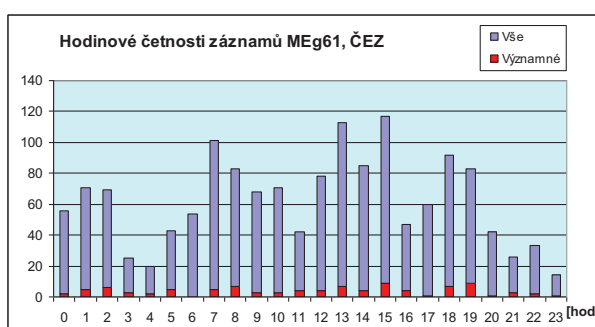
Nekontaktní indikátory poruchových stavů na VN vedení

Tab. 10. Četnost výskytu jednotlivých typů záznamů na místech měření indikátorem MEg60

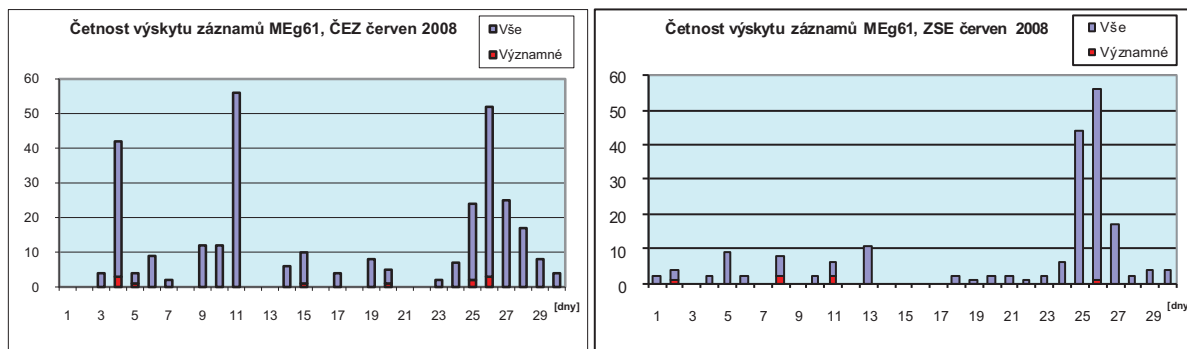
Typ záznamu \ Výr.číslo	ČEZ, MEg60									ZSE, MEg60		
	9	10	12	14	15	16	17	18	28	32	33	34
Nezařazeno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Krátké ZS v síti - šmrnc	39	125	87	10	113	54	1	127	15	38	57	50
Krátké ZS zde - šmrnc	24	11	4	8	6	3	14	27	4	1	1	6
Dlouhé ZS v síti	10	16	7	0	11	7	0	17	1	9	9	7
Dlouhé ZS zde	0	2	1	1	0	0	0	7	0	0	0	0
Přerušované ZS v síti	0	1	1	0	0	0	0	1	0	4	7	10
Přerušované ZS zde	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	1	0
Zkrat	8	20	10	4	1	7	6	78	4	0	1	1
Nadproud	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Manipulace	4	2	0	6	273	21	2	14	2	5	19	46
Celkem za výr.č.	85	177	110	29	404	94	24	271	26	57	95	120
Celkem všech	1220									272		



Obr. 88. Měsíční četnosti záznamů z indikátorů MEg61 a MEg60



Obr. 89. Hodinové četnosti záznamů z indikátorů MEg61 pro oblast ČEZ a ZSE



Obr. 90. Četnost výskytu záznamů z MEG61 v červnu 2008

V tabulkách Tab. 9 a Tab. 10 je vidět, že se nejvíce vyskytují krátkodobé děje a to v obou sledovaných sítích (oblastech). Také oba typy indikátorů je zaznamenávají nejčastěji.

Na Obr. 88 sou porovnány měsíční četnosti záznamů z obou oblastí a z obou indikátorů. Je vidět, že měsíce červen, červenec a srpen je možné označit za měsíce s největším výskytem záznamů (poruch).

Obr. 89 zobrazuje hodinové četnosti všech záznamů a záznamů významných (krátkodobé zemní spojení zde, dlouhodobé zemní spojení zde, přerušované zemní spojení zde a zkrat). V oblasti ČEZ je významných záznamů cca 7% z celkového počtu s nejmenším výskytem mezi 3.- 4.hod a 22.-23 hod a největším výskytem mezi 13.-15.hod a 19.-20.hod. V oblasti ZSE je významných záznamů cca 9% s nejmenším výskytem mezi 1.-5.hod a 9.-11.hod a s největším výskytem mezi 18.-20.hod.

Obr.90 ukazuje situaci v měsíci červnu 2008. V oblasti ČEZ došlo ke zvýšenému výskytu záznamů ve dnech 4.-5. a 25.-27. Obdobná situace ve dnech 25.-27. nastala také v oblasti ZSE.

Průběžné vyhodnocování dlouhodobého provozu indikátorů, které jsou umístěné na různých místech kompenzované VN sítě, prokázalo věrohodnost jejich dat (ve srovnání s provozními deníky) a široké možnosti použití při řešení poruchových stavů i jejich predikci. Z výsledků je také patrné, že ke vzniku poruchových stavů dochází náhodně, většinou pak v korelaci na povětrnostní podmínky a ve shlcích.

Použitelnost dat pro pomoc při řešení poruchových stavů je dána jejich včasnou přítomností na řídicím pracovišti. Dálková komunikace a přenos dat do centra je tedy nutností u všech indikátorů rozmístěných mimo objekt rozvodny. Toky dat záznamů poruchových stavů při sledování významných dějů klesnou ze 100% k hodnotám 7-9%.

6.9.2 Použití nekontaktních indikátorů při zkouškách v PRE a.s.

Při zkouškách nového způsobu provozu uzlů transformátorů 110/22 kV v TR Běchovice, konaných ve dnech 30.6. a 1.7.2009 byly testovány také nekontaktní indikátory MEG61. Byla vyhotovena také varianta vyhodnocovací jednotky indikátoru, která akceptovala vstupní signály z měřících transformátorů napětí a proudů, přičemž detekční a vyhodnocovací funkce zůstaly zachovány.

Zkoušek bylo celkem 10. Zkoušela se kovová zemní spojení s různým rozladěním Petersenovy tlumivky, odporová zemní spojení přes sondu v zemi a přes pneumatiku a oblouková ZS v navrtaném kabelu.

Tab. 11. Výsledky indikací při zkouškách v PRE a.s.

ČAS ZEMNÍH O SPOJENÍ	POKUS Č.	MEG61 – VSTUPY Z TRAF			
		ČM K30-25	RS4720 K30-25	RS4720 K45-41	Běchovice K45-51
30.6.2009					
11:13:00	0	-	L2/W	L2/W	-,
11:54:02	1	L2/W, I	L2/W, I	L2/W, I	-,
14:31:28	2	L2/W, I	L2/W, I	L2/W, I	-,
15:37:19	3	L2/W, I	L2/W, I	L2/W, I	-,
16:29:53	4	L2/W, I	L2/W, I	L2/W, I	-,
1.7.2009					
10:25:13	5	L2/W	L2/W	L2/W, I	-,
11:26:40	6	L2/W	L2/W, I	L2/W, I	-,
12:13:31	7	L2/W, I	L2/W, I	L2/W, I	-,
13:40:27	8(bez R)	L2/W	L2/W	L2/W	-,
14:07:28	8 (s R)	L2/W, I	L2/W, I	L2/W, I	-,
14:33:17	9	L2/W, I	L2/W, I	L2/W, I	-,

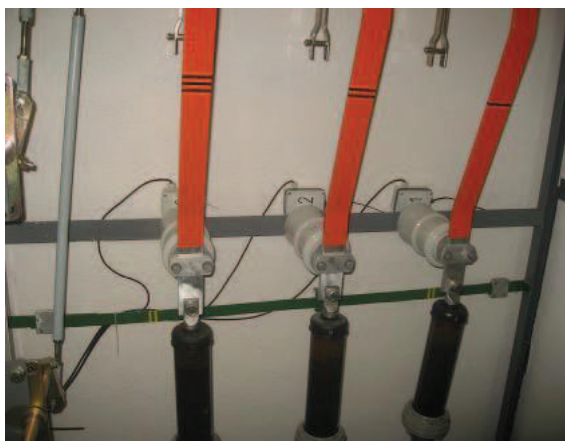
Vysvětlivky: ‘-‘ nenastala indikace zemního spojení

L2 - zemní spojení ve fázi L2

W - indikace zemního spojení z přechodného jevu první půlperiody „Whisher“

I - indikace zemního spojení z nadproudu při připnutí odporníku

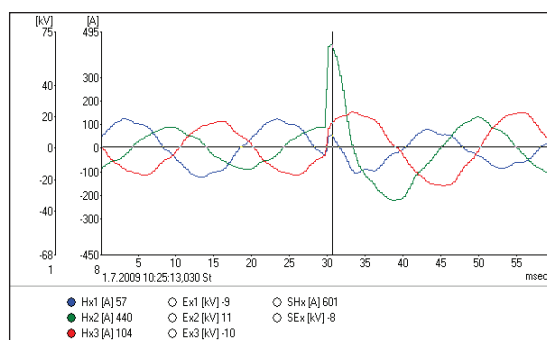
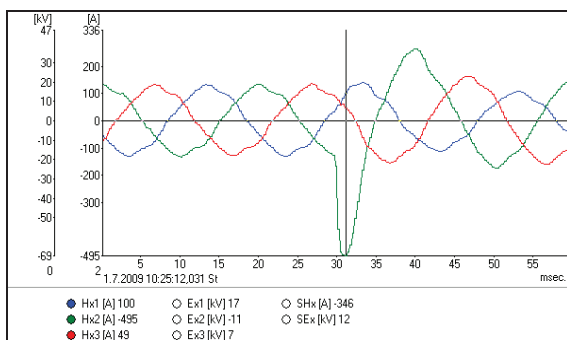
Indikátory umístěný v bodě K45-51 byl na nepostiženém vedení. Indikátor v bodě K30-25 při nultém pokusu nezaznamenal z důvodu chybného nastavení.



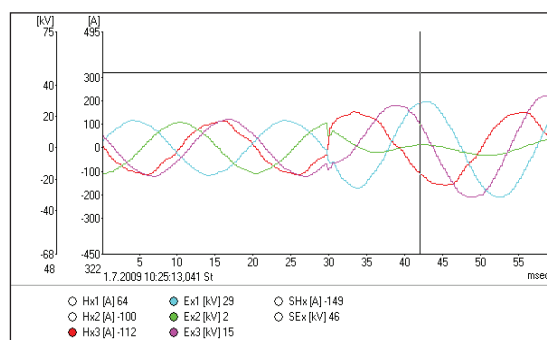
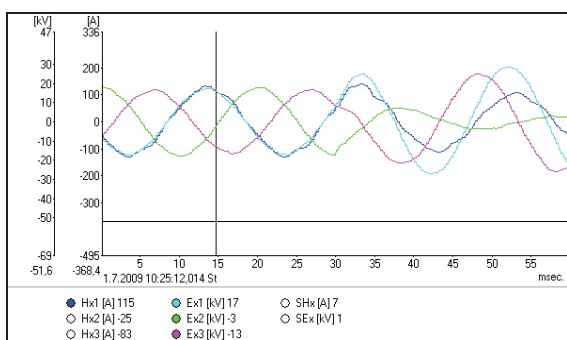
Obr. 91. Atypické umístění snímačů elektromagnetických polí



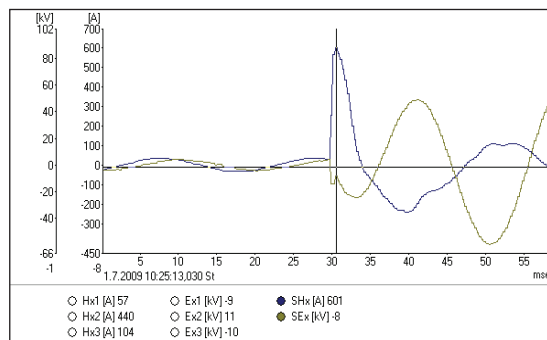
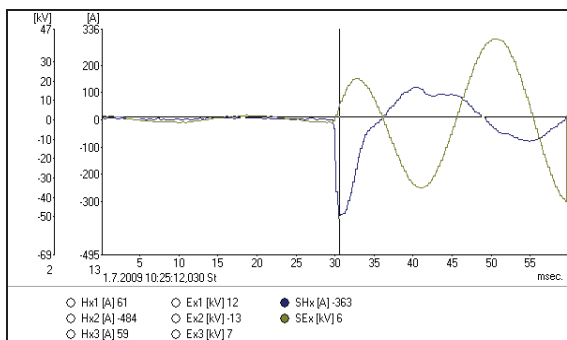
Obr. 92. Umístění proudových snímačů a ZS přes pneumatiku.



Obr. 93. Srovnání průběhů fázových proudů z měřících transfr. a ze snímačů.

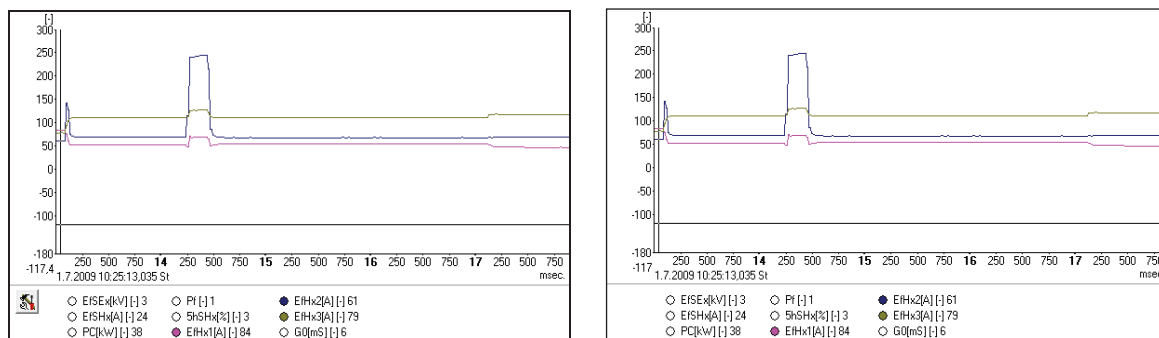


Obr. 94. Srovnání průběhů fázových napětí z měřících transformátorů a ze snímačů.

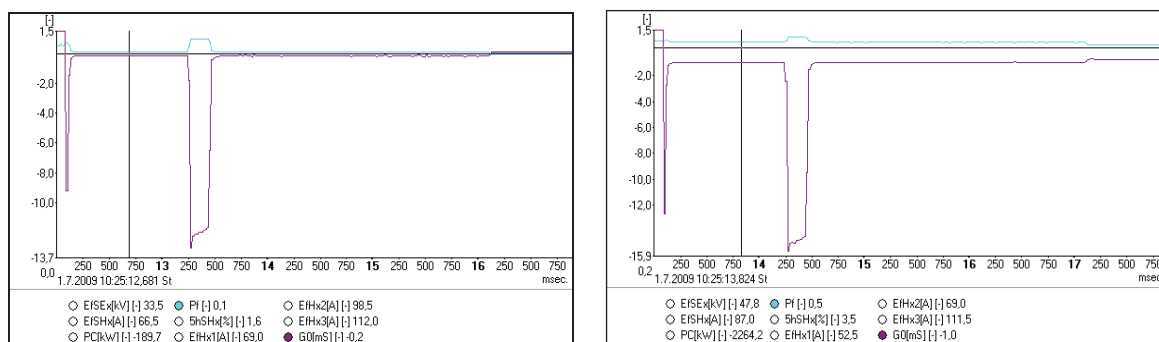


Obr. 95. Porovnání netočivých složek z měřících transformátorů a ze snímačů.

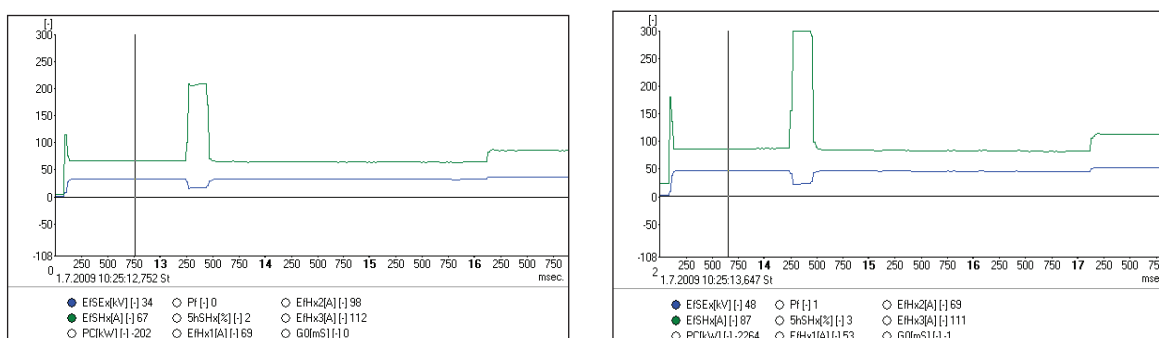
Nekontaktní indikátory poruchových stavů na VN vedení



Obr. 96. Porovnání efektivních hodnot proudů z MT a ze snímačů.



Obr. 97. Porovnání hodnot Pf_0 a G_0 z MT a snímačů.



Obr. 98. Porovnání netočivých složek U_0 a I_0 .

Závěr

Disertační práce se zabývá rozpracováním teoretických poznatků o metodách a principech detekce poruchových stavů na VN vedeních do podoby vhodné pro praktické využití, přičemž využívá snímačů elektrického a magnetického pole, které jsou umístěny v blízkosti vedení VN. Hlavní důraz je kladen na studium chování VN sítě při zemních spojeních. Teoretické poznatky ověřené simulacemi v programovém prostředí PC byly použity pro optimalizaci návrhu množiny funkcí, které by měl nekontaktní indikátor obsahovat. Pro ověření teoretických předpokladů v reálných VN sítích distributorů elektrické energie byla provedena algoritmizace vybraných metod detekce poruchových stavů pro použití v řídicím programu nekontaktního indikátoru. Vlastní nekontaktní indikátor vybavený dále SW podporou pro nastavování indikátoru a vyhodnocování poruchových záznamů byl instalován do ostrého provozu při simulovaných zkouškách zemních spojení a také pro dlouhodobá měření v reálném provozu. Naměřené výsledky posloužily k optimalizaci funkcí nekontaktního indikátoru, k odstranění vnesených chyb a otevřely další možnosti pro teoretické úvahy a analýzy o využitelnosti těchto výsledků.

V kapitole 3.3 jsou popsány a rozebrány metody pro detekci zemního spojení, které se ve venkovních VN sítích vyskytuje nejčastěji. Vybrané metody, které byly použity pro nekontaktní indikátor jsou uvedeny v kapitole 6.2. Nekontaktní indikátor převádí veličiny elektromagnetického pole pod vedením z jednotlivých fází na veličiny napětí a proud a netočivé složky U_0 a I_0 . Volbou snímačů je pak možné aplikovat uvedené metody nejen pro vstup ze snímačů polí, ale i pro jiné používané snímače jako jsou přístrojové transformátory napětí a proudu či kapacitní snímače. Snímací prvky použité v nekontaktním indikátoru popisuje kapitola 6.4.1. Bylo vybráno nejjednodušší řešení pouze s pasívními prvky v blízkosti VN vedení s drátovým propojením s vyhodnocovací jednotkou. Jako hlavní byla brána hlediska bezpečnosti a spolehlivosti. Nabízející se modernější řešení, kdy je snímač integrován společně s baterií a bezdrátovou komunikací do modulu, který je umístěn na potenciálu VN vedení, by bylo s ohledem na výše zmiňované aspekty a čas nutný k ověření celého takového systému mnohonásobně komplikovanější a také dražší.

Nesporným přínosem práce je návrh pasívních snímačů elektrického a magnetického pole (kombinovaný snímač), způsob uspořádání těchto kombinovaných snímačů a vyhodnocovací jednotky v místě měření, na které byla podána přihláška vynálezu a užitého vzoru. Po etapě rešerší jiných již patentovaných řešení (kap.4.4) byl na uvedené řešení udělen patent ČR300802 a vydán užitný vzor ČR16983.

Praktickým přínosem je také možnost instalovat nekontaktní indikátor technikou prací pod napětím (PPN) aniž by došlo k přerušení dodávky odběratelům. Není nutné také přerušovat vedení VN kvůli instalaci snímačů proudu a vnášet tak do obvodu další možné zdroje poruch.

Kapitoly 6.4 až 6.7 se věnují konkretizaci detekčních metod použitých u nekontaktního indikátoru. Kapitoly 6.8 a 6.9 uvádějí výsledky měření při simulovaných zemních spojeních v konkrétní síti VN a výsledky z reálného provozu v oblasti ČEZ a ZSE.

Z výsledků měření nekontaktními indikátory je možné pozorovat jejich velkou flexibilitu v oblastech nasazení. Bez nákladných mechanických úprav stačí přiložit

v bezpečné vzdálenosti snímače. Také implementované detekční metody jsou schopny detekovat mnoho poruchových stavů. Jde hlavně o metody opírající se o přechodný děj při vzniku ZS a následně při přinutí odporníku. Průběžné metody sledování G_0 a 5.harmonické se při měřeních neuplatnily. Také pro vysokoimpedanční ZS by bylo nutné použít citlivějších metod, např. metodu q-U diagramu. V tomto případě by však bylo nutné použít číslicové části s větším výkonem a zrychlit A/D převod. Nepodařilo se také do nekontaktního indikátoru začlenit automatickou změnu směru ZS. Ta byla zamýšlena jako dočasné řešení při rekonfiguraci sítě. V současné době masivního rozvoje instalací malých energetických zdrojů, je nutné tuto problematiku a následnou funkčnost indikátoru týkající se automatické změny směru ZS více rozpracovat.

Kapitola 6.6.1 popisuje návrh koncepce nasazení nekontaktních indikátorů, které jsou instalovány na vhodných místech ve VN síti a vybaveny dálkovou komunikací. Uživateli je kladen velký důraz na komunikační možnosti nekontaktního indikátoru s ohledem na možnosti dálkové komunikace. Komunikační prostředky jsou již většinou dány a je zde prostor pro přenášený informační obsah. Navržený poruchový záznam v nekontaktním indikátoru obsahuje velice kompaktní údaje (Tab. 4. Obsah poruchového záznamu. V distribučních společnostech je možné data z nekontaktních indikátorů rozdělit na data dispečerská, dle kterých se provádí konkrétní zásahy v síti a data poruchových záznamů. Oba typy dat je nutné přenášet oddělenými kanály, i když závěry analýzy poruchových záznamů mohou obsahovat důležité informace pro dispečerská rozhodnutí. Analýzou dat z více nekontaktních indikátorů je možné vyloučit případnou poruchu indikátoru, predikovat výskyt závažnějších poruch nebo dohledat slabá místa distribuční sítě. Při koordinaci sběru dat z indikátorů je pak možné rychleji a přesněji dohledat místo výskytu náhodné poruchy, zkrátit dobu výskytu nebezpečných stavů či zamezit vzniku následných poruch. Nekontaktní indikátory poruchových stavů na VN vedení se jako spolehlivě pracující jednotky mohou stát základním stavebním kamenem systému nasazení indikátorů.

Literatura

- [1] Texas Instruments Incorporated, MSP430x15x, MSP430x16x, MSP430x161x, MIXED SIGNAL MICROCONTROLLER , *Data Sheet*, Dallas, Texas, SLAS368E, 2006, 73 s.
- [2] Texas Instruments Incorporated, MSP430x1xx Family, *User's manual* ,Dallas, Texas, SLAU049F, 2006, 414 s.
- [3] Seiko Epson Corporation, Real Time Clock Module, RX-4045SA/NB, *Application Manual*. MQ422-01, 33 s.
- [4] Atmel Corporation, 8-megabit DataFlash, AT45DB081B, *Data Sheet*, 2225H-DFLSH-10/04, 2004 33 s.
- [5] ROBERTS, Jeff; Dr. HECTOR, J; Dr. DAQUING, Hou, *Přehled metod detekce zemních spojení poruch v uzemněných, neuzemněných a kompenzovaných distribučních systémech*. Schweitzer engineering laboratories, Inc., Pillman, Washington USA, 2001, 39 s.
- [6] ZELIKIN, B.D. *A method for detection of sustained earth-faults in rural overhead lines protected by Petersen coils*. IEEE Xplore, 1946, 3 s.
- [7] Xinhui, Z.; Bingyin, X.; Zhencun, P.; Peiyu, W., *Study on Single-phase Earthed Faulty Feeder Selection Methods in Non-Solidly Grounded Systems*, IEEE Xplore, Nanjing China, April 2008
- [8] ČEZ distribuce a.s.; E.ON distribuce a.s.; PREDistribuce a.s., *Pravidla provozování distribučních soustav + příloha č.1 až č.6*, Energetický regulační úřad, Praha, 2009, 87 s.
- [9] DRUML, G.; KUGI, A.; SEIFERT, O., *A new directional transient relay for high ohmic earth faults*, CIRED, Barcelona, 2003, 6 s.
- [10] DRUML, G.; KUGI, A.; PARR, B., *Control of Petersen coils*, XI. International symposium on theoretical electrical engineering, IEEE, 2001, 7 s.
- [11] THIDE, B., *Electromagnetic field theory*, Swedish Institute of Space Physics, Uppsala, Sweden, 2009, 260 s.
- [12] BLAŽEK, V.; SKALA, P., *Distribuce elektrické energie*, VUT Brno, FEKT, 2007, 140 s.
- [13] ORSÁGOVÁ, J., *Rozvodná zařízení*, VUT Brno, FEKT, 2007, 151 s.
- [14] ELKALASHY, Nagy I., et al DWT-BASED DETECTION OF HIGH IMPEDANCE FAULT DUE TO LEANING TREES IN COMPENSATED MV NETWORKS. *19th International Conference on Electricity Distribution*. Vienna : CIRED, 2007. s. 4.
- [15] TOMAN, Petr; PAAR, Martin; BÁTORA, Branislav CIRED2007 Session 3 : USING OF THE ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS TO THE LOCALIZATION OF THE EARTH FAULTS IN RADIAL NETWORKS. In *19th International Conference on Electricity Distribution*. Vienna : CIRED, 2007. s.3 .
- [16] WAHLROOS, Ari; ALTONEN, Janne CIRED2009 Session 3 : PERFORMANCE OF NOVEL NEUTRAL ADMITTANCE CRITERION IN MV-FEEDER EARTH-FAULT PROTECTION. In *20th International Conference on Electricity Distribution*. Prague : CIRED, 2009. s. 4.
- [17] HANNINEN, Seppo Single phase earth faults in high impedance grounded networks : Characteristics, indication and location. In *VTT Publications 453*. Finland : VTT Publication, 2001. s. 139. ISBN 951-38-5960-6.
- [18] LORENC, Jozef; MARSZALKIEWICZ, Krzysztof; ANDRUSZKIEWICZ, Jerzy ADDMITTANCE CRITERIA FOR EARTH FAULT DETECTION IN SUBSTATION AUTOMATION SYSTEMS IN POLISH DISTRIBUTION POWER NETWORKS. In *CIRED 97*. Poland : CIRED, 1997. s. 5.
- [19] BJERKAN, E.; VENSETH, T. Locating Earth-Faults in Compensated Distribution Networks by means of Fault Indicators . In *International Conference on Power Systems*. Montreal, Canada : IPST05, 2005. s. 6.
- [20] KIZILCAY, M.; LA SETA, P. DIGITAL SIMULATION OF FAULT ARCS IN MEDIUM-VOLTAGE DISTRIBUTION NETWORKS . In *Power System Computation Conference*. Liege : 15th PSCC, 2005. s. 7.

- [21] LEHTONEN, Matti, et al FAULT MANAGEMENT IN ELECTRICAL DISTRIBUTION SYSTEMS. In *Final report of the CIRED Working Group WG03 Fault Management*. Finland : CIRED, 1998. s. 41.
- [22] Haluzík, E., Ochrany a jištění energetických zařízení, *VUT Brno*, FEKT, 2007, s. 65.
- [23] ČSN 33 3070, Kompenzace kapacitních zemních proudů v sítích vysokého napětí. *Český normalizační institut Praha*, 1979, s.19.
- [24] Mišák, S., Analýza poruchových dějů v průmyslových VN rozvodech a možnosti jejich omezení. *Habilitační práce, VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky*, 2009, s. 146.
- [25] Cimbolínek, I.; Sýkora, T.; Švec, J.; Müller, Z. Použitelnost metody přizemnění postižené fáze (shuntingu) při zemních spojeních v kompenzovaných sítích vn. *Konference ČK CIRED*. Tábor, 2009, s.11
- [26] *Predistribuce.cz* [online]. 2009-12-31 [cit. 2010-09-13]. Technické informace. Dostupné z WWW: <<http://www.predistribuce.cz/distribuce/distribucni-sit/technicke-informace/rozsah-rozvodneho-zarizeni.html>>.
- [27] *Eon-distribuce.cz* [online]. 2006 [cit. 2010-09-13]. Popis distribuční soustavy E.ON. Dostupné z WWW: <<http://www.eon-distribuce.cz/cs/distribuce-elektriny/distribucni-soustava/technicke-informace.shtml>>.
- [28] *Cezdistribuce.cz* [online]. c2010 [cit. 2010-09-13]. Technická data. Dostupné z WWW: <<http://www.cezdistribuce.cz/cs/informace-o-spolecnosti/technicka-data.html>>.
- [29] *FyzWeb.cz* [online]. 2010-05-27 [cit. 2010-10-07]. Exemplační případy úrazů elektrickým proudem. Dostupné z WWW: <<http://www.citace.com/generator.php?druh=8&ukol=1>>.
- [30] *Ti.com* [online]. 2010 [cit. 2010-10-07]. MSP430™ 16-bit Ultra-Low Power MCUs. Dostupné z WWW: <<http://focus.ti.com/paramsearch/docs/parametricsearch.tsp?familyId=342&ionId=95&tabId=1200&family=mcu>>.
- [31] *Kmb.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-10-07]. Indikátory zkratového proudu a zemního spojení. Dostupné z WWW: <<http://www.kmb.cz/07/content/blogcategory/17/29/lang.cs/>>.
- [32] *Egu.cz* [online]. 2009 [cit. 2010-10-07]. Poruchové indikátory. Dostupné z WWW: <<http://www.egu.cz/egucbm.html>>.
- [33] *Schneider-electric.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-10-07]. Systémy pro měření a řízení elektrické energie. Dostupné z WWW: <http://www.schneider-electric.cz/sites/czech-republic/cz/produkty-sluzby/distribuce-elektriny/produkty-nabidka/prezentace-funkci.page?p_function_id=161>.
- [34] *E-mega.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-10-07]. Indikátory poruchových stavů. Dostupné z WWW: <<http://e-mega.cz/indikatory-poruchovych-stavu>>.
- [35] *Eru.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-10-07]. Energetický regulační úřad. Dostupné z WWW: <<http://www.eru.cz>>.

Příloha 1. Užitný vzor

UŽITNÝ VZOR

(19) ČESKÁ REPUBLIKA  ÚŘAD PRŮMYSLového VLASTNICTVÍ	(21) Číslo přihlášky: 2006 - 18054 (22) Přihlášeno: 06.09.2006 (47) Zapsáno: 06.11.2006	(11) Číslo dokumentu: 16983 (13) Druh dokumentu: U1 (51) Int. Cl.: G01R 19/02 (2006.01) G01R 33/02 (2006.01)
--	---	--

(73) Majitel:
MEGA - Měřicí Energetické Aparáty, s. r. o., Brno, CZ

(72) Převodce:
Pospíchal Ladislav Ing., Brno, CZ
Hoder Karel Ing., Blansko, CZ
Pernica Drahomír Ing., Ochoz u Brna, CZ

(54) Název užitného vzoru:
Detektor zemního spojení

CZ 16983 U1

CZ 16983 UI

Detektor zemního spojení

Oblast techniky

Technické řešení se týká uspořádání snímačů intenzity elektrického Ex a magnetického Hx pole v blízkosti vodičů vzdušného vedení a příslušných elektrických obvodů.

5 Dosavadní stav techniky

Současné řešení používají pro snímání velikosti proudu a napětí energetických vedení transformátorů napětí a proudu, převážně jde-li o měření v uzavřených rozvodnách. Snímače Ex, Hx pro měření v terénu jsou buď přímo spojeny s příslušným vodičem, jehož elektrický potenciál a procházející proud je měřen nebo jsou umístěny v takové vzdálenosti, aby jejich výstup byl úměrný součtu proudů a napětí ve všech třech vodičích vedení.

Podstata technického řešení

Kombinované snímače elektrického pole Ex a magnetického pole Hx jsou uchyceny v bezpečné vzdálenosti od vodičů vedení pomocí izolátorů zavěšených na vodičích. Výstupy snímačů jsou signálovými kabely svedeny do vyhodnocovací jednotky umístěné na stožáru. Vzájemná vzdálenost snímačů může být stabilizována vzpěrou z nemagnetického materiálu. Elektrické uspořádání snímače a vyhodnocovací jednotky sestává z elektrody, snímacího kondenzátoru a odporu pro vytvoření signálu úměrného napětí vodiče vzhledem k potenciálu země a snímací cívky s příslušným integračním RC obvodem pro vytvoření signálu úměrného proudu v příslušném vodiči.

Vzniklé signály jsou upraveny příslušnými zesilovači a vstupují do mikropočítače, jehož program vyhodnocuje elektrický stav sledovaného vedení, např. vznik zemního spojení nebo zkratový proud.

Přehled obrázků na výkrese

Obr. 1.: Celková dispozice snímačů Ex, Hx na vedení v blízkosti stožáru.
Obr. 2.: Uchycení snímačů v definované vzdálenosti od vodičů prostřednictvím izolátorů.
25 Obr. 3.: Elektrické uspořádání snímačů Ex, Hx a vyhodnocovacích obvodů.

Příklad provedení

Kombinované snímače 4A, 4B, 4C elektrického pole Ex a magnetického pole Hx jsou uchyceny v bezpečné vzdálenosti od vodičů 1A, 1B, 1C pomocí izolátorů 2A, 2B, 2C zavěšených na uvedených vodičích, přičemž výstupy těchto snímačů jsou signálovými kabely 5A, 5B, 5C svedeny do vyhodnocovací jednotky 6, umístěné na stožáru 7. Vzájemná vzdálenost snímačů může být stabilizována vzpěrou z nemagnetického materiálu 8. Elektrické uspořádání snímače 4 a vyhodnocovací jednotky 6 sestává z elektrody 41, snímacího kondenzátoru 43 a odporu 44 pro vytvoření signálu úměrného napětí vodiče vzhledem k potenciálu země a snímací cívky 42 s příslušným integračním RC obvodem 45, 46, 47 pro vytvoření signálu úměrného proudu v příslušném vodiči 1.

Vzniklé signály jsou upraveny zesilovači 49 a 48 a vstupují do mikropočítače 40, jehož program vyhodnocuje elektrický stav sledovaného vedení 1, například vzniklé zemní spojení nebo zkratový proud.

CZ 16983 U1

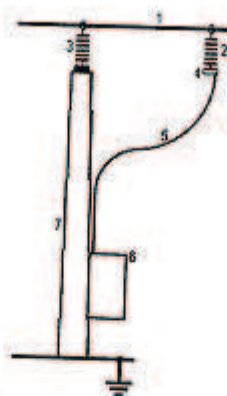
NÁROKY NA OCHRANU

1. Detektor zemního spojení, **vyznačený tím**, že kombinované snímače (4A, 4B, 4C) elektrického pole Ex a magnetického pole Hx jsou uchyceny v bezpečné vzdálenosti od vodičů (1A, 1B, 1C) pomocí izolátorů (2A, 2B, 2C) zavěšených na uvedených vodičích (1A, 1B, 1C), přičemž výstupy těchto snímačů (4A, 4B, 4C) jsou signálovými kabely (5A, 5B, 5C) svedeny do vyhodnocovací jednotky (6), umístěné na stožáru (7), elektrické uspořádání snímače (4A, 4B, 4C) a vyhodnocovací jednotky (6) sestává z elektrody (41), snímacího kondenzátoru (43) a odporu (44) pro vytvoření signálu úměrného napětí vodiče (1A, 1B, 1C) vzhledem k potenciálu země a snímací cívky (42) s příslušným integračním RC obvodem (45), (46), (47) pro vytvoření signálu úměrného proudu v příslušném vodiči (1A, 1B, 1C) propojeným na vstup zesilovače (49) a (48) a jehož výstup je napojen na vstup mikropočítače (40), pro vyhodnocení elektrického stavu sledovaného vodiče (1A, 1B, 1C).

1 výkres

15

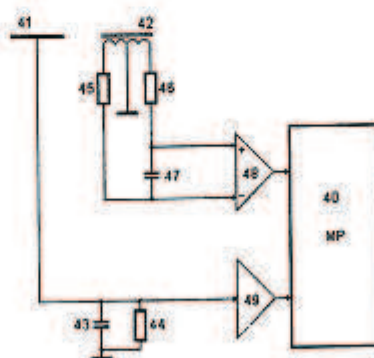
CZ 16983 U1



Obr.1.



Obr.2.



Obr.3.

Konec dokumentu



CZ 16983U1

Batch : U1206

Date : 12/12/2006

Number of pages : 6

Previous document : CZ 16982U1

Next document : CZ 16984U1

Příloha 2. Patentový spis

PATENTOVÝ SPIS

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKAÚŘAD
PRŮMYŠLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: 2006-553
 (22) Přihlášeno: 06.09.2006
 (40) Zveřejněno: 19.03.2008
 (Věstník č. 12/2008)
 (47) Uděleno: 01.07.2009
 (24) Oznámení o udělení ve Věstníku: 12.08.2009
 (Věstník č. 32/2009)

(11) Číslo dokumentu:

300 802

(13) Druh dokumentu: B6

(51) Int. Cl.

G01R 31/08 (2006.01)

(56) Relevantní dokumenty:

SI 21254 A, WO 2006007131 A, JP 11089077 A, JP 2002296317 A, JP 2004117310 A, US 6555999 B, US 5426360 A, US 5250894 A, US 5252913 A

(73) Majitel patentu:

MEGA - MĚŘÍCÍ ENERGETICKÉ APARÁTY s. r. o.,
Brno, CZ

(72) Původce:

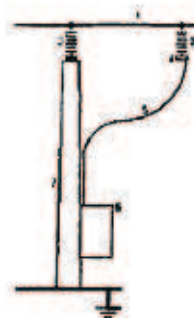
Pospíchal Ladislav Ing., Brno, CZ
 Hoder Karel Ing., Blansko, CZ
 Pernica Drahomír Ing., Ochoz u Brna, CZ

(54) Název vynálezu:

**Detektor zemního spojení pro vedení vysokého
napětí**

(57) Anotace:

Detektor zemního spojení využívá kombinované snímače (4A, 4B, 4C) elektrického pole E_x a magnetického pole H_x , které jsou uchyceny v bezpečné vzdálenosti od vodičů (1A, 1B, 1C) pomocí izolátorů (2A, 2B, 2C) zavěšených na uvedených vodičích. Výstupy těchto snímačů jsou signálovými kabely (5A, 5B, 5C) svedeny do vyhodnocovací jednotky (6), umístěné na stožáru (7) a vzájemná vzdálenost snímačů může být stabilizována vzpěrou z nemagnetického materiálu (8). Elektrické uspořádání snímače (4A, 4B, 4C) a vyhodnocovací jednotky (6) sestává z elektrody (41), snímacího kondenzátoru (43) a odporu (44) pro vytvoření signálu úměrného napětí vodiče vzhledem k potenciálu země a snímací cívky (42) s příslušným integračním RC obvodem (45), (46), (47) pro vytvoření signálu úměrného proudu v příslušném vodiči (1). Takto vzniklé signály jsou upraveny zesilovači (49) a (48) a vstupují do mikropočítače (40), jehož program vyhodnocuje elektrický stav sledovaného vedení.



CZ 300802 B6

CZ 300802 B6

Detektor zemního spojení pro vedení vysokého napětí**36**Oblast techniky

6.01)

5

Vynález se týká zařízení k detekování zemního spojení ve vzdušném vedení vysokého napětí. Zařízení je tvořeno snímači elektrického pole a magnetického pole umístěnými v bezpečné vzdálenosti od vodičů, přičemž výstupy snímačů jsou svedeny do vyhodnocovací jednotky.

10

Dosavadní stav techniky

Detektory zemního spojení jsou diagnostická zařízení určená pro vedení vysokého napětí, indikují poruchy vedení, zejména na zem spadlé vodiče, vzájemné zkratování vodičů apod. a pomáhají lokalizovat místo poruchy. Současná řešení detektorů, určená zejména pro měření v uzavřených rozvodnách, používají pro snímání velikosti proudu a napětí v energetických vedeních transformátory napětí a proudu. Snímače elektrického a magnetického pole pro měření v terénu jsou buď přímo spojeny s příslušným vodičem, jehož elektrický potenciál a procházející proud je měřen, nebo jsou umístěny v takové vzdálenosti od vodičů, aby jejich výstup byl úměrný součtu proudů a napětí ve všech vodičích vedení. Detektory se snímači spojenými s vodiči jsou známy např. ze spisu US 6555999, kde nahrazují izolátory umístěné na sloupu. Snímače spojené s vodiči, které lze ukotvit v kterémkoliv úseku vedení jsou předmětem spisu US 5426360. Nevýhodou snímačů spojených vodičů s vedením je, že lze použít jen do určitých hodnot napětí ve vodičích. V US 5250894 se popisuje detekční zařízení se snímači umístěnými v určité vzdálenosti od vodičů, rovněž upevněnými na sloupu. Ve spisu WO 2006/007131 se navrhuje umístit oddělené snímače elektrického pole a magnetického pole na konstrukci postavenou pod vedením vysokého napětí. Společnou nevýhodou posledně uvedených řešení je, že stožár nebo podpěrná konstrukce, zejména jsou-li z magnetického materiálu, podstatným způsobem deformují elektromagnetické pole vytvářené vodiči a tím negativně ovlivňují přesnost měření. Ze spisu US 5252913 je znám kombinovaný senzor proudu a napětí, který je určen k připojení na vedení vysokého napětí. Jedná se o výrobně náročné zařízení s vysokými nároky na přesnost výroby. Rovněž jeho užití je omezeno velikostí napětí na vodiči.

Vynález si klade za úkol navrhnout výrobně nenáročný detektor zemního spojení, který by umožnil přesná měření ve velkém rozsahu napětí.

Podstata vynálezu

Uvedený úkol řeší detektor zemního spojení pro vedení vysokého napětí tvořený snímači elektrického pole a magnetického pole, které jsou umístěny v bezpečné vzdálenosti od vodičů a jejichž výstupy jsou svedeny do vyhodnocovací jednotky. Jeho podstata spočívá v tom, že kombinované snímače elektrického a magnetického pole jsou zavěšeny na vodičích prostřednictvím izolátorů s odstupem od stožáru a vyhodnocovací jednotka propojená se snímači signálovými kabely je umístěna na stožáru.

Aby nedocházelo ke kolizím snímačů, jsou jejich vzájemné vzdálenosti s výhodou stabilizovány alespoň jednou vzpěrou z nemagnetického materiálu.

Část snímače pro snímání elektrického pole může být tvořena elektrodou napojenou na vyhodnocovací jednotku přes zemněný obvod tvořený snímacím kondenzátorem a vstupním odporem, přičemž je tento obvod propojen s mikropočítačem prostřednictvím zesilovače.

Část snímače pro snímání magnetického pole může být tvořena snímací cívkou, do jejíhož zemněného obvodu jsou zapojeny odpory integračního členu a kondenzátor integračního členu, přičemž je tento obvod propojen s mikropočítačem prostřednictvím diferenciálního zesilovače.

5

Přehled obrázků na výkrese

Vynález bude dále objasněn pomocí výkresu, na němž obr. 1 představuje schématicky celkovou dispozici a umístění detekčního zařízení podle vynálezu, obr. 2 ukazuje propojení snímačů jed-
nou stabilizační vzpěrou a na obr. 3 je schéma zapojení kombinovaného snímače.

10

Příklady provedení vynálezu

Na vodičích 1A, 1B, 1C uložených na stožáru 7 pomocí nosného izolátoru 3 jsou ve vzdálenosti 2 m od stožáru zavěšeny kombinované snímače 4A, 4B, 4C prostřednictvím izolátorů 2A, 2B, 2C. Jejich výstupy jsou svedeny signálovými kabely 5A, 5B, 5C do vyhodnocovací jednotky 6 umístěné na stožáru 7. Každý z kombinovaných snímačů 4A, 4B, 4C je tvořen částí určenou ke snímání elektrického pole a částí pro magnetické pole. Část ke snímání elektrického pole má elektrodu 41 napojenou na mikropočítač 40 přes zemněný obvod tvořený snímacím kondenzátorem 43 a vstupním odporem 44, přičemž je tento obvod propojen s mikropočítačem 40 prostřed-
nictvím zesilovače 49. Část ke snímání magnetického pole je tvořena snímací cívkou 42, do její-
hož zemněného obvodu jsou zapojeny odpory 45, 46 integračního členu a kondenzátor 47 integ-
račního členu, přičemž je tento obvod propojen s mikropočítačem 40 prostřednictvím diferenciál-
ního zesilovače 48. Vyhodnocovací jednotka 6 je tedy tvořena popsányými obvody a mikropočíta-
čem 40.

20

25

Část ke snímání elektrického pole generuje signál úměrný napětí vodiče 1 vzhledem k potenciálu země, zatímco část ke snímání magnetického pole vytváří signál úměrný proudu v příslušném vodiči 1. Vzniklé signály se upravují zesilovači 48, 49 a vstupují do mikropočítače 40, jehož pro-
gram vyhodnocuje elektrický stav sledovaného vedení, například vzniklé zemní spojení nebo
zkratový proud.

30

35

Podstata vynálezu

Uvedený úkol řeší detektor zemního spojení pro vedení vysokého napětí tvořený snímači elektrického pole a magnetického pole, které jsou umístěny v bezpečné vzdálenosti od vodičů a jejichž výstupy jsou svedeny do vyhodnocovací jednotky. Jeho podstata spočívá v tom, že kombinované snímače elektrického a magnetického pole jsou zavěšeny na vodičích prostřednict-
vím izolátorů s odstupem od stožáru a vyhodnocovací jednotka propojená se snímači signálový-
mi kabely je umístěna na stožáru.

45

Aby nedocházelo ke kolizím snímačů, jsou jejich vzájemné vzdálenosti s výhodou stabilizovány alespoň jednou vzpěrou z nemagnetického materiálu.

Část snímače pro snímání elektrického pole může být tvořena elektrodou napojenou na vyhodno-
covací jednotku přes zemněný obvod tvořený snímacím kondenzátorem a vstupním odporem, přičemž je tento obvod propojen s mikropočítačem prostřednictvím zesilovače.

50

CZ 300802 B6

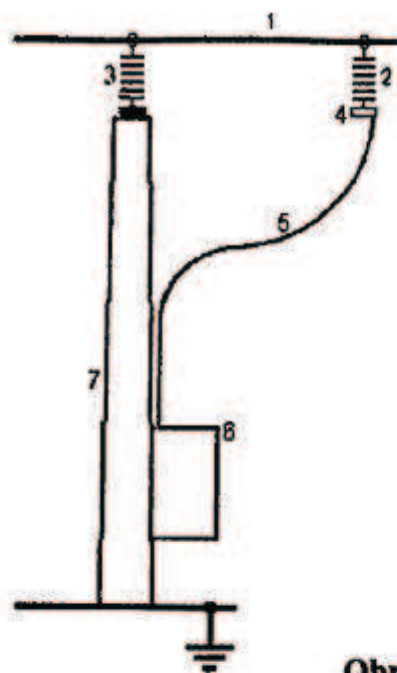
PATENTOVÉ NÁROKY

- 5 1. Detektor zemního spojení pro vedení vysokého napětí tvořený snímači elektrického pole a magnetického pole, které jsou umístěny v bezpečné vzdálenosti od vodičů a jejichž výstupy jsou svedeny do vyhodnocovací jednotky, **vyznačující se tím**, že kombinované snímače (4A, 4B, 4C) elektrického a magnetického pole jsou zavěšeny na vodičích (1A, 1B, 1C) prostřednictvím izolátorů (2A, 2B, 2C) s odstupem od stožáru (7) a vyhodnocovací jednotka (6)
- 10 propojená se snímači (4A, 4B, 4C) signálovými kabely (5A, 5B, 5C) je umístěna na stožáru (7).
2. Detektor podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že vzájemné vzdálenosti snímačů (4A, 4B, 4C) jsou stabilizovány alespoň jednou vzpěrou (8) z nemagnetického materiálu.
- 15 3. Detektor podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že část snímače (4A, 4B, 4C) ke snímání elektrického pole je tvořena elektrodou (41) napojenou na vyhodnocovací jednotku (6) přes zemněný obvod tvořený snímacím kondenzátorem (43) a vstupním odporem (44), přičemž je tento obvod propojen s mikropočítačem (40) prostřednictvím zesilovače (49).
- 20 4. Detektor podle nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že část snímače (4A, 4B, 4C) ke snímání magnetického pole je tvořena snímací cívkou (42), do jejíhož zemněného obvodu jsou zapojeny odpory (45, 46) integračního členu a kondenzátor (47) integračního členu, přičemž je tento obvod propojen s mikropočítačem (40) prostřednictvím diferenciálního zesilovače (48).

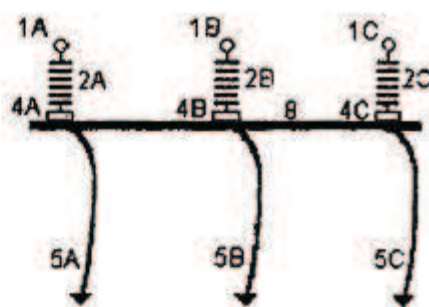
25

I výkres

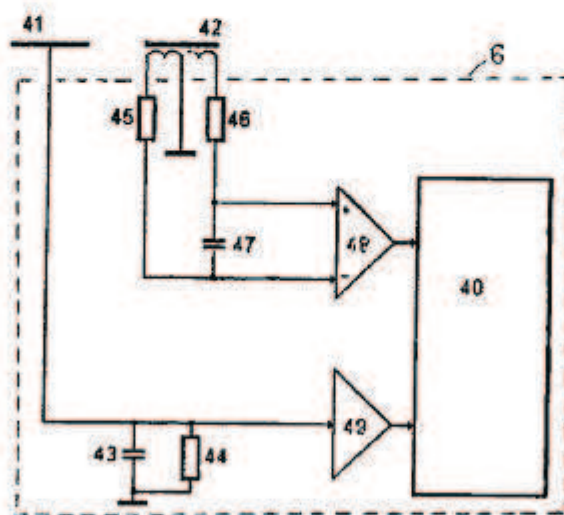
CZ 300802 B6



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3

Konec dokumentu

Příloha 3. Teoretické předpoklady pro výpočet elektromagnetického pole

Při výpočtu elektromagnetických polí v okolí (pod vodiči) vedení VN vyjdeme z Maxwellových rovnic pro kvazistacionární elektromagnetické pole. V našem případě se jedná o časově proměnné elektromagnetické pole buzené harmonickými signály o kmitočtu 50Hz. V rovnici (1) lze zanedbat posuvný proud na pravé straně.

$$\oint_l \mathbf{H} d\mathbf{l} = I \quad (1)$$

$$\oint_l \mathbf{E} d\mathbf{l} = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (2)$$

$$\oiint_S \mathbf{D} d\mathbf{S} = Q \quad (3)$$

$$\oiint_S \mathbf{B} d\mathbf{S} = 0 \quad (4)$$

Materiálové vztahy

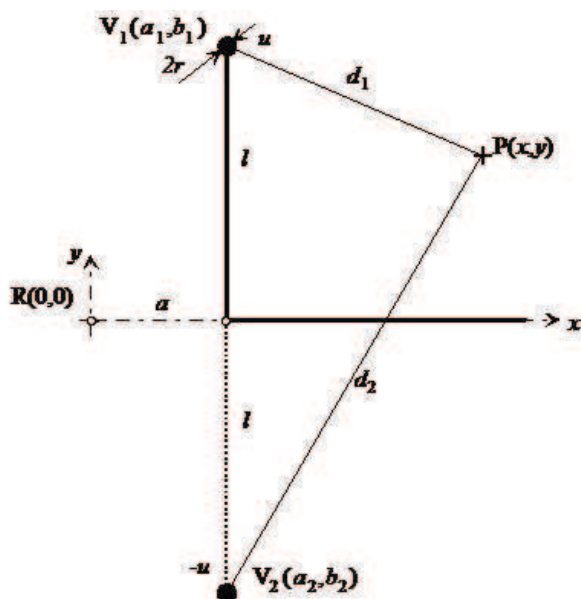
$$\mathbf{D} = \varepsilon \cdot \mathbf{E} \quad (5)$$

$$\mathbf{B} = \mu \cdot \mathbf{H} \quad (6)$$

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r, \quad \varepsilon_0 \cong 10^{-9}/36\pi \text{ F/m je permitivita vakua} \quad (7)$$

$$\mu = \mu_0 \mu_r, \quad \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m je permeabilita vakua} \quad (8)$$

A Elektrické pole pod vedením



Obr. 1. Jednovodičové nadzemní vedení. Elektrické pole.

Výpočet elektrického pole vychází z metodiky zrcadlení. Pro jeden vodič V_1 o poloměru r a napětí u proti zemi se středem ve výšce l (Obr. 1). Počátek souřadnic je v bodě R. Je třeba určit elektrické pole v obecném bodě P o souřadnicích x a y , jsou-li známy souřadnice tohoto bodu a dále vzdálenost l .

Pro vzdálenosti d_1 a d_2 . Platí:

$$\begin{aligned} d_1 &= \sqrt{(x-a_1)^2 + (y-b_1)^2}, \\ d_2 &= \sqrt{(x-a_2)^2 + (y-b_2)^2}. \end{aligned} \quad (9)$$

Dále se vyjde ze vztahu pro stanovení potenciálu v poli dvou rovnoběžných vodičů V_1 a V_2 o poloměru r , z nichž jeden je nabit délkovým nábojem q a druhý délkovým nábojem opačného znaménka $-q$. Potenciál v bodě P je nyní dán vztahem

$$\varphi(P) = \frac{q}{2\pi\epsilon_0} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1}, \quad (10)$$

Dosadí-li se za d_1 a d_2 , dostáváme

$$\varphi(P) = \frac{q}{2\pi\epsilon_0} \cdot \ln \frac{\sqrt{(x-a_2)^2 + (y-b_2)^2}}{\sqrt{(x-a_1)^2 + (y-b_1)^2}}. \quad (11)$$

Pokud by se jednalo pouze o jeden vodič V_1 a jeho zrcadlový obraz V_2 , je neznámá velikost liniového náboje q získána z podmínky, že potenciál na povrchu vodiče V_1 ($d_2 \cong s_{12} = 2l$ a $d_1 = r$) je roven známému napětí u , takže

$$u = \frac{q}{2\pi\epsilon_0} \cdot \ln \frac{2l}{r}. \quad (12)$$

Ve vícevodičové soustavě zavedeme pro i -tý vodič ($i = 1, \dots, n$) označení $l_i, a_{1i}, a_{2i}, b_{1i}, b_{2i}, d_{1i}, d_{2i}, l_i, r_i, u_i$ a q_i . Pro úplnost je zapotřebí podotknout, že vzdálenost g_i může být jak kladná, tak i záporná (podle toho, kterým směrem se v obr. 2 pohybujeme od referenčního bodu R). Potenciál v bodě $P(x,y)$ je nyní dán superpozicí příspěvků od jednotlivých vodičů V_{i1} a jejich zrcadlových obrazů V_{i2} :

$$\varphi(P) = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{2\pi\epsilon_0} \cdot \ln \frac{d_{2i}}{d_{1i}} = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{2\pi\epsilon_0} \cdot \ln \frac{\sqrt{(x-a_{2i})^2 + (y-b_{2i})^2}}{\sqrt{(x-a_{1i})^2 + (y-b_{1i})^2}}, \quad (13)$$

opět s neznámými veličinami $q_i, i = 1, \dots, n$. Ty se opět určí z podmínky, že na povrchu i -tého vodiče je známé napětí vůči zemi u_i , přičemž v případě zemnicích lan je toto napětí nulové. Obecně lze tedy psát, že

$$u_j = \sum_{i=1}^n k_{ji} \cdot q_i, \quad (14)$$

kde

$$\begin{aligned} k_{ji} &= \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \cdot \ln \frac{\sqrt{(a_{1j}-a_{2i})^2 + (b_{1j}-b_{2i})^2}}{\sqrt{(a_{1j}-a_{1i})^2 + (b_{1j}-b_{1i})^2}} \quad \text{pro } i \neq j, \\ k_{jj} &= \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \cdot \ln \frac{\sqrt{(a_{1j}-a_{2j})^2 + (b_{1j}-b_{2j})^2}}{r_j} \quad \text{pro } i = j. \end{aligned} \quad (15)$$

Tuto soustavu lineárních rovnic lze zapsat ve tvaru

$$\mathbf{u} = \mathbf{K} \cdot \mathbf{q}, \quad (16)$$

přičemž matice tzv. potenciálových koeficientů $\mathbf{K}$ je symetrická, diagonálně dominantní a regulární. Vektor liniových nábojů $\mathbf{q}$ je pak dán vztahem

$$\mathbf{q} = \mathbf{K}^{-1} \cdot \mathbf{u} = \mathbf{C} \cdot \mathbf{u}, \quad (17)$$

kde matice dílčích kapacit $\mathbf{C}$ je inverzní k matici $\mathbf{K}$. Dosazením takto získaných veličin q_i do rovnice 11 je tedy úloha stanovení rozložení potenciálu v mnohavodičové soustavě vyřešena.

Jednotlivé složky intenzity elektrického pole v bodě $P(x,y)$ (pozor, bod P nesmí ležet uvnitř žádného vodiče, projevil by se vliv nepřesností použitých při určování vzdáleností d_1 a d_2 ve vztahu 10, navíc v průřezu každého vodiče je elektrické pole nulové), nyní již snadno stanovíme ze vztahů odvozených z 11

$$\begin{aligned} E_x &= -\frac{\partial \varphi(x,y)}{\partial x} = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{2\pi\epsilon_0} \cdot \left[\frac{x-a_{1i}}{\sqrt{(x-a_{1i})^2 + (y-b_{1i})^2}} - \frac{x-a_{2i}}{\sqrt{(x-a_{2i})^2 + (y-b_{2i})^2}} \right], \\ E_y &= -\frac{\partial \varphi(x,y)}{\partial y} = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{2\pi\epsilon_0} \cdot \left[\frac{y-b_{1i}}{\sqrt{(x-a_{1i})^2 + (y-b_{1i})^2}} - \frac{y-b_{2i}}{\sqrt{(x-a_{2i})^2 + (y-b_{2i})^2}} \right] \end{aligned} \quad (18)$$

a její modul jako

$$|\mathbf{E}| = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}. \quad (19)$$

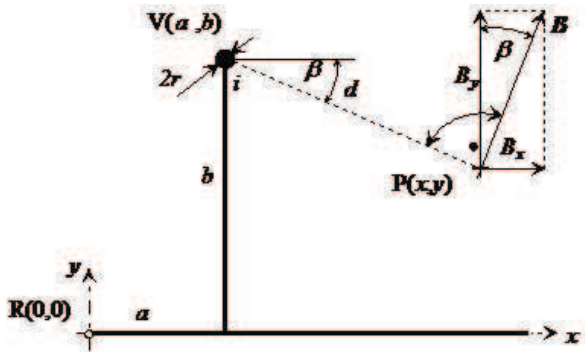
Při výpočtu pole v čase je třeba vzít v úvahu, že napětí jednotlivých vodičů jsou časově proměnná. Omezíme-li se pouze na harmonické průběhy o stejném kmitočtu f ($\omega = 2\pi f$), lze psát

$$u_i = u_i(t) = U_{im} \cdot \sin(\omega t + \beta_i), \quad (20)$$

kde U_{im} je amplituda a β_i fázový posuv napětí i -tého vodiče (u zemního lana $U_{im} = 0$).

B Magnetické pole

Výpočet vychází z určení složek vektoru pole v blízkosti vodiče kruhového průřezu (probráno v základním kurzu teorie elektromagnetického pole). Uvažujme nejprve jeden vodič V se středem v bodě o souřadnicích a, b a o poloměru r (viz Obr. 2), kterým protéká proud i (je obecně funkcí času). Počátek souřadnic je v bodě R . Úkolem je určit magnetické pole v obecném bodě P o souřadnicích x a y , jsou-li známy souřadnice tohoto bodu a dále vzdálenosti g a h .



Obr. 2. Jednovodičové nadzemní vedení. Magnetické pole.

Dále vypočteme vzdálenost d . Platí:

$$d = \sqrt{(x-a)^2 + (y-b)^2}. \quad (21)$$

Modul magnetické indukce v bodě P je dán vztahem

$$|\mathbf{B}| = \frac{\mu_0 i}{2\pi d}, \quad (22)$$

Složky tohoto vektoru jsou nyní dány formulí (Obr. 2):

$$B_x = -|\mathbf{B}| \cdot \sin\beta, \quad B_y = |\mathbf{B}| \cdot \cos\beta, \quad (23)$$

což po úpravě dává

$$B_x = \frac{\mu_0 i}{2\pi} \cdot \frac{b-y}{(a-x)^2 + (b-y)^2}, \quad B_y = \frac{\mu_0 i}{2\pi} \cdot \frac{x-a}{(a-x)^2 + (b-y)^2}. \quad (24)$$

V lineárním prostředí s n vodiči, jejichž středy mají souřadnice a_i, b_i a jimiž protékají proudy $i_i, i = 1, \dots, n$ jsou složky pole v bodě P dány vztahy

$$B_x = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{i_i \cdot (b_i - y)}{(a_i - x)^2 + (b_i - y)^2}, \quad B_y = \frac{\mu_0}{2\pi} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{i_i \cdot (x - a_i)}{(a_i - x)^2 + (b_i - y)^2}. \quad (25)$$

Nyní nezbyvá, než do těchto vztahů dosadit. Jedinou komplikací zde může představovat přítomnost zemnicích lan, kde nejprve musíme určit protékající proudy.

C Simulace v prostředí MATLAB

```
%haefel8c.m;
%Magnetické pole vodičů 3-fázové soustavy;
%Soustava U je souměrná, zatěžovací odporová;
%Indukce napětí do souběžného vodiče;
xa=input('souřadnice 1.vodiče [m]: xa= ');
ya=input('souřadnice 1.vodiče [m]: ya= ');
xb=input('souřadnice 2.vodiče [m]: xb= ');
yb=input('souřadnice 2.vodiče [m]: yb= ');
xc=input('souřadnice 3.vodiče [m]: xc= ');
yc=input('souřadnice 3.vodiče [m]: yc= ');
Ib=input('proud vodiče b [A]: Ib= ');
Ic=input('proud vodiče c [A]: Ic= ');
Ib=Ib*exp(i*2/3*pi);
Ic=Ic*exp(-i*2/3*pi);
Ia=-(Ib+Ic);
%Ib=Ib*1.01;
Io=input('proud Io [A]: ');
Ia=Ia+Io;
Ib=Ib+Io;
Ic=Ic+Io;
y=input('souřadnice pole [m]: y= ');
xmin=input('min souřadnice pole [m]: xmin= ');
xmax=input('max souřadnice pole [m]: xmax= ');
x=xmin:(xmax-xmin)/100:xmax;
A=(x-xa).^2+(y-ya).^2;
B=(x-xb).^2+(y-yb).^2;
C=(x-xc).^2+(y-yc).^2;
Hx=((y-ya)*Ia./A+(y-yb)*Ib./B+(y-yc)*Ic./C)/2/pi;
Hy=((x-xa)*Ia./A+(x-xb)*Ib./B+(x-xc)*Ic./C)/2/pi;
```

```

H=sqrt(abs(Hx) .^2+abs(Hy) .^2);
zoom off;
plot(x,abs(Hx),'w',x,abs(Hy),'r',x,H,'b');
grid;
xlabel('souradnice x [m]');
ylabel('Hx(w),Hy(r),abs(H)(b), v rovine y [A/m]');
title('Magneticke pole 3-faz soustavy');
text=sprintf('pole v rovine y= %6.2f,y');
gtext('Hx');
gtext('Hy');
gtext('abs(H)');
gtext(text);

%Graf merenych hodnot;
%hold on;
%xm=[0, 0.275, 0.55, 0.825, 1.1, 1.65, 2.2];
%Uxm=[0.1, 0.23, 0.24, 0.4, 0.49, 0.61, 0.75];
%Uym=[1.51,1.45, 1.46, 1.43, 1.37, 1.25, 1.16];
%xm=[0, 0.275, 0.55, 0.825, 1.1];
%Uxm=[0.2, 0.19, 0.21, 0.21, 0.22];
%Uym=[0.36, 0.36, 0.34, 0.33, 0.32];
%Hxm=0.3*Uxm;
%Hym=0.3*Uym;
%plot(xm,Hxm,'*',xm,Hym,'+');
%hold off;
keyboard;

%l=input('delka soubehu [m] :');
%By=Hy*1.256e-6;
%mgtok=cumsum(By)*(xmax-xmin)/50*1;
%U=314*mgtok;

%plot(x,U);
%grid;
%xlabel('souradnice x [m]');
%ylabel('Indukovane napeti v soubeznem vodici [V]');
%title('Indukovane napeti ze soubehu');

%Komplexni slozky pole Hx;
plot(x,real(Hx),'r',x,imag(Hx),'b');
grid;
xlabel('souradnice x [m]');
ylabel('Real(Hx)rot,Imag(Hx)blue, [A/m]');
title('Komplexni slozky pole Hx');
gtext('Real(Hx)');
gtext('Imag(Hx)');
keyboard;
%Fazor Hx;
compass(Hx);
grid;
xlabel('Re(Hx)');
ylabel('Im(Hx)');
zoom on;

```

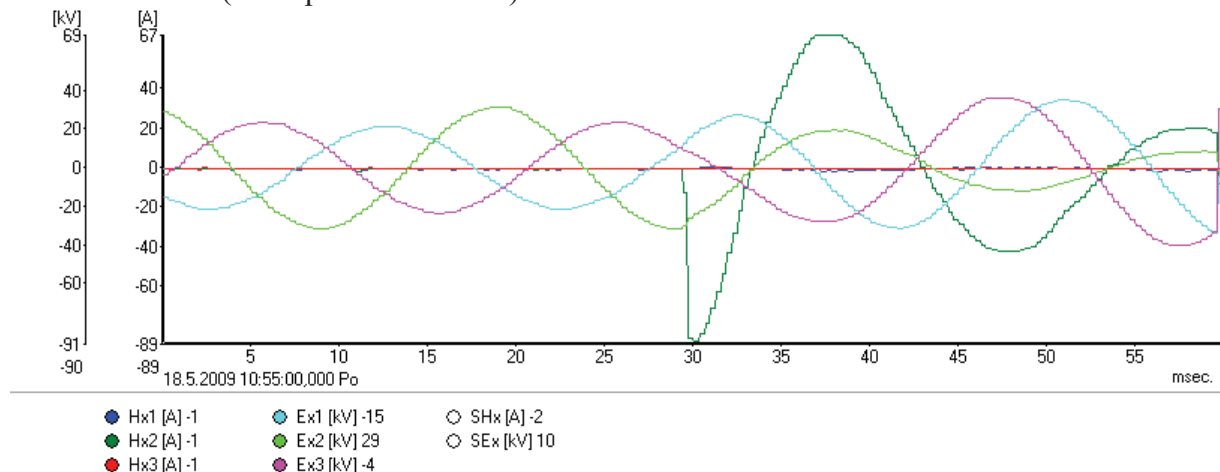
```
%Haefel7.m;
%El. pole vodorovne trojice vodicu v blizkosti zeme;
%Soumerna napetova soustava;
V=input('napeti vodice [V]: ');
h=input('vyska vodice nad zemi [m]: ');
d=input('prumer vodice [mm]: ');
a=input('rozmer "a" snimaci elektrody [m]:');
b=input('rozmer "b" snimaci elektrody [m]:');
Co=input('kapacita snimaci elektrody [pF]:');
D=input('vzdalenost vodicu [m]: ');
d=d/1000;
Co=Co*1e-12;
V1=V;
V2=V*exp(i*2/3*pi);
V3=V*exp(-i*2/3*pi);
r1=0:3*h/100:3*h;
r2=r1-D;
r3=r1-2*D;
pom=log((4*h-d)/d);
En1=V1*h*2 ./((h^2+r1.^2)*pom);
En2=V2*h*2 ./((h^2+r2.^2)*pom);
En3=V3*h*2 ./((h^2+r3.^2)*pom);
En=En1+En2+En3;
plot(r1,abs(En));
grid;
xlabel('Vzdalenost od 1. vodice zleva "r1" [m]');
ylabel('Intenzita el. pole "En" [V/m]');
title('El. pole vodorovne trojice vodicu v blizkosti zeme');
keyboard;
%rm=[0,D/2,D,1.5*D,2*D,2.5*D,3*D];
%Um=[55,16,16,38.5,48,49,53.7];
U=8.85e-12*a*b*abs(En)/Co*1000;
plot(r1,U);
grid;
xlabel('Vzdalenost od 1. vodice zleva "r1" [m]');
ylabel('Napeti na snimaci elektrode [mV]');
title('El. pole vodorovne trojice vodicu v blizkosti zeme');
%gtext('*...namereno');
```

Příloha 4. Průběhy při simulovaných ZS v reálné síti VN

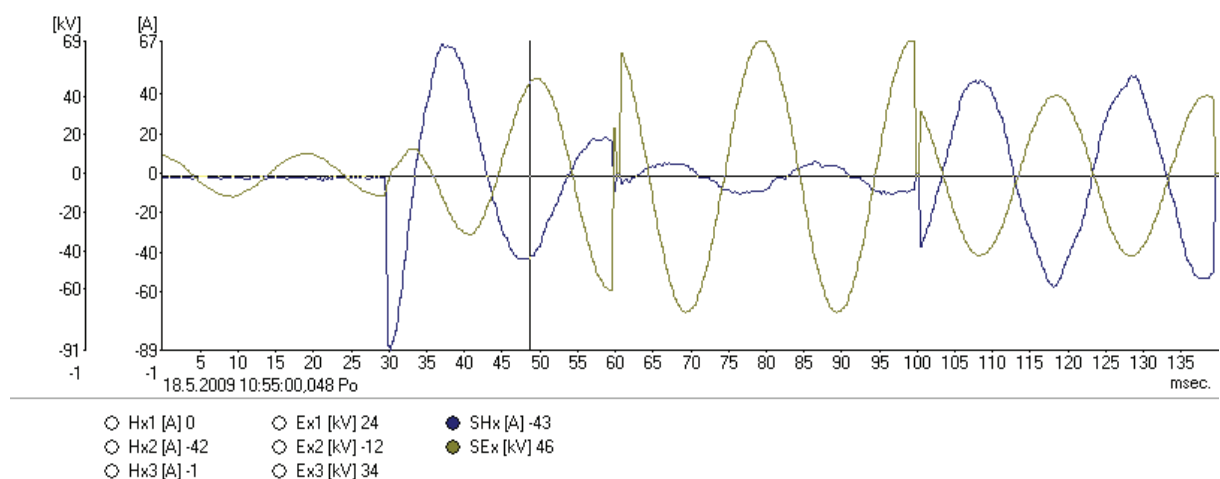
Měření ve střední vzdálenosti v síti Žďár nad Sázavou 18.5.2009

Zkouška 1. Zkušební kovové zemní spojení, 10:55

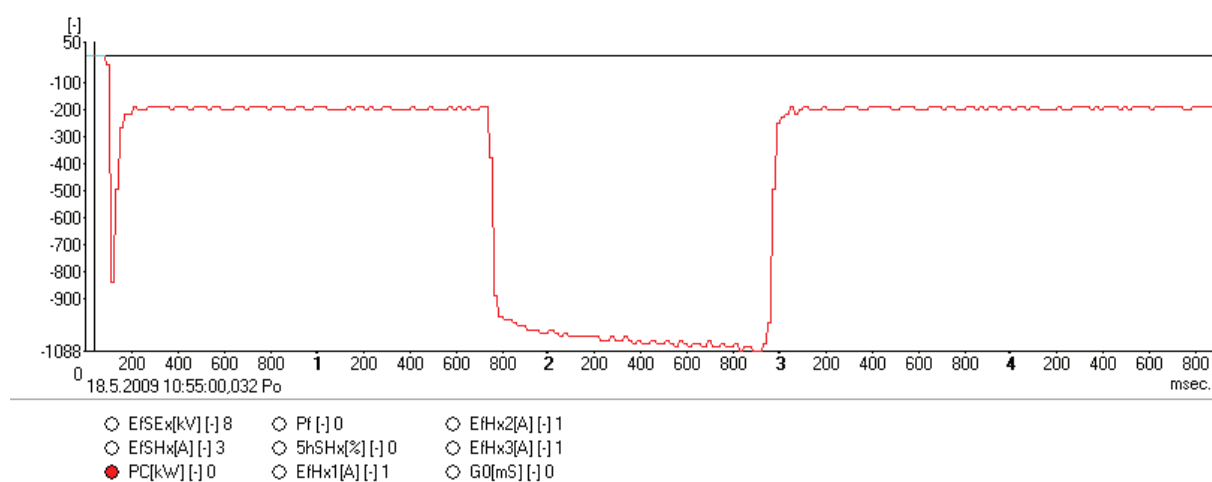
Indikátor v.č.58 (těsně před místem ZS)



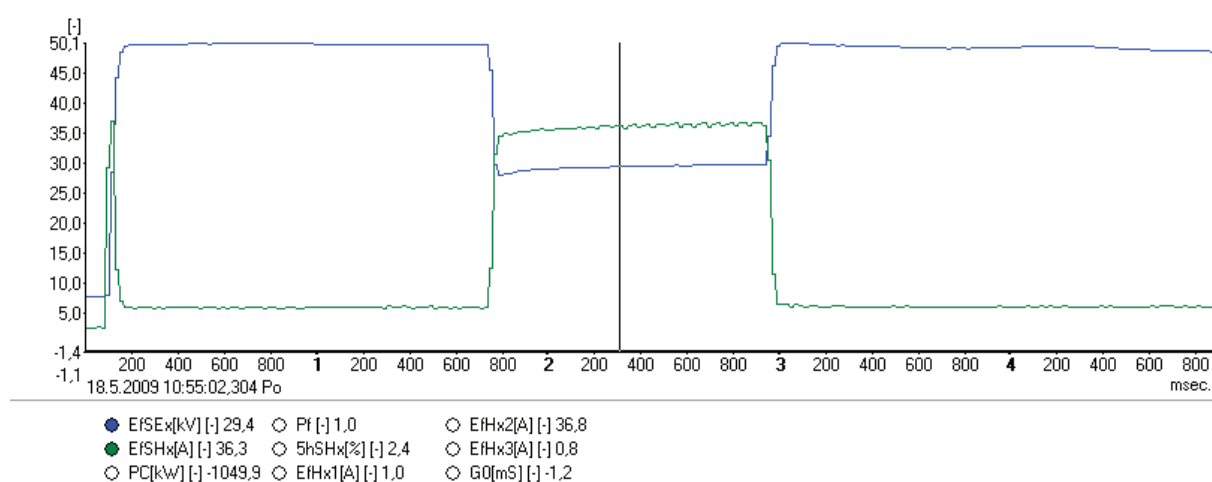
Obr. 1. Oscillografické průběhy fázových napětí a proudů. Nulový odběr.



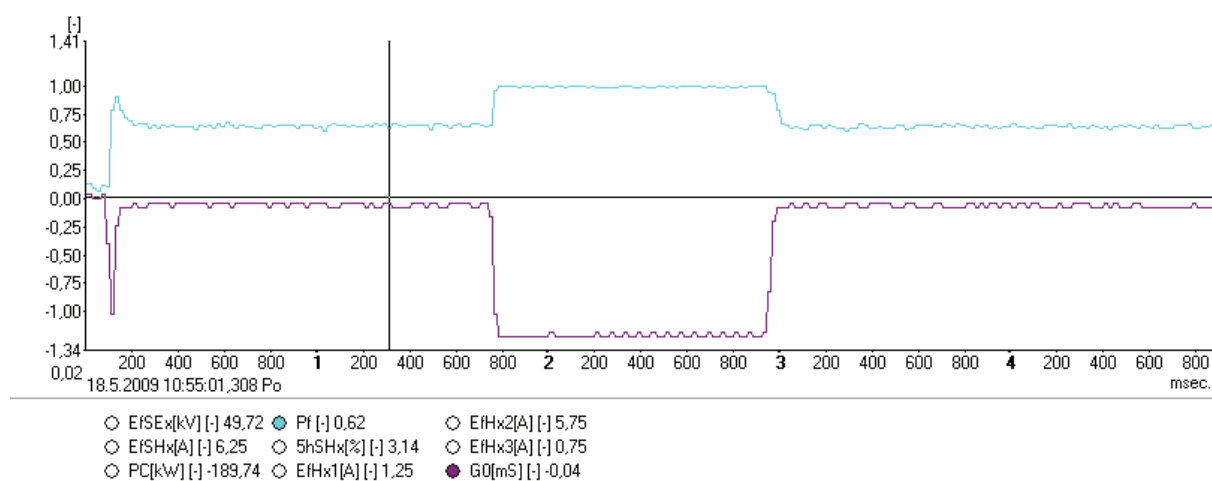
Obr. 2. Oscillografické průběhy složek U_0 a I_0 po vzniku ZS (v grafu 0-60ms), před připojením odporu v čase 0,5s po vzniku ZS (v grafu 60-100ms) a při připojení odporu (v grafu 100-140ms)



Obr. 3. Průběh hodnot činného výkonu složek U_0 a I_0 .

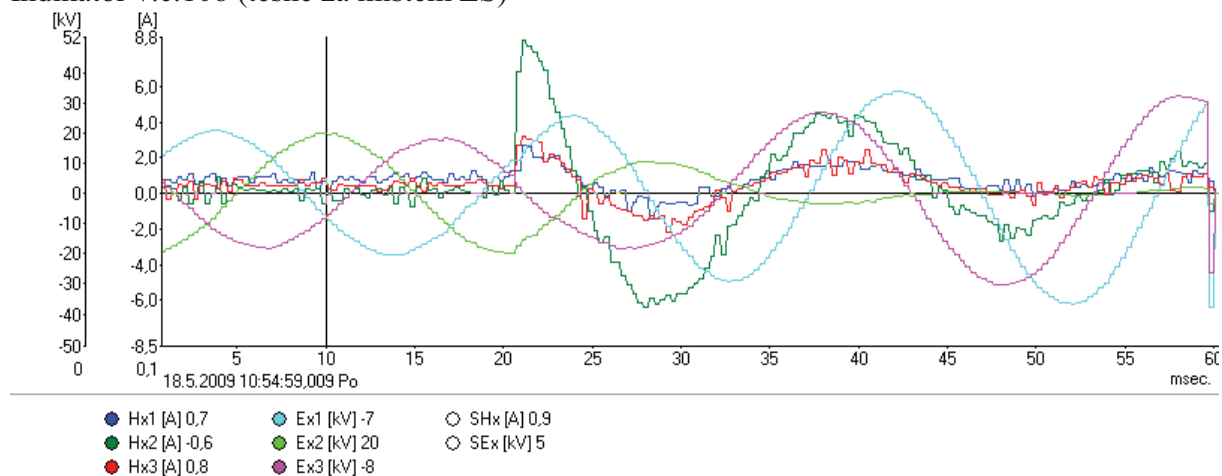


Obr. 4. Průběh efektivních hodnot složek U_0 a I_0 .

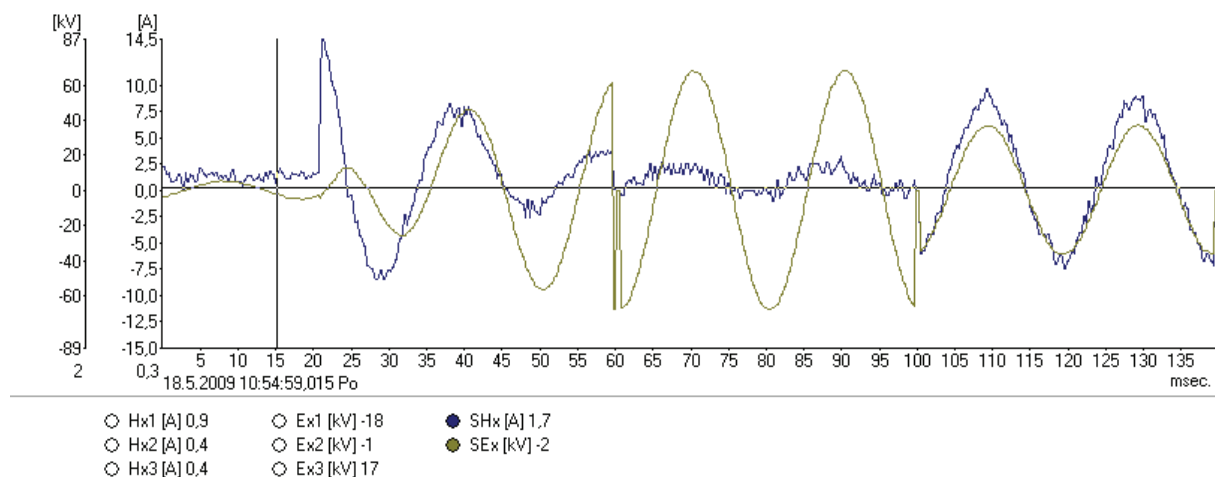


Obr. 5. Průběh hodnot P_f složek U_0 a I_0 a G_0 .

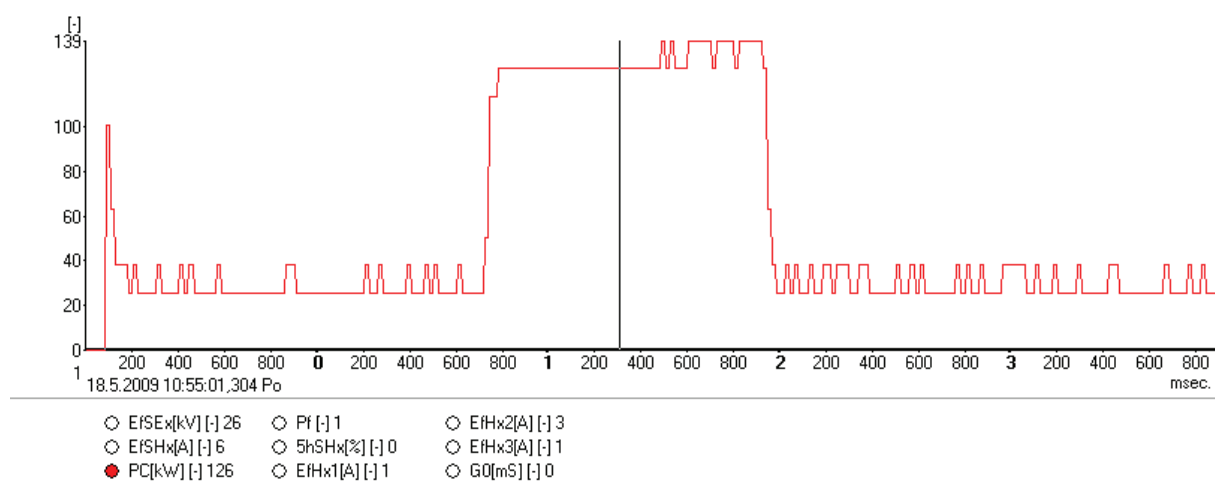
Indikátor v.č.108 (těsně za místem ZS)



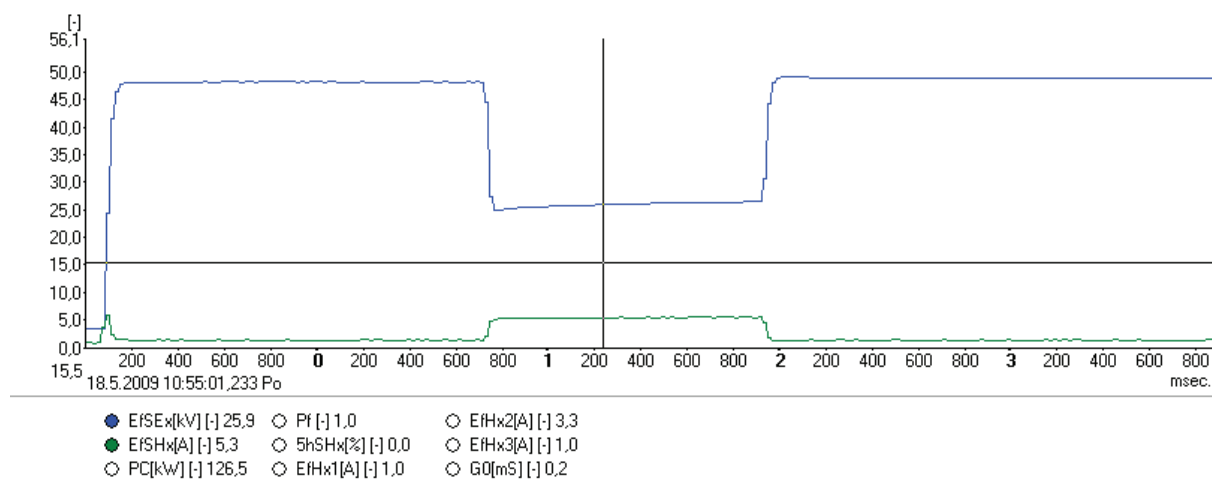
Obr. 6. Oscilografické průběhy fázových napětí a proudů. Nulový odběr.



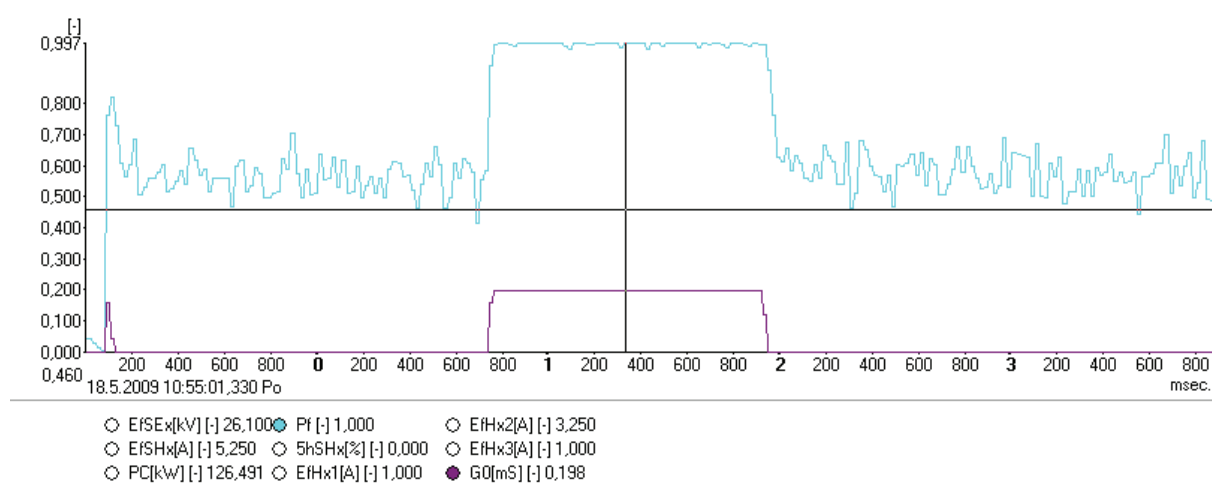
Obr. 7. Oscilografické průběhy složek U_0 a I_0 .



Obr. 8. Průběh hodnot činného výkonu složek U_0 a I_0 .



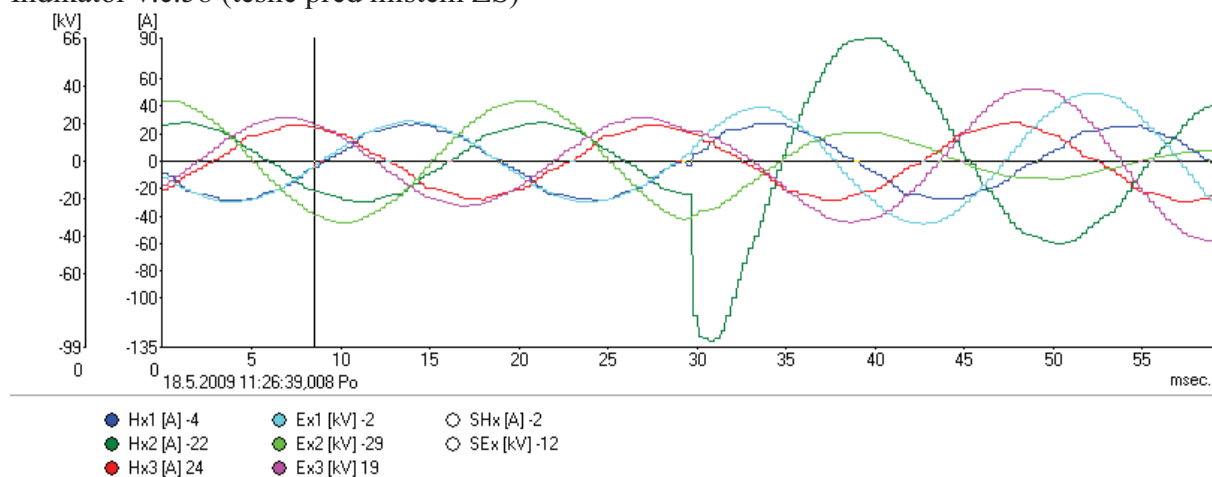
Obr. 9. Průběh efektivních hodnot složek U_0 a I_0 .



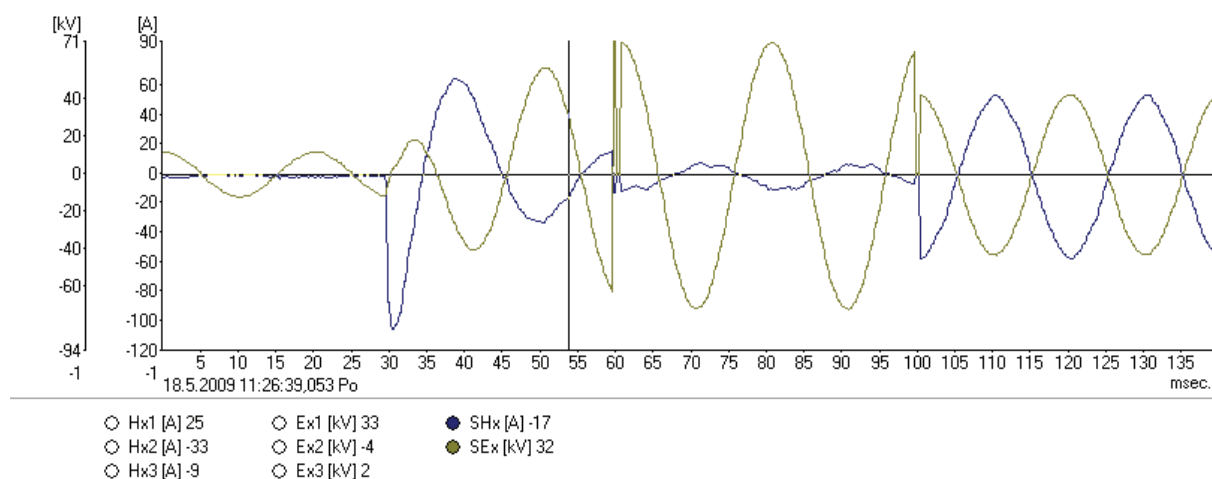
Obr. 10. Průběh hodnot Pf složek U_0 , I_0 a G_0

Zkouška 2. Kovové zemní spojení, vyladěná tlumivka, 11:26

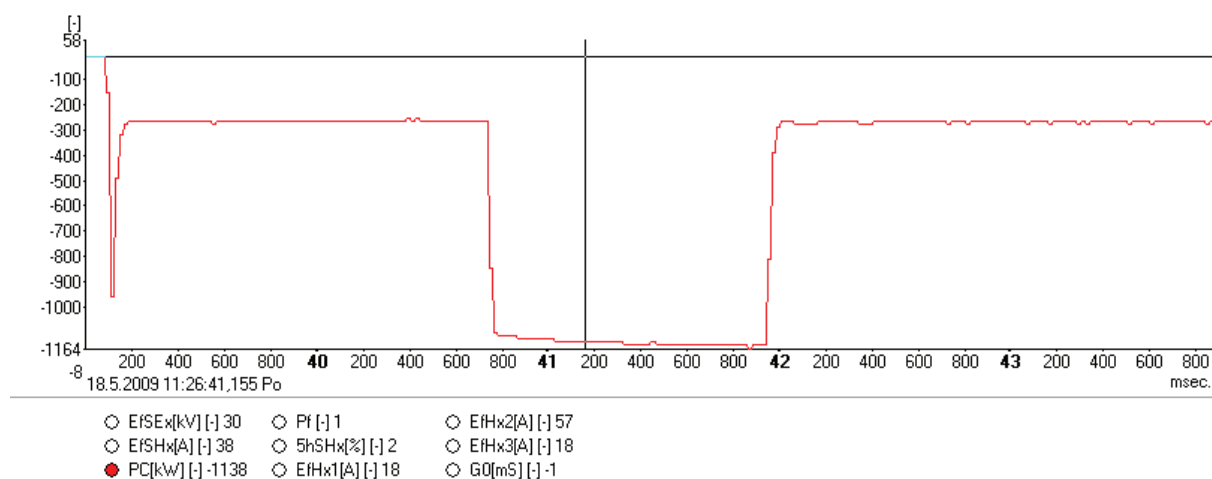
Indikátor v.č.58 (těsně před místem ZS)



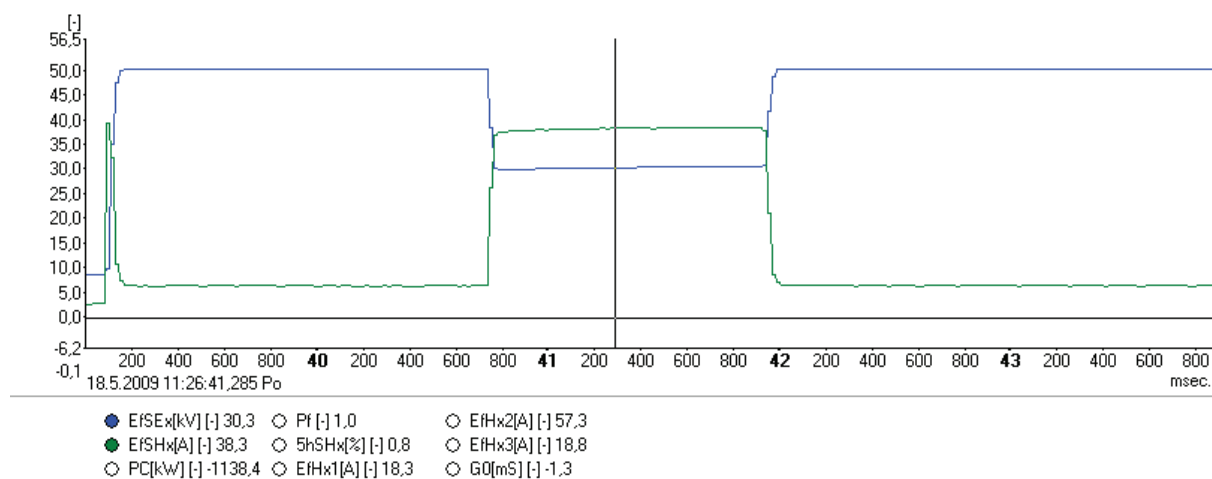
Obr. 11. Oscilografické průběhy fázových napětí a proudů. Nenulový odběr.



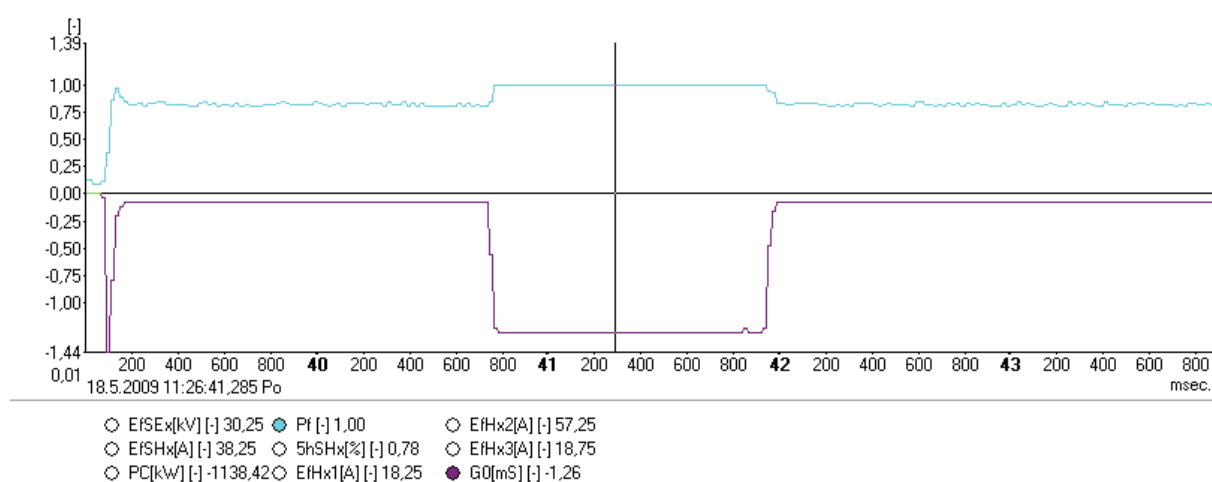
Obr. 12. Oscilografické průběhy složek U_0 a I_0



Obr. 13. Průběh hodnot činného výkonu složek U_0 a I_0 .

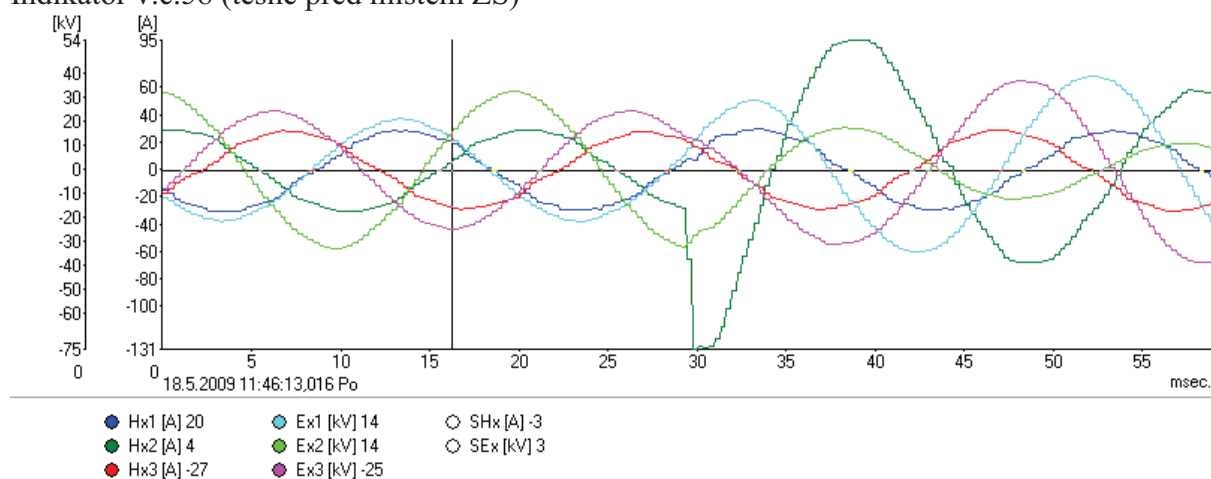


Obr. 14. Průběh efektivních hodnot složek U_0 a I_0 .

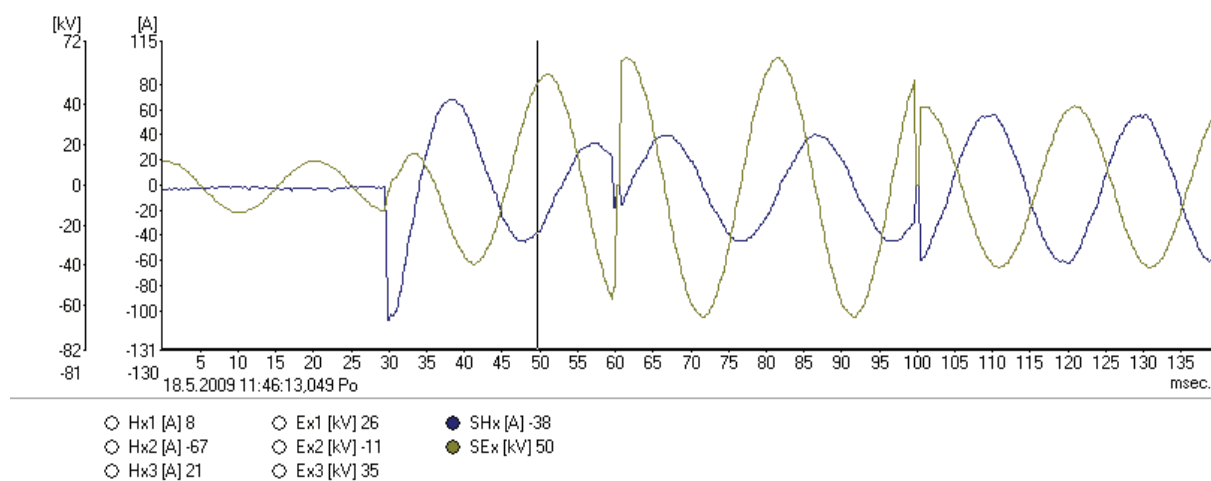


Obr. 15. Průběh hodnot P_f složek U_0 , I_0 a G_0 .

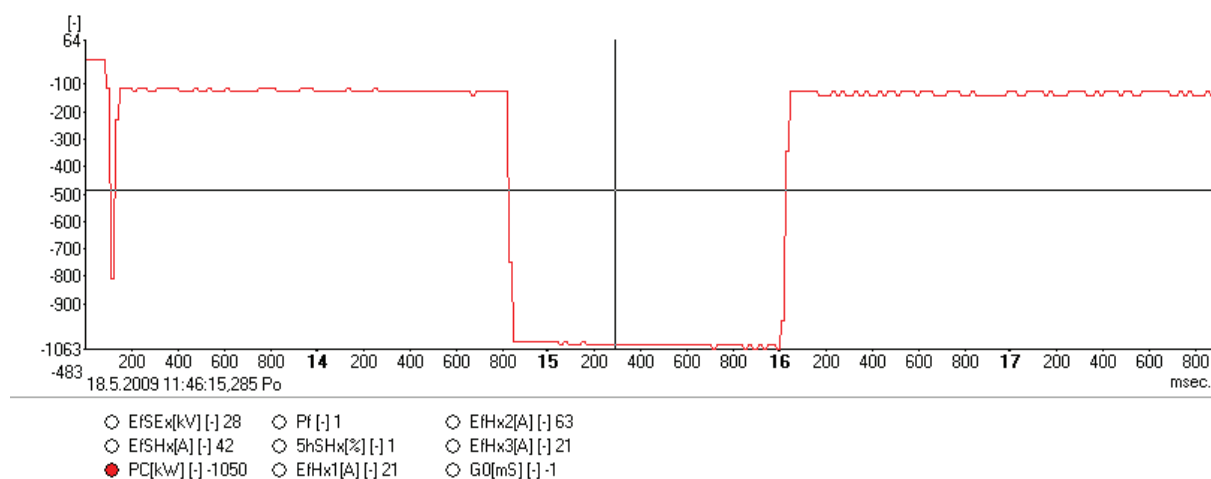
Zkouška 3. Kovové zemní spojení, podladěná tlumivka, 11:46
Indikátor v.č.58 (těsně před místem ZS)



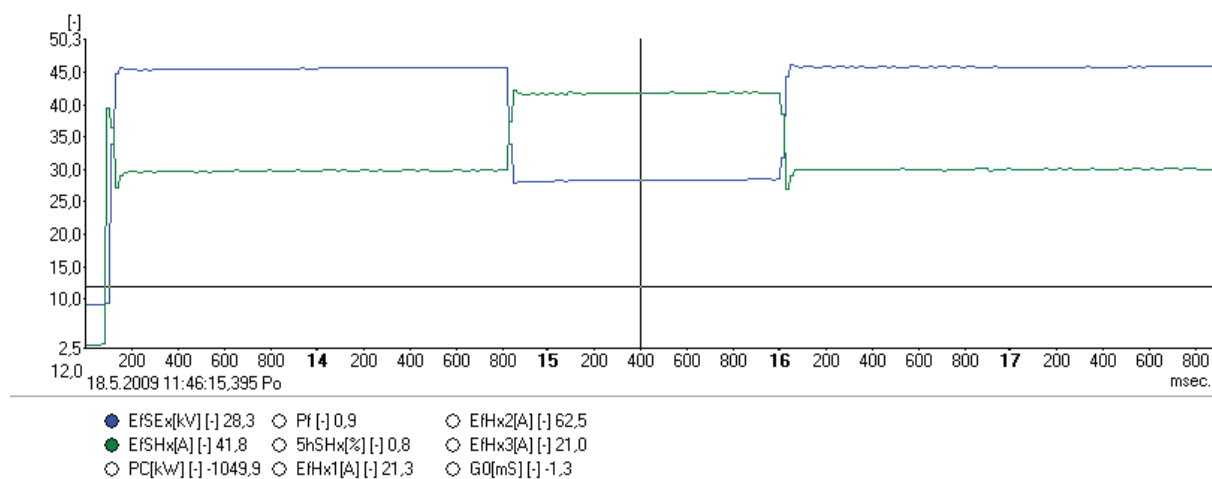
Obr. 16. Oscilografické průběhy fázových napětí a proudů. Nenulový odběr.



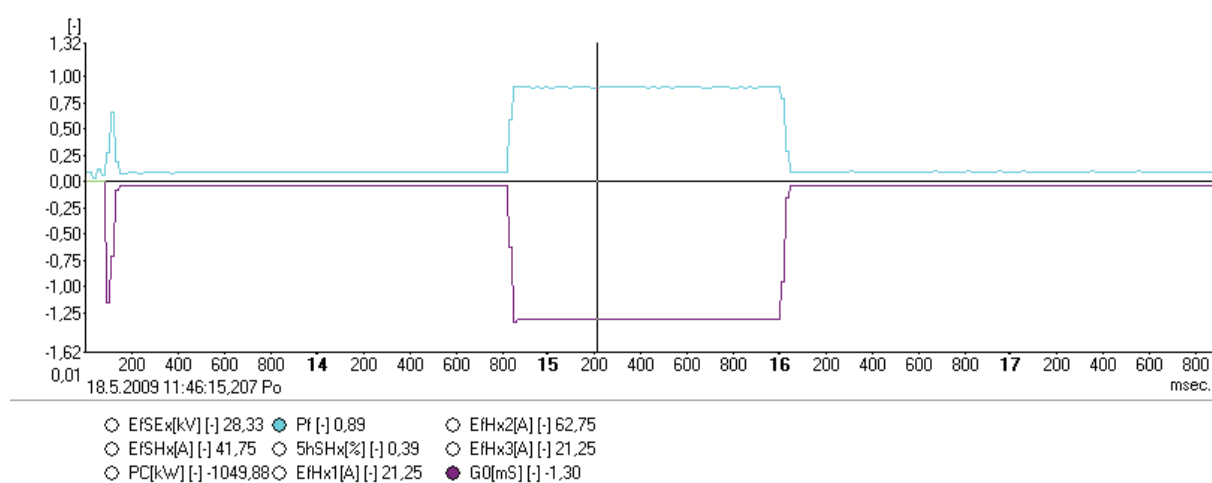
Obr. 17. Oscilografické průběhy složek U_0 a I_0



Obr. 18. Průběh hodnot činného výkonu složek U_0 a I_0 .

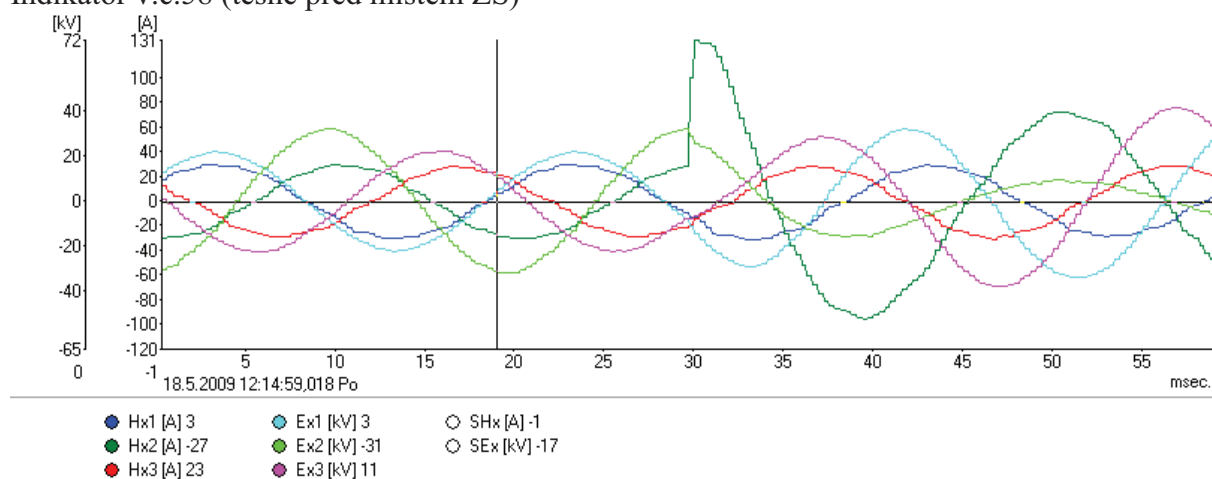


Obr. 19. Průběh efektivních hodnot složek U_0 a I_0 .

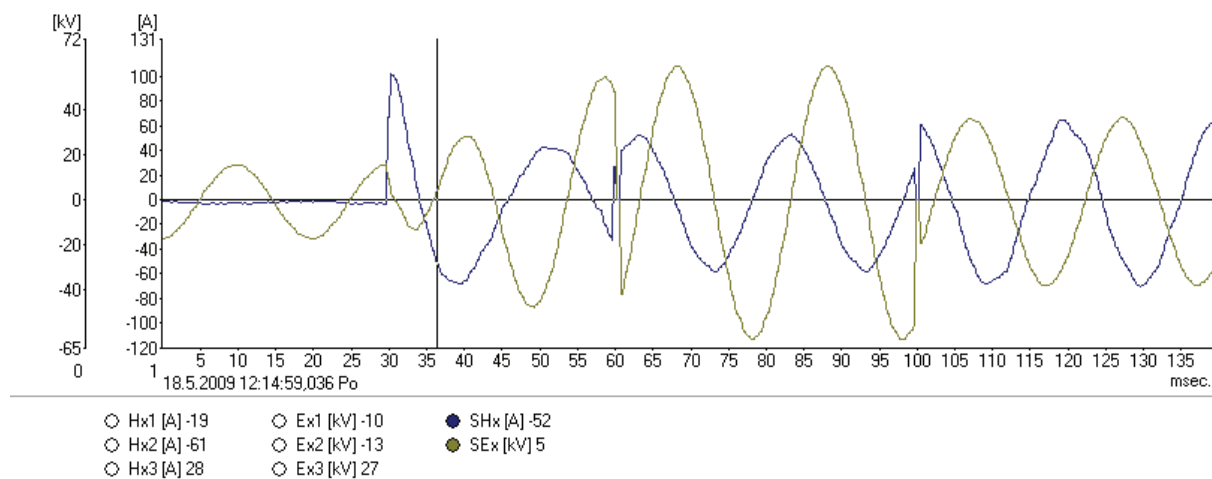


Obr. 20. Průběh hodnot P_f složek U_0 , I_0 a G_0 .

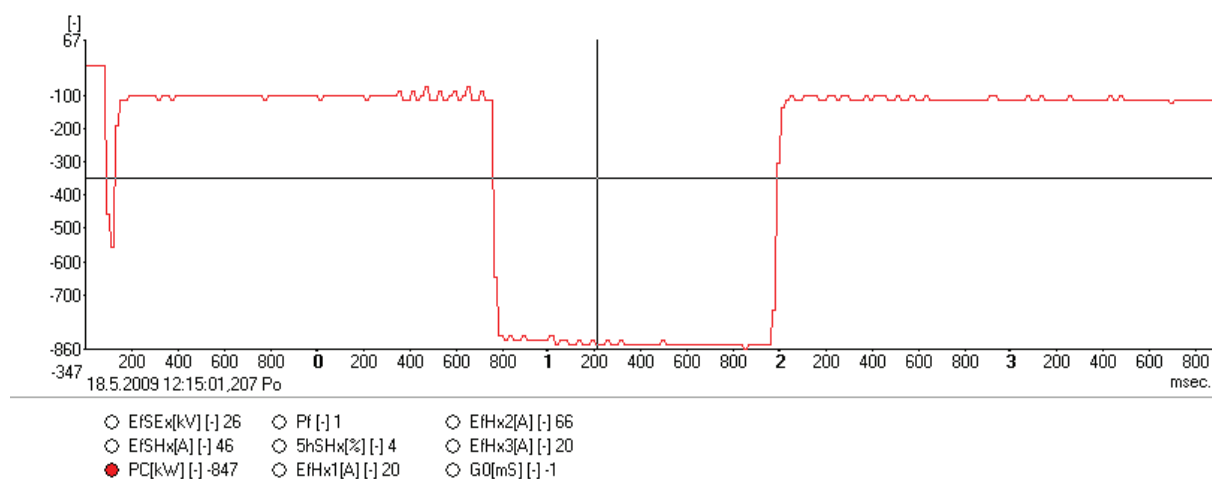
Zkouška 4. Kovové zemní spojení, přeladěná tlumivka, 12:15
Indikátor v.č.58 (těsně před místem ZS)



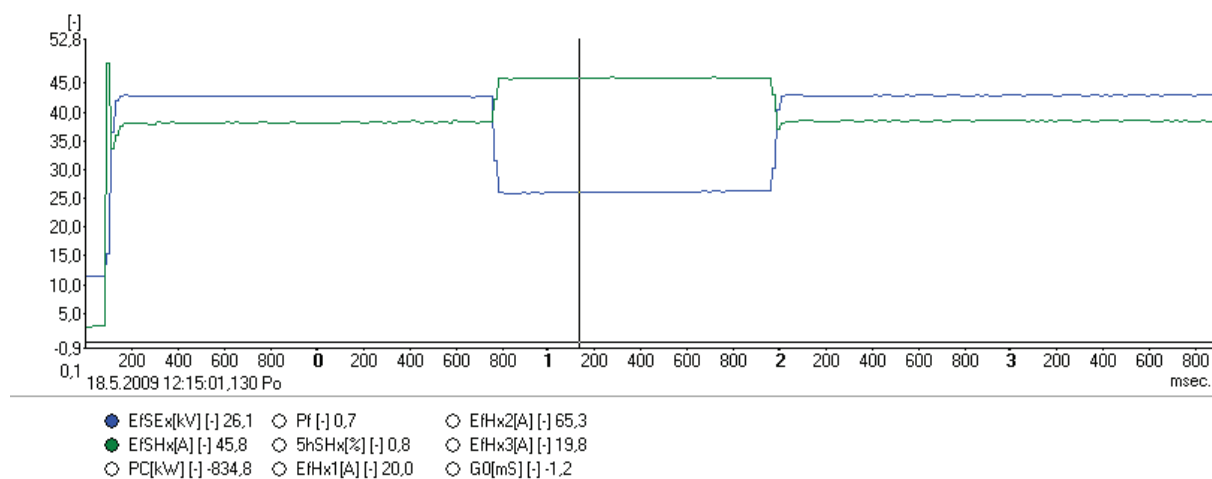
Obr. 21. Oscilografické průběhy fázových napětí a proudů. Nenulový odběr.



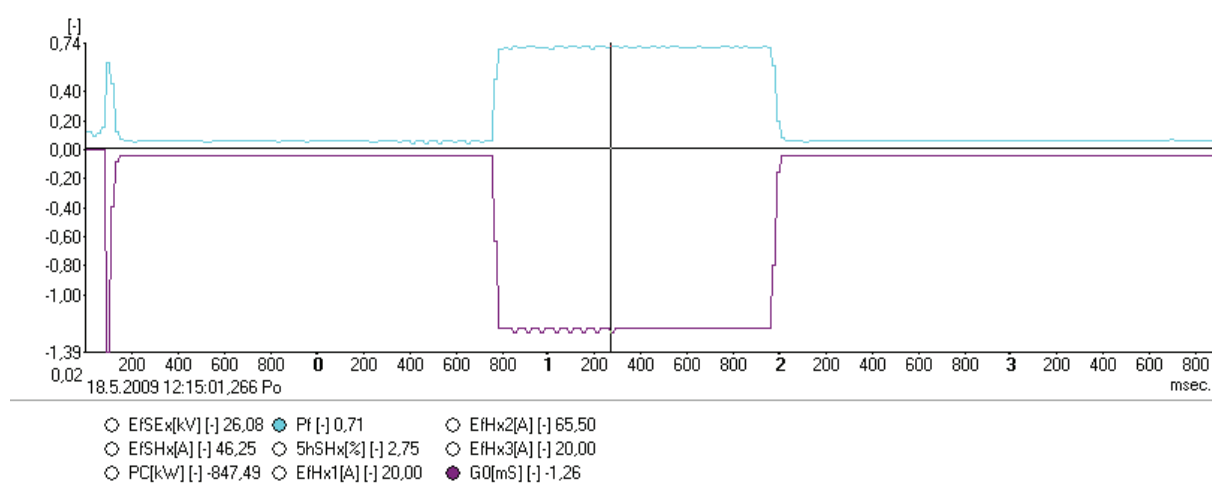
Obr. 22. Oscilografické průběhy složek U_0 a I_0



Obr. 23. Průběh hodnot činného výkonu složek U_0 a I_0 .



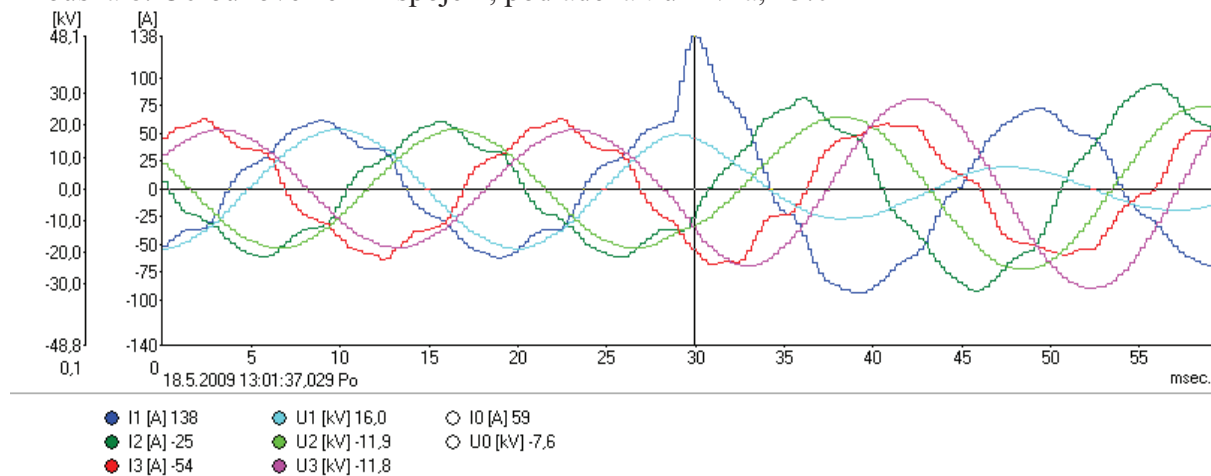
Obr. 24. Průběh efektivních hodnot složek U_0 a I_0 .



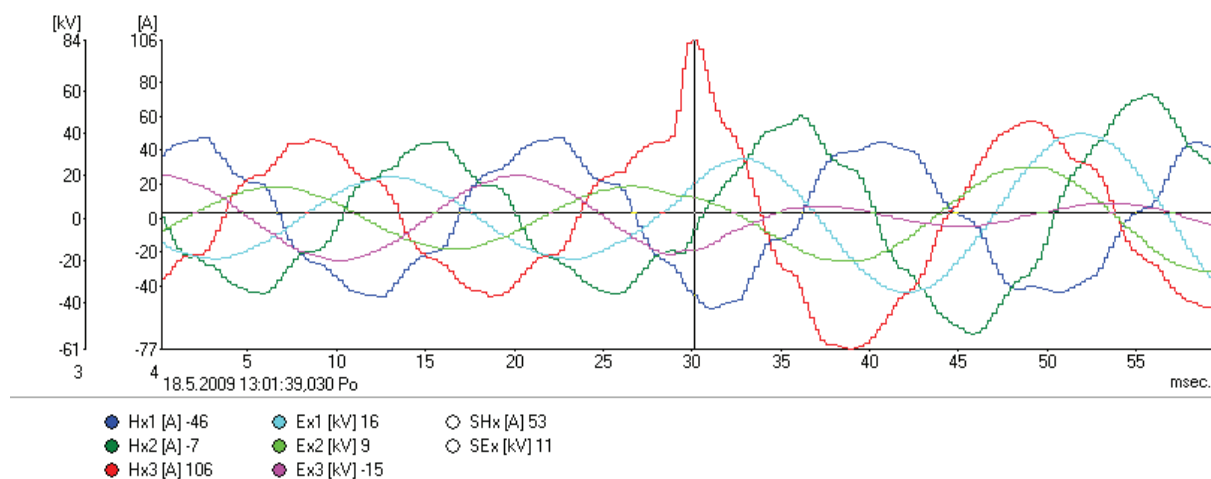
Obr. 25. Průběh hodnot Pf složek U_0 , I_0 a G_0 .

Výsledky ze všech měřených míst

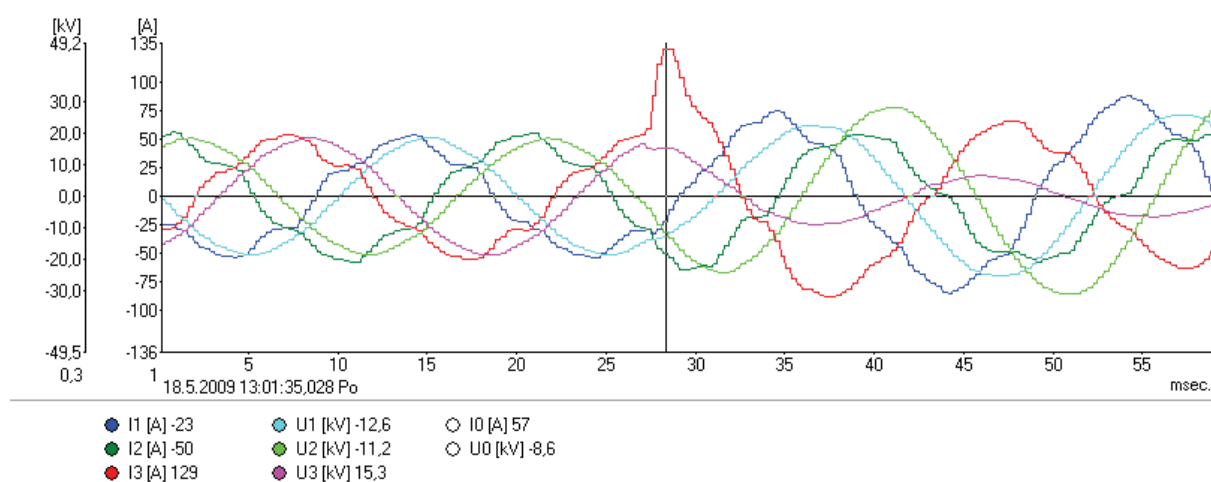
Zkouška 8. Obloukové zemní spojení, podladěná tlumivka, 13:01



Obr. 26. VN358, R MŽR9. Oscilografické průběhy U a I.

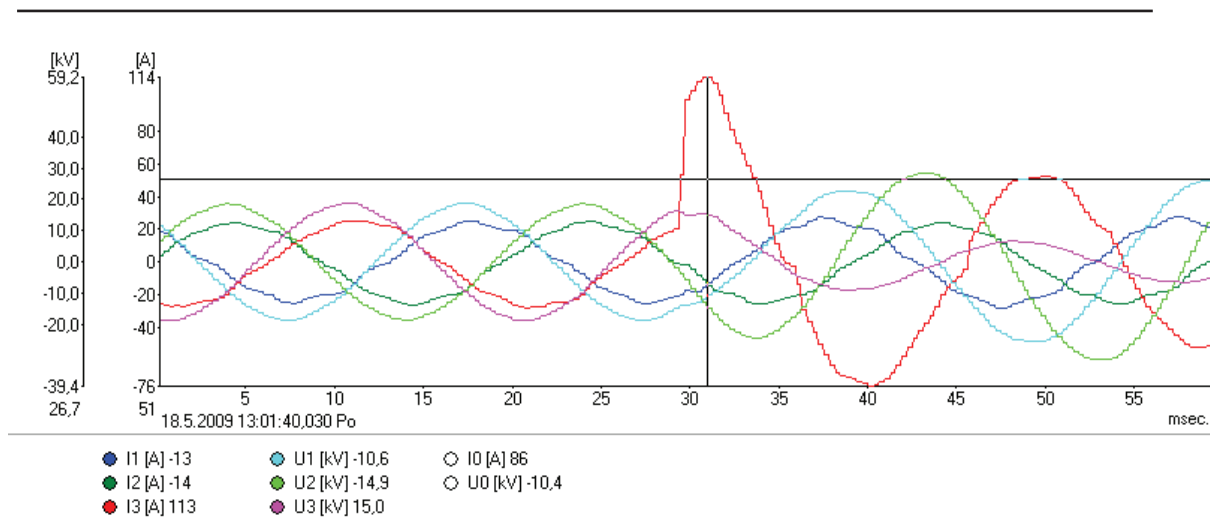


Obr. 27. VN358, US100. Oscilografické průběhy U a I.

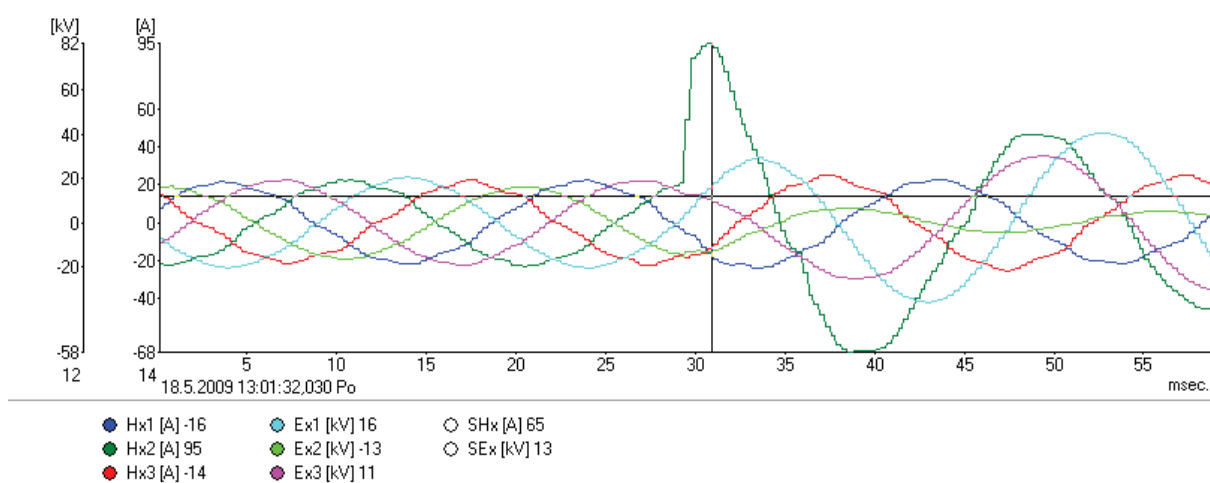


Obr. 28. VN358, R NMM9. Oscilografické průběhy U a I.

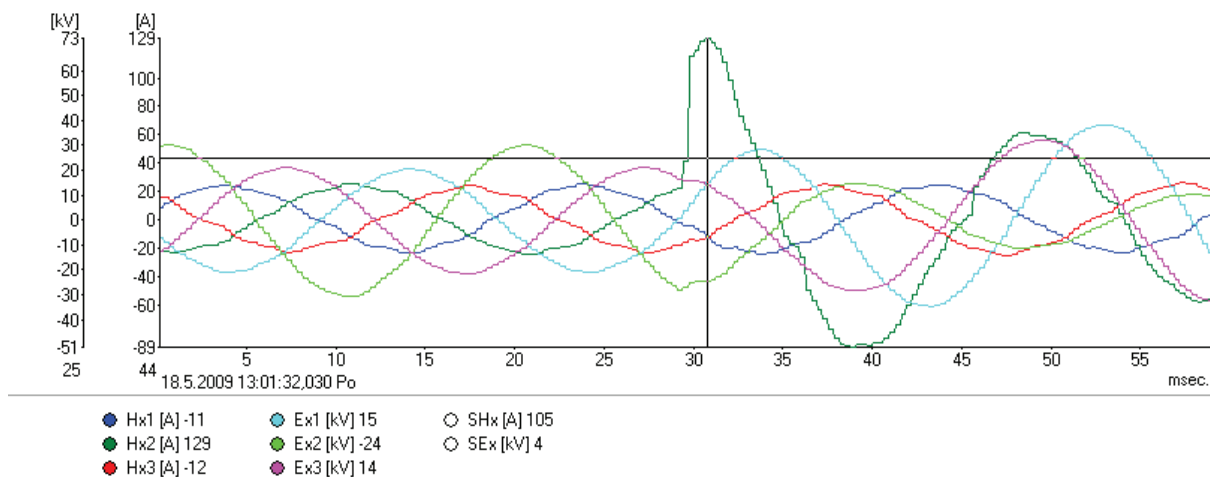
Nekontaktní indikátory poruchových stavů na VN vedení



Obr. 29. VN110, R NMM9. Oscilografické průběhy U a I.

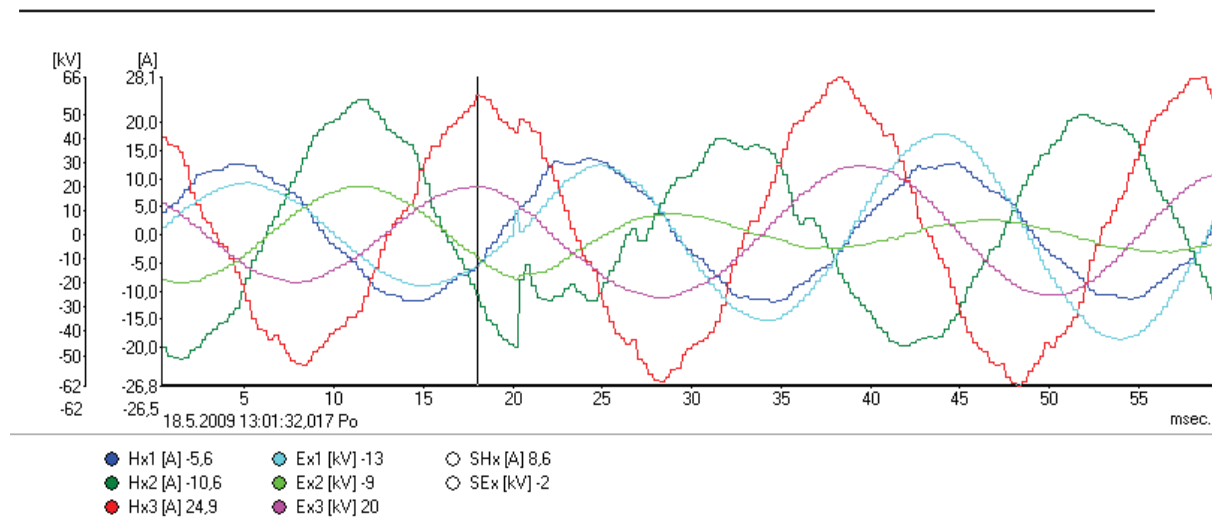


Obr. 30. VN110, podpěrný bod 111. Oscilografické průběhy U a I.

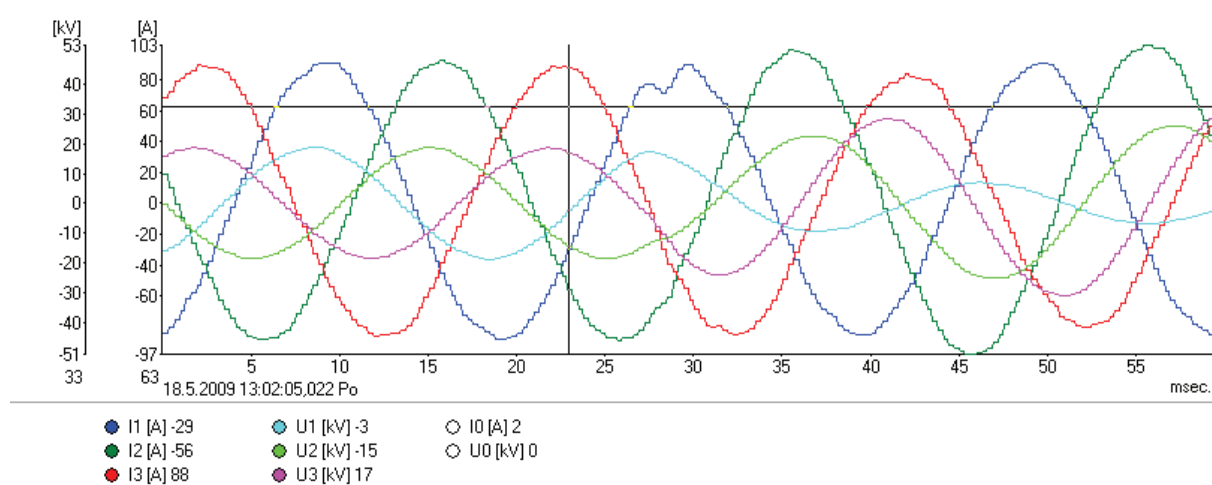


Obr. 31. VN110 před ZS. Oscilografické průběhy U a I.

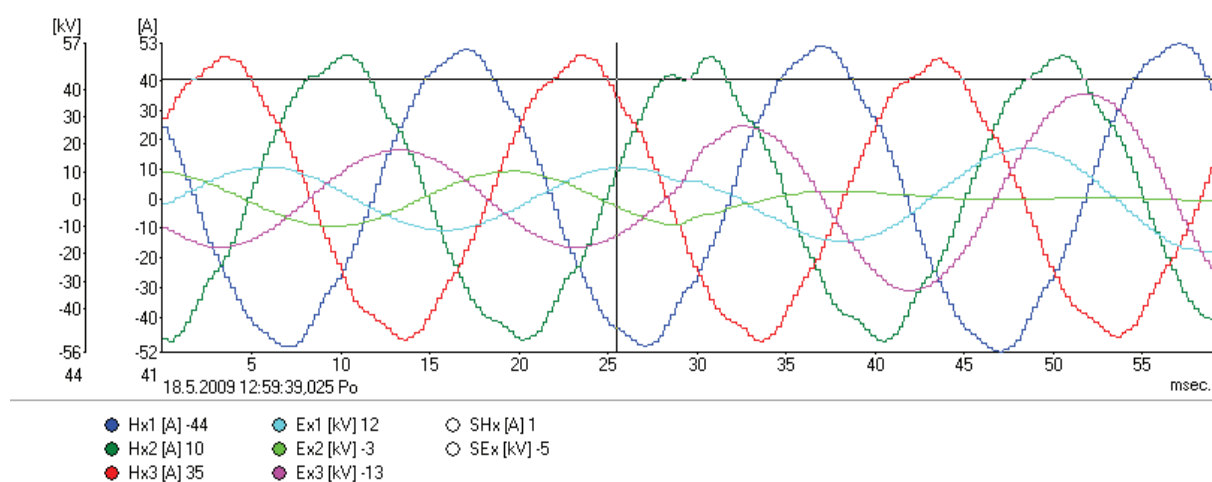
Nekontaktní indikátory poruchových stavů na VN vedení



Obr. 32. VN110 za ZS. Oscilografické průběhy U a I.

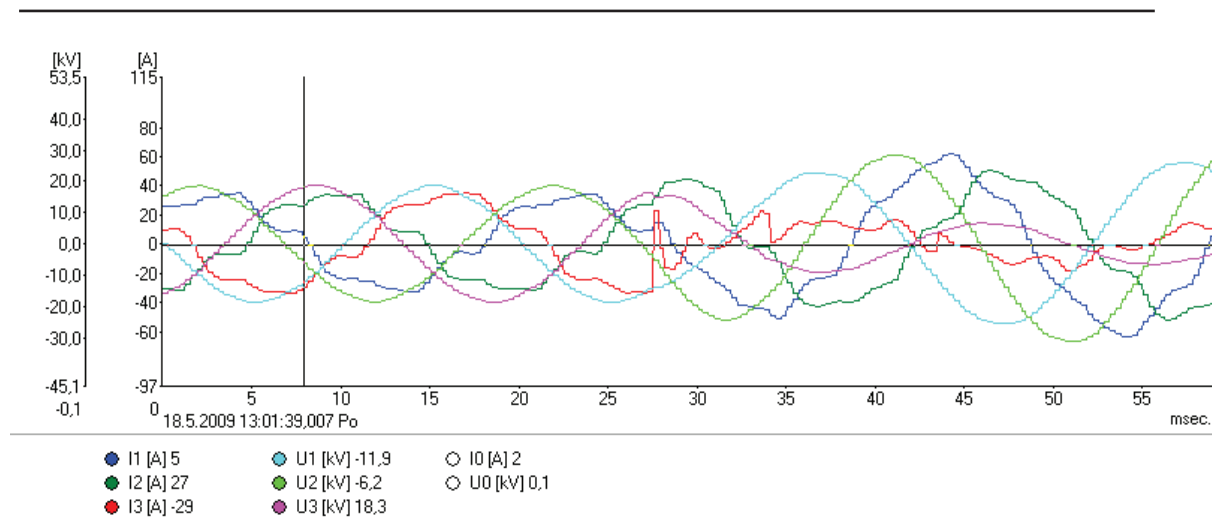


Obr. 33. R MŽR9, VN129, nepoškozené vedení. Oscilografické průběhy U a I.

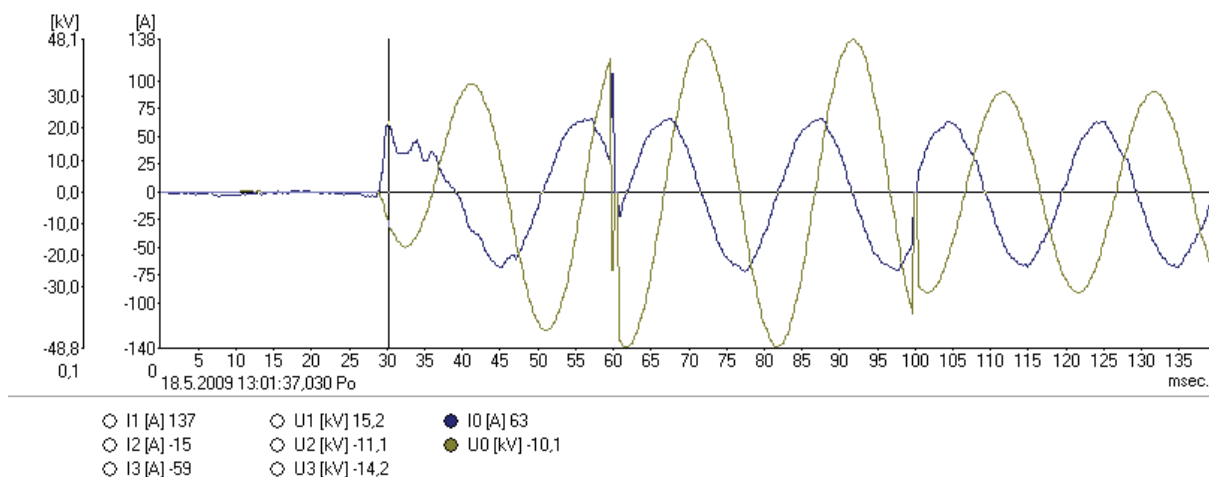


Obr. 34. VN129, US152. Oscilografické průběhy U a I.

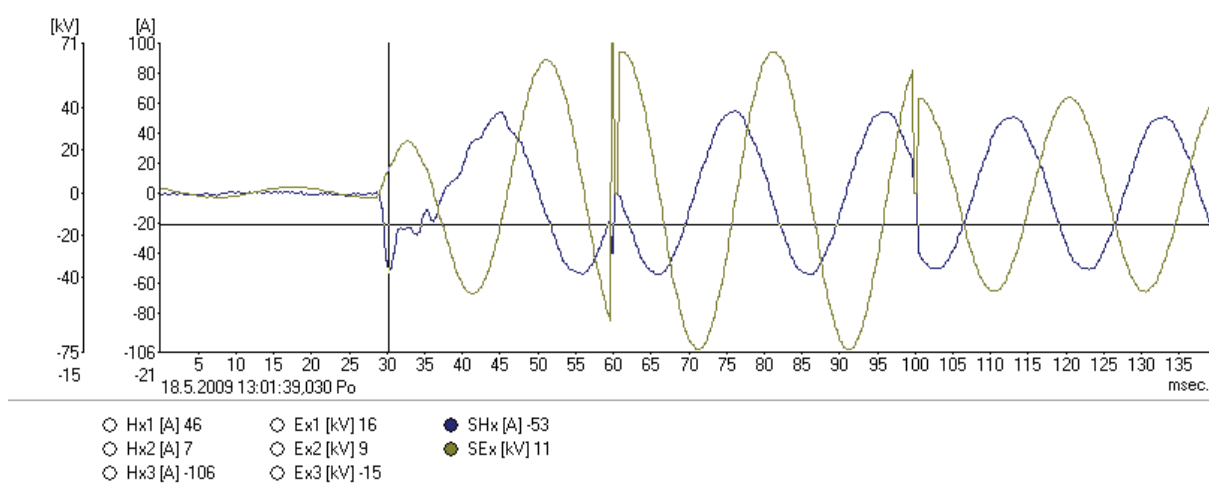
Nekontaktní indikátory poruchových stavů na VN vedení



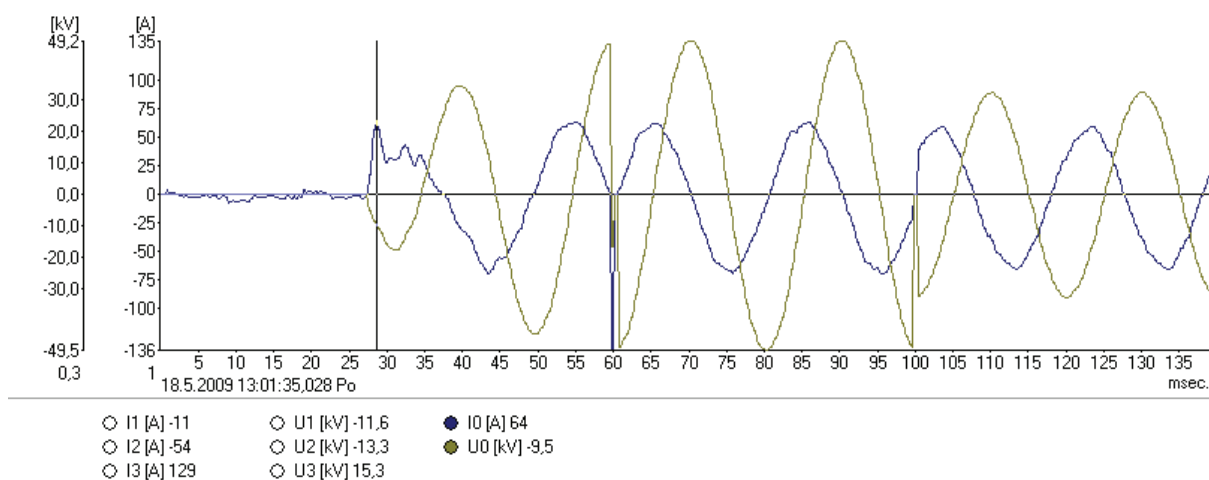
Obr. 35. R NMM9, VN1209, nepostižené vedení. Oscilografické průběhy U a I.



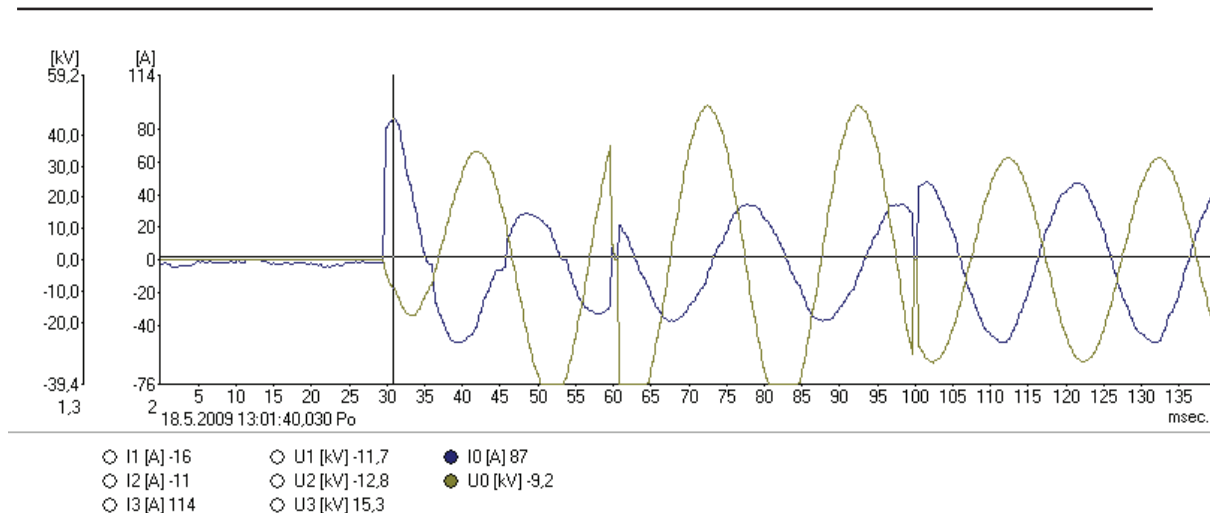
Obr. 36. R MŽR9, VN358. Oscilografické průběhy složek U_0 a I_0 .



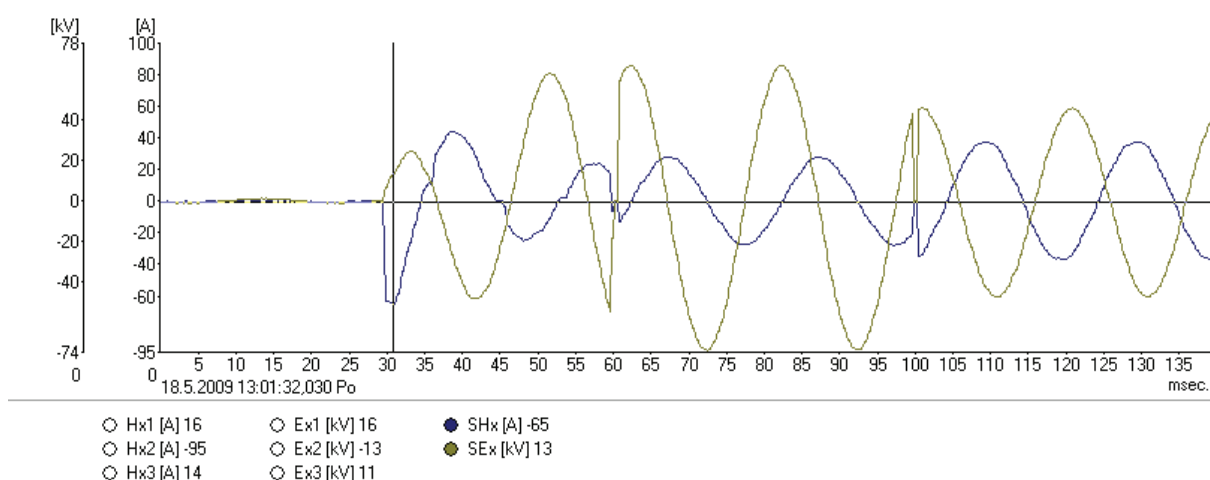
Obr. 37. VN358, US100. Oscilografické průběhy složek U_0 a I_0 .



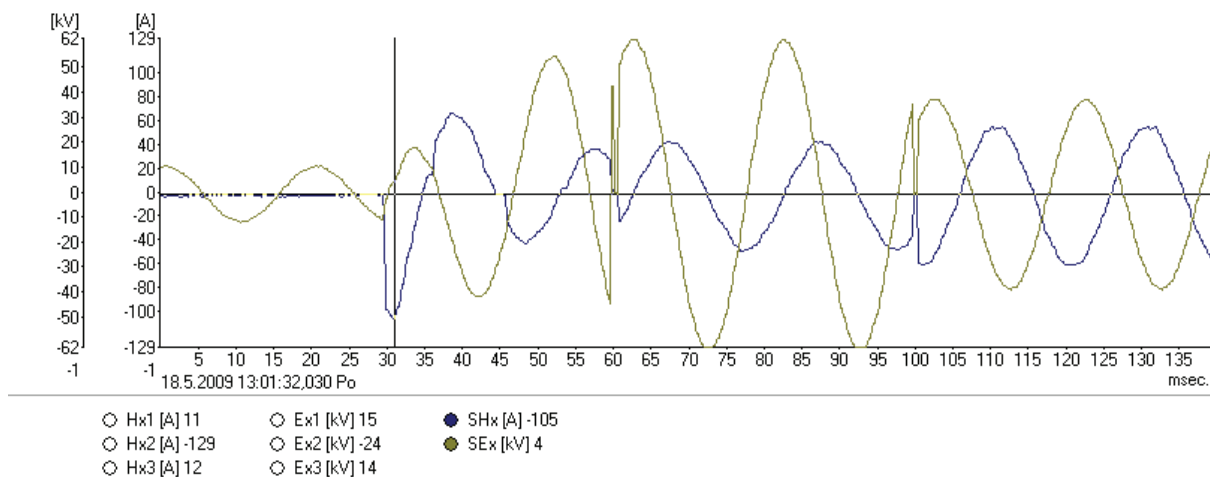
Obr. 38. VN358, R NMM9. Oscilografické průběhy složek U_0 a I_0 .



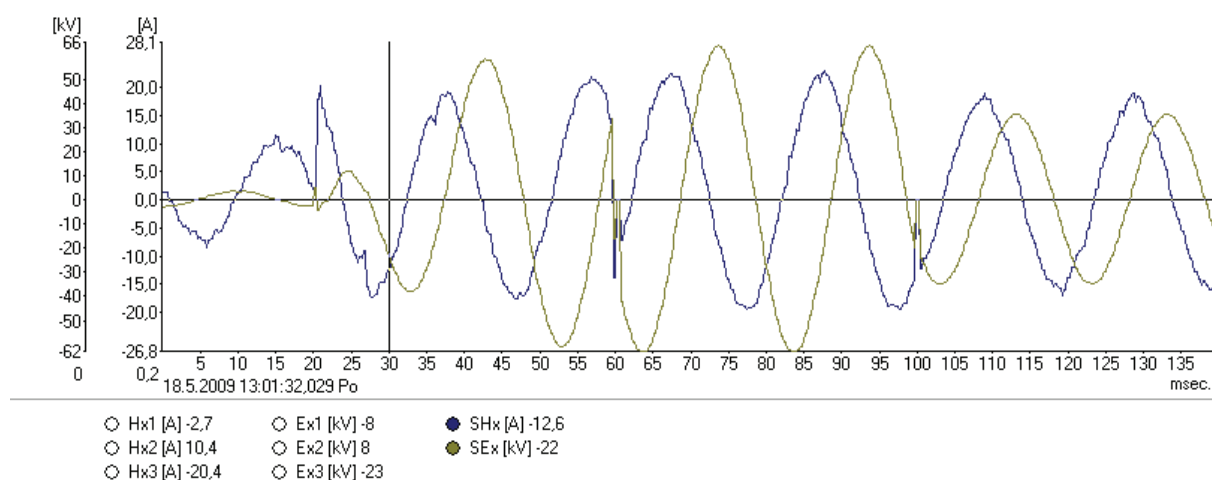
Obr. 39. VN110, R NMM9. Oscilografické průběhy složek U_0 a I_0 .



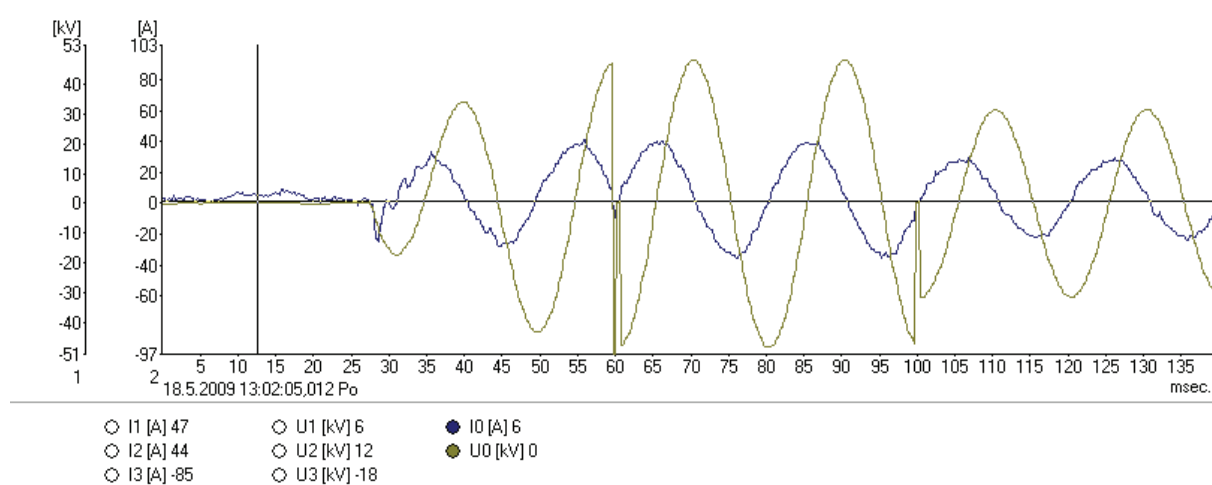
Obr. 40. VN110, podpěrný bod 111. Oscilografické průběhy složek U_0 a I_0 .



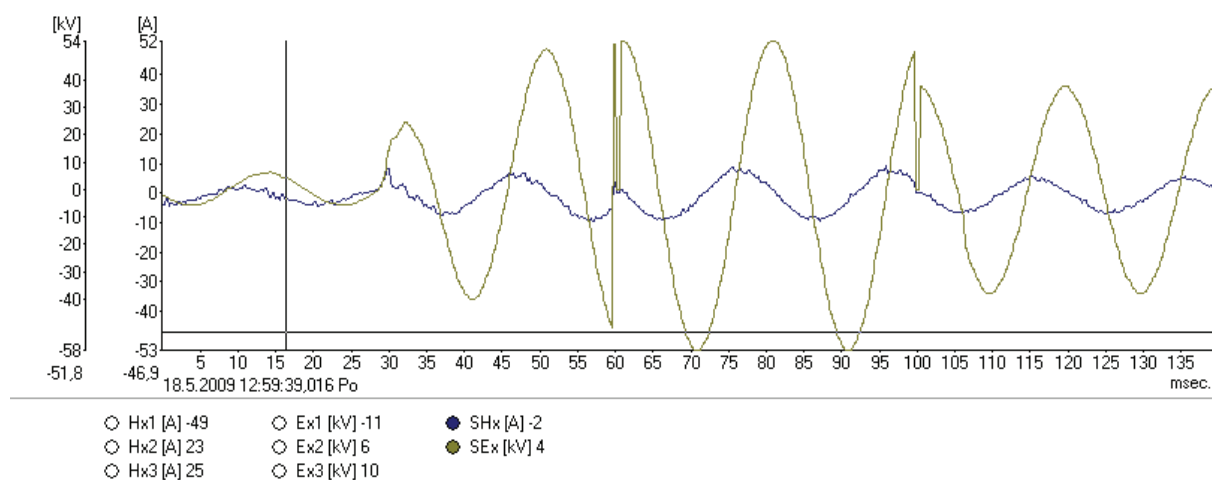
Obr. 41. VN110 před ZS. Oscilografické průběhy složek U_0 a I_0 .



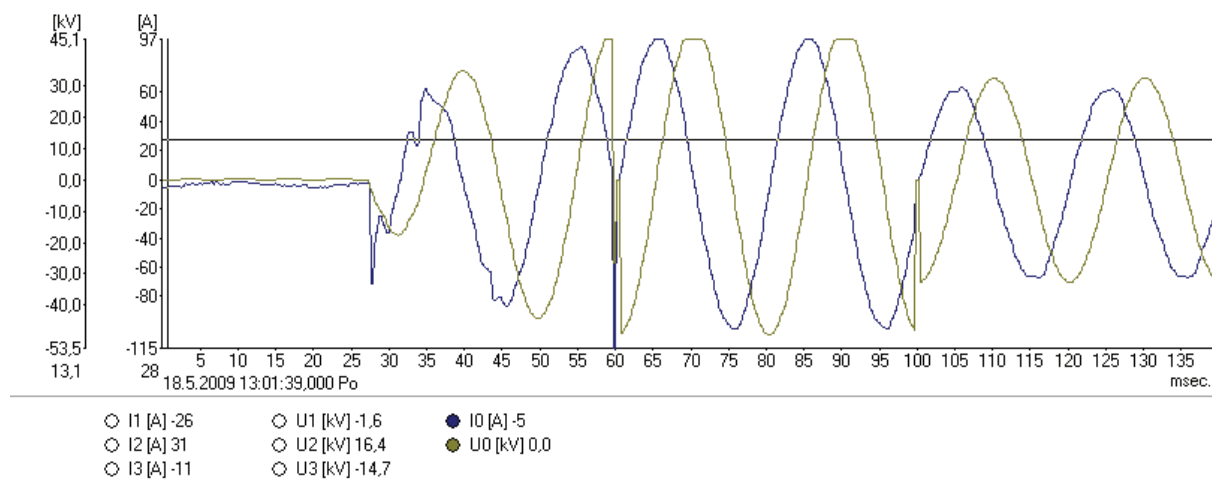
Obr. 42. VN110 za ZS. Oscilografické průběhy složek U_0 a I_0 .



Obr. 43. R MŽR9, VN129, nepoškozené vedení. Oscilografické průběhy složek U_0 a I_0 .

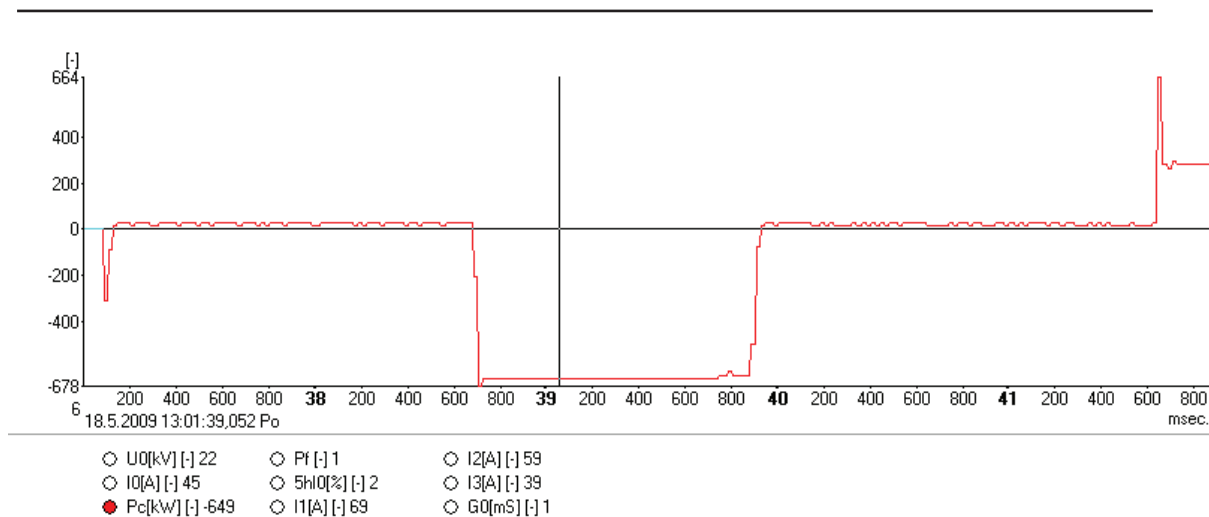


Obr. 44. VN129, US152. Oscilografické průběhy složek U_0 a I_0 .

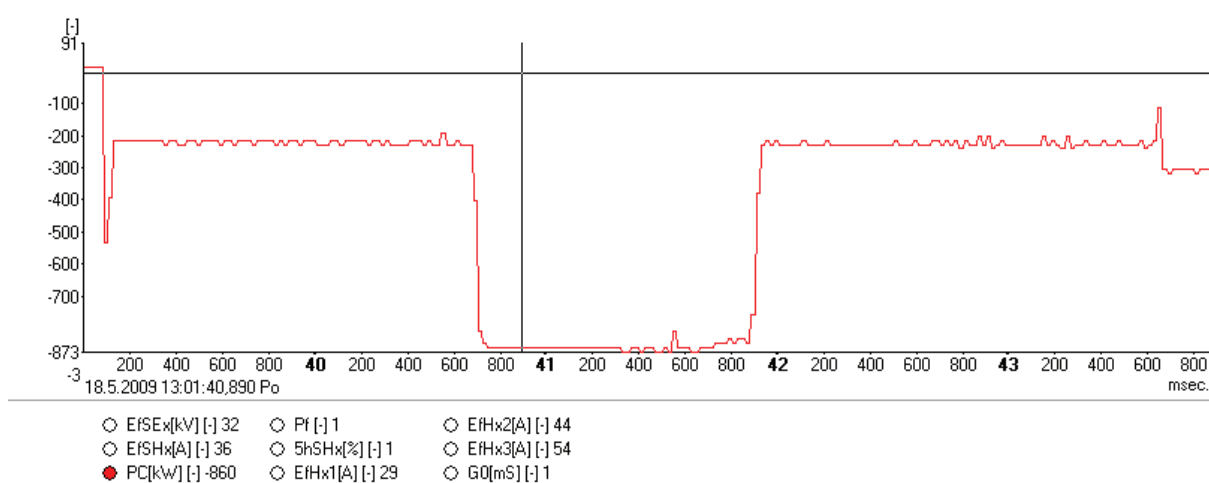


Obr. 45. R NMM9, VN1209, nepostižené vedení. Oscilografické průběhy složek U_0 a I_0 .

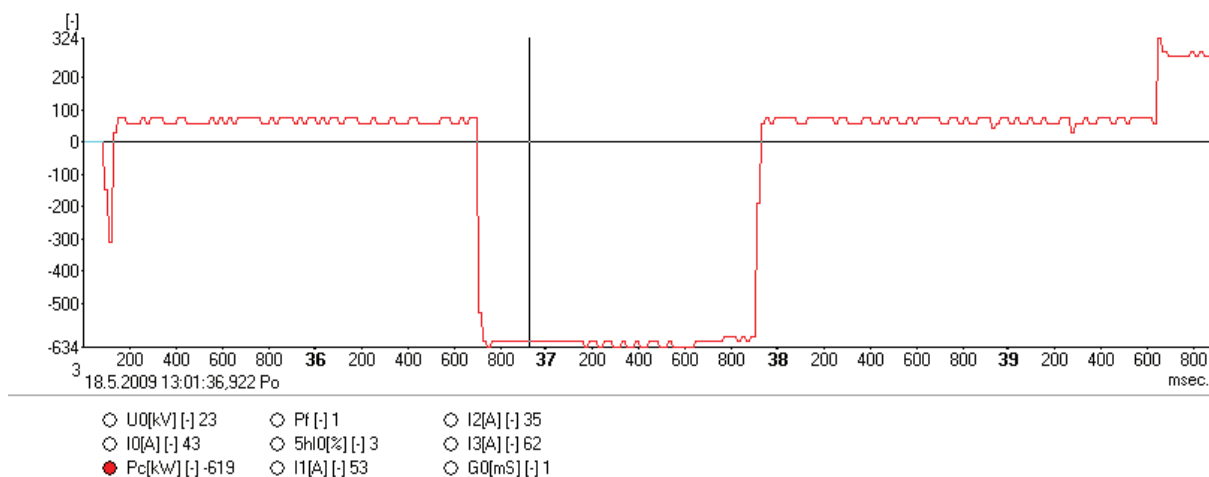
Nekontaktní indikátory poruchových stavů na VN vedení



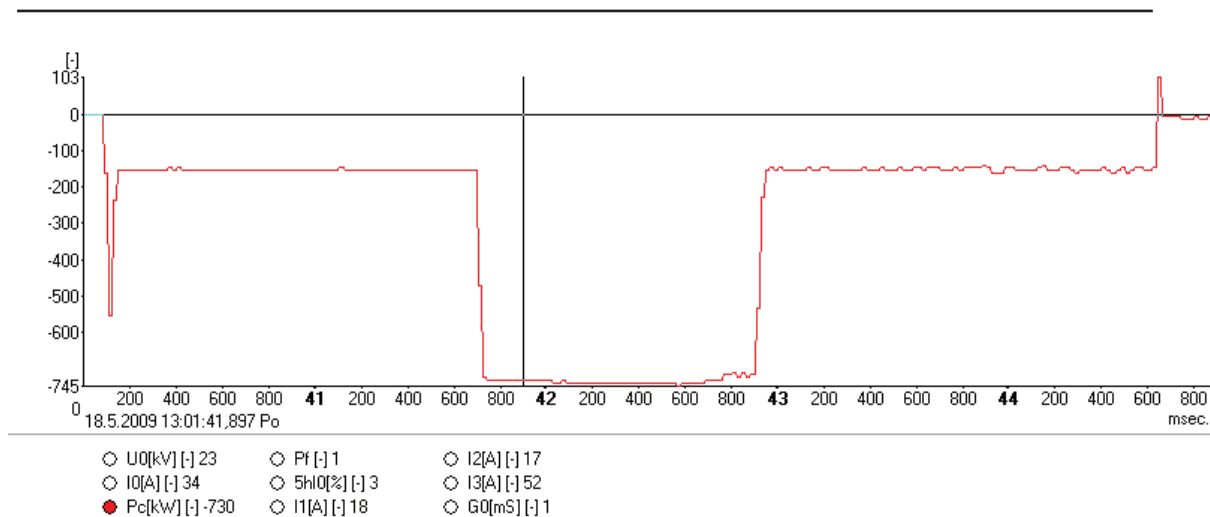
Obr. 46. R MZR9, VN358. Průběh hodnot činného výkonu složek U_0 a I_0 .



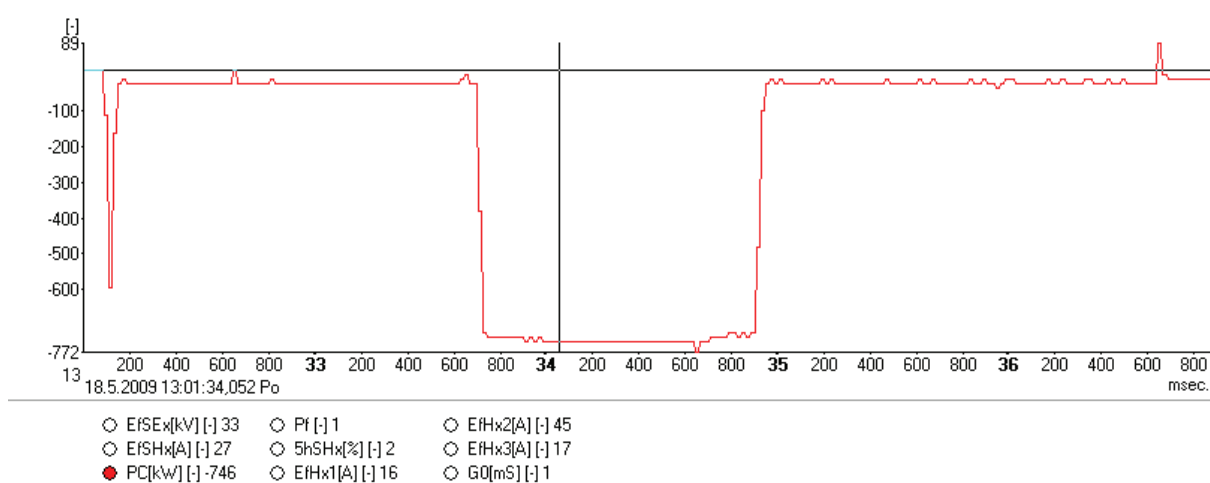
Obr. 47. VN358, US100. Průběh hodnot činného výkonu složek U_0 a I_0 .



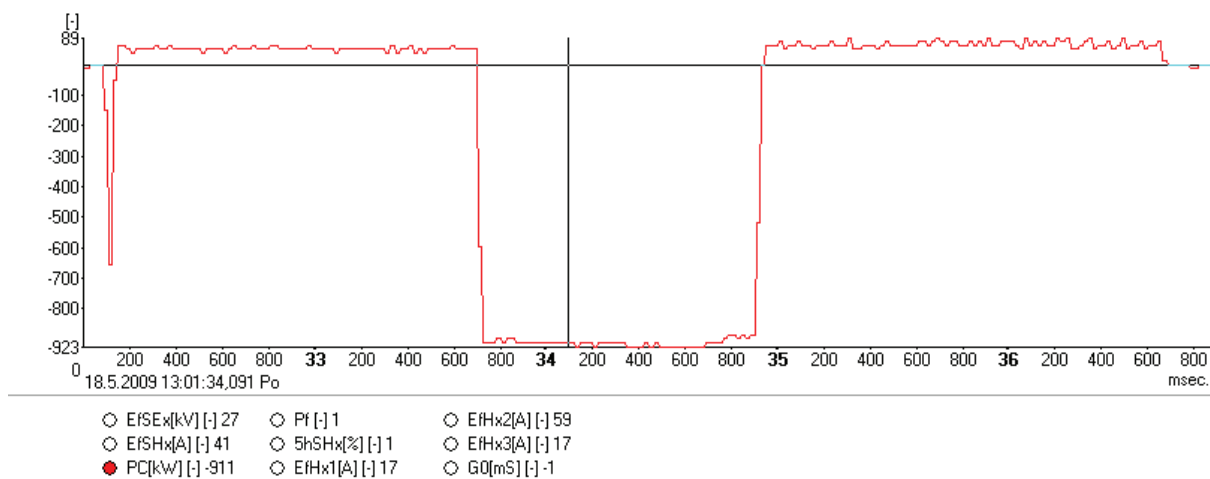
Obr. 48. VN358, R NMM9. Průběh hodnot činného výkonu složek U_0 a I_0 .



Obr. 49. VN110, R NMM9. Průběh hodnot činného výkonu složek U_0 a I_0 .

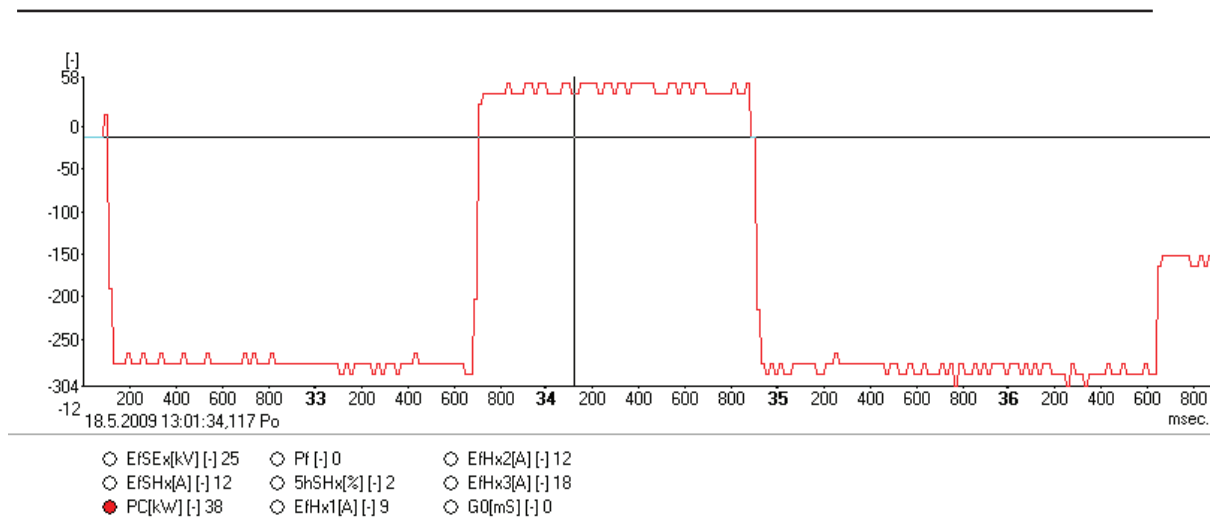


Obr. 50. VN110, podp.bod 111. Průběh hodnot činného výkonu složek U_0 a I_0 .

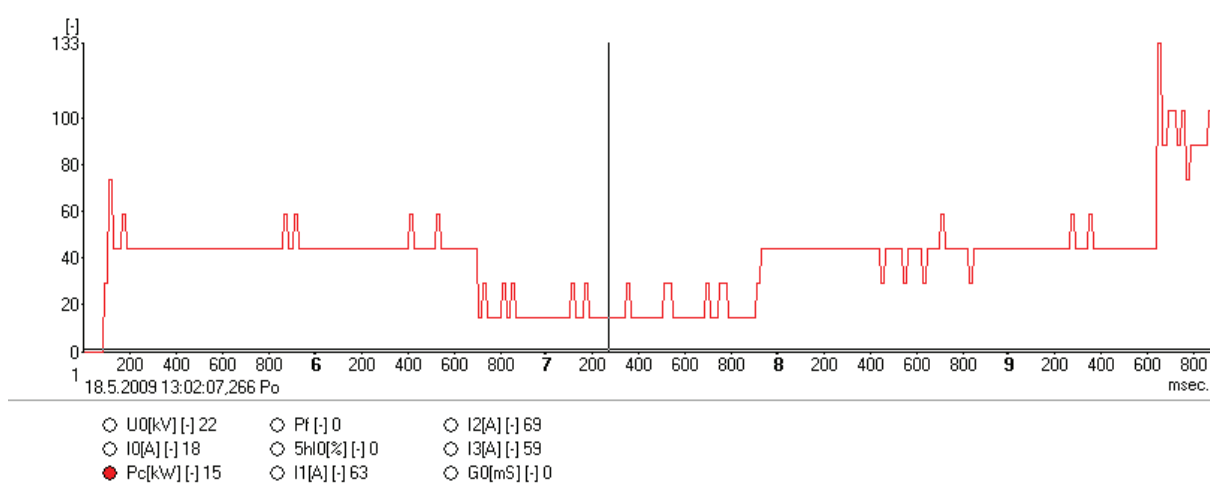


Obr. 51. VN110 před ZS. Průběh hodnot činného výkonu složek U_0 a I_0 .

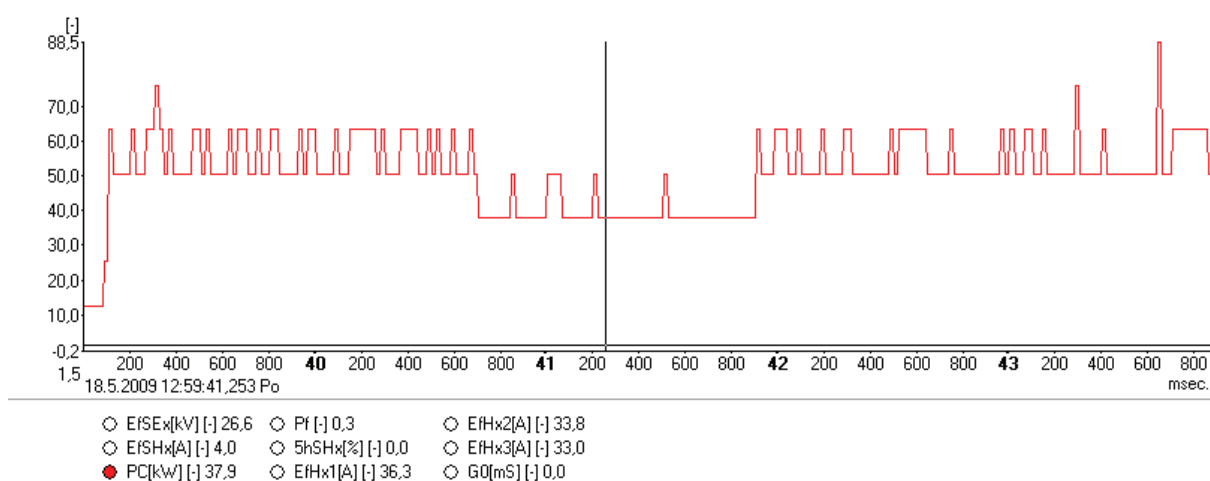
Nekontaktní indikátory poruchových stavů na VN vedení



Obr. 52. VN110 za ZS. Průběh hodnot činného výkonu složek U_0 a I_0 .

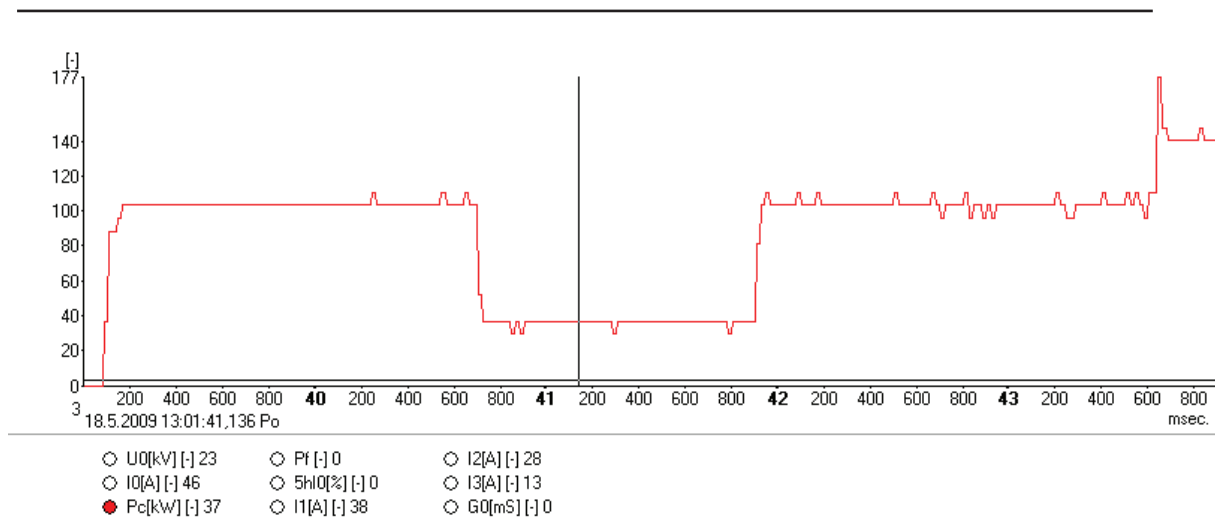


Obr. 53. R MŽR9, VN129, nepoškozené vedení. Průběh hodnot činného výkonu složek U_0 a I_0 .



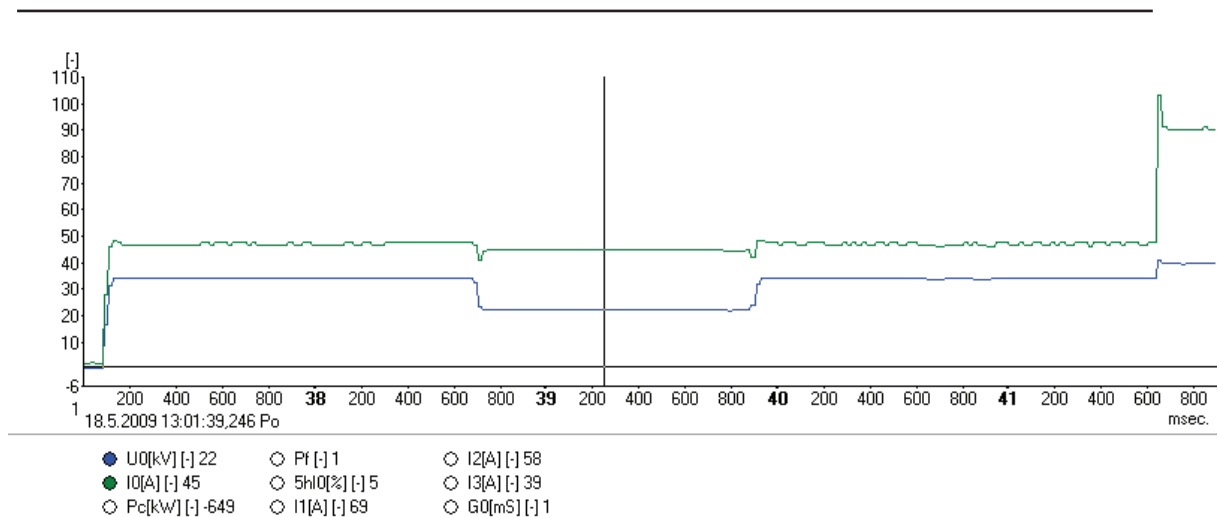
Obr. 54. VN129, US152. Průběh hodnot činného výkonu složek U_0 a I_0 .

Nekontaktní indikátory poruchových stavů na VN vedení

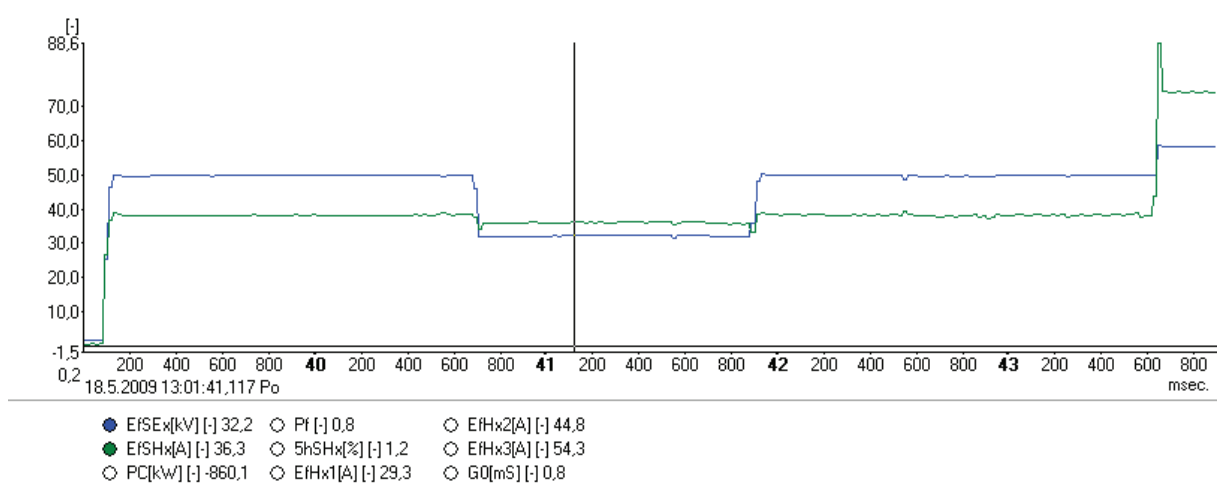


Obr. 55. R NMM9, VN1209, nepostižené vedení. Průběh hodnot činného výkonu složek U_0 a I_0 .

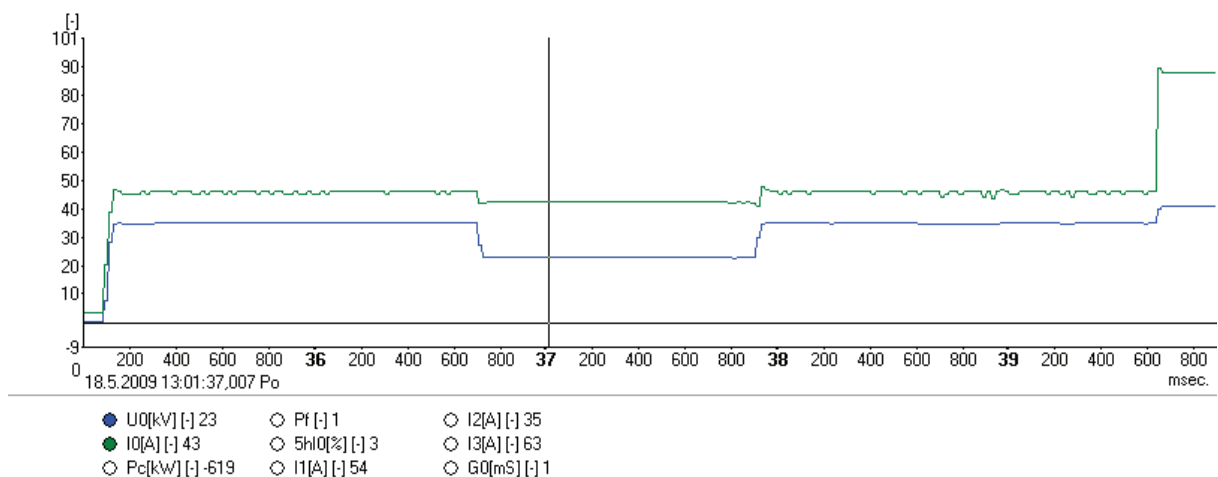
Nekontaktní indikátory poruchových stavů na VN vedení



Obr. 56. R MŽR9, VN358. Průběh efektivních hodnot složek U_0 a I_0 .

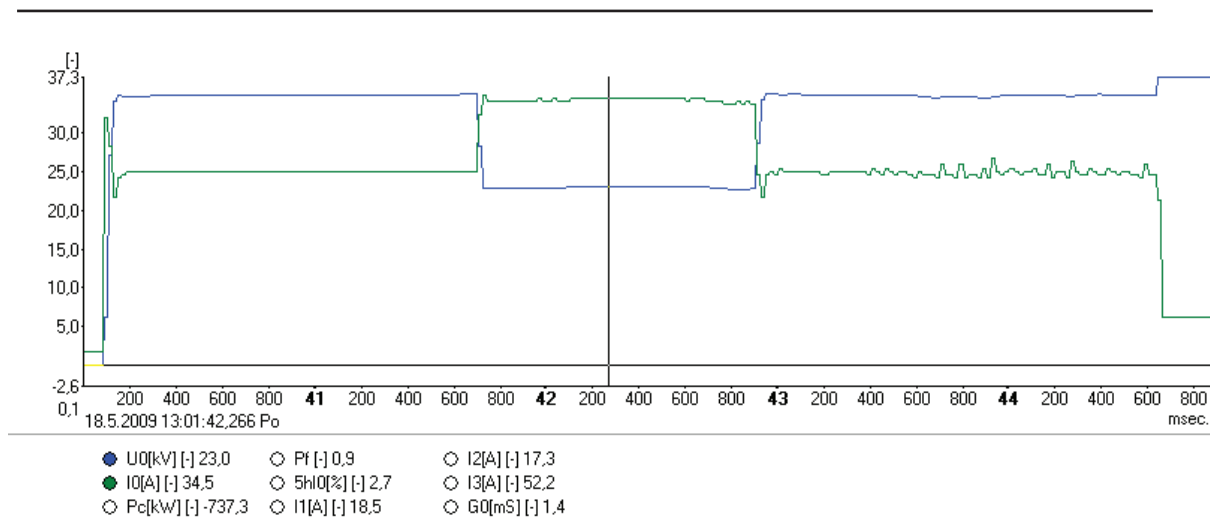


Obr. 57. VN358, US100. Průběh efektivních hodnot složek U_0 a I_0 .

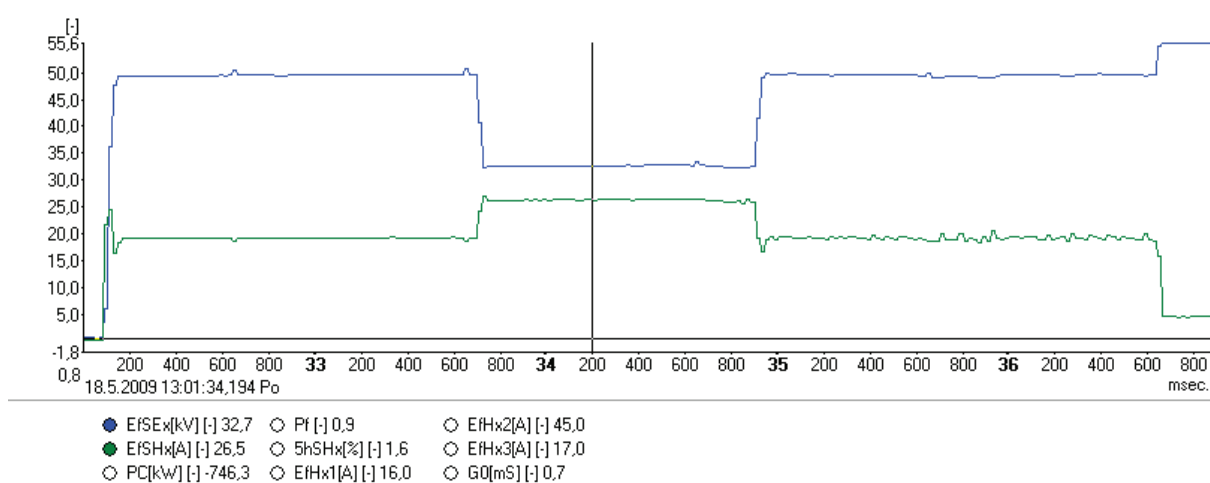


Obr. 58. VN358, R NMM9. Průběh efektivních hodnot složek U_0 a I_0 .

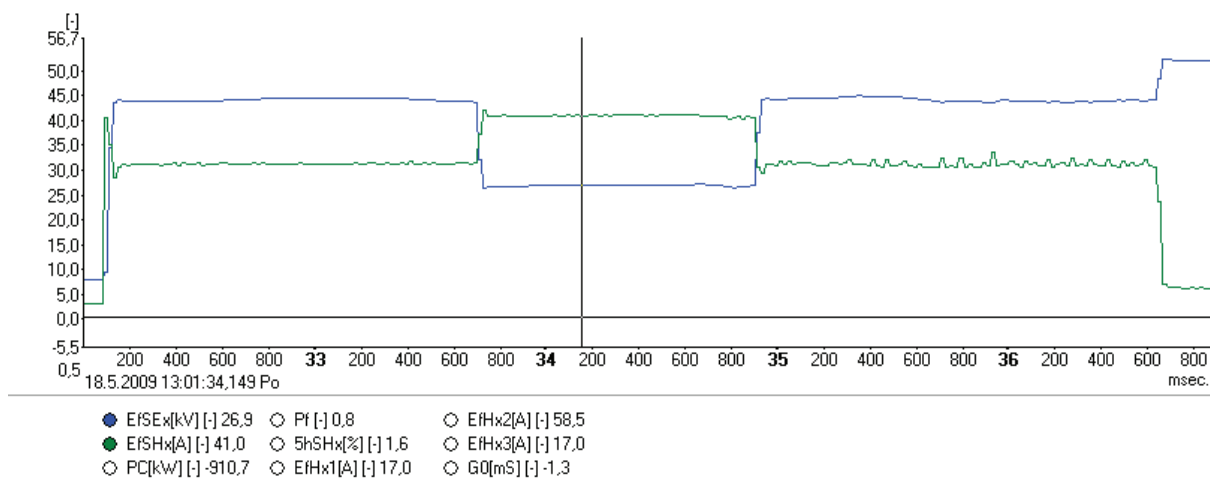
Nekontaktní indikátory poruchových stavů na VN vedení



Obr. 59. VN110, R NMM9. Průběh efektivních hodnot složek U_0 a I_0 .

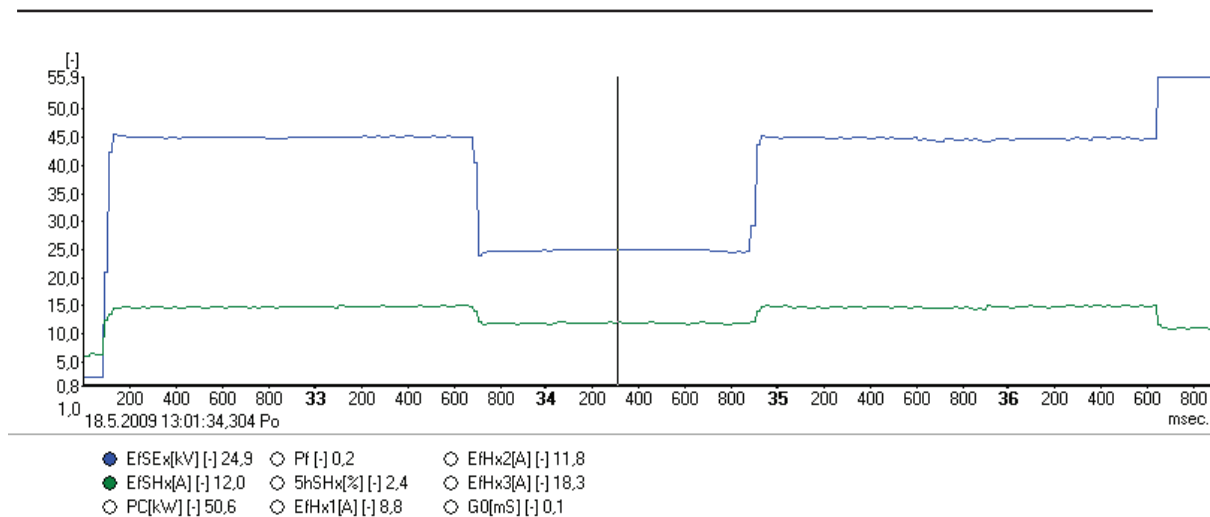


Obr. 60. VN110, podpěrný bod 111. Průběh efektivních hodnot složek U_0 a I_0 .

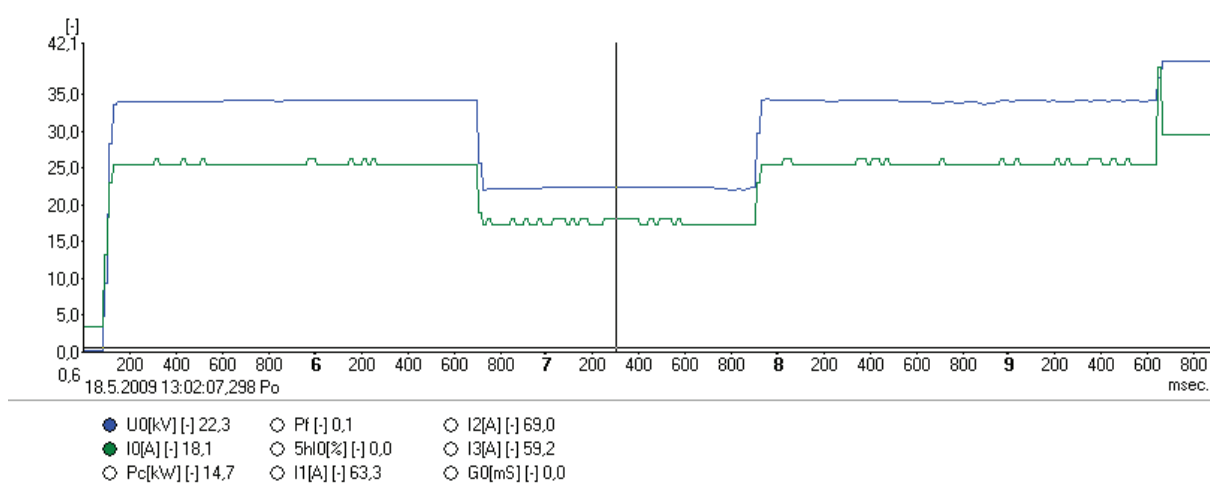


Obr. 61. VN110 před ZS. Průběh efektivních hodnot složek U_0 a I_0 .

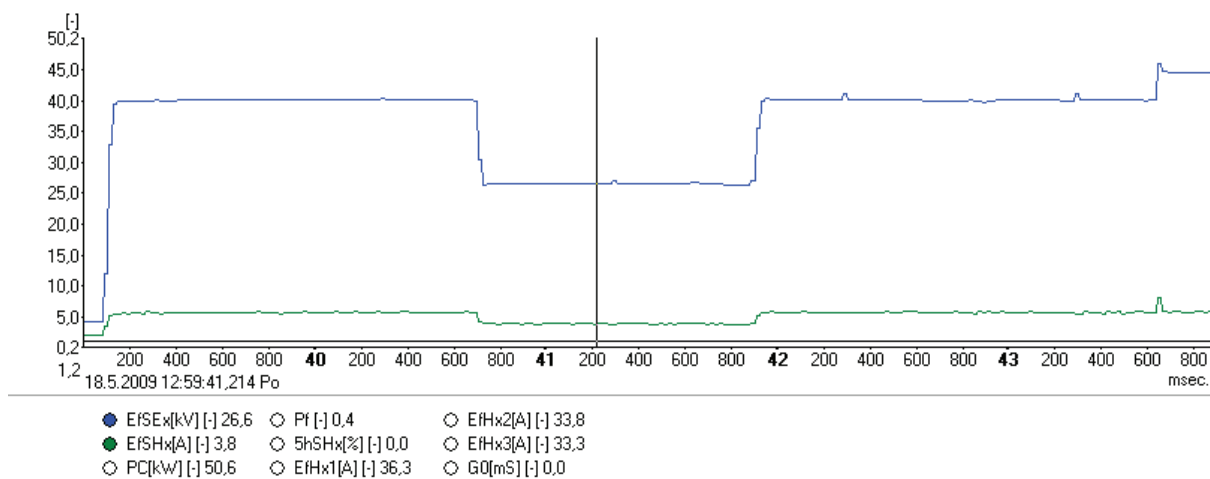
Nekontaktní indikátory poruchových stavů na VN vedení



Obr. 62. VN110 za ZS. Průběh efektivních hodnot složek U_0 a I_0 .

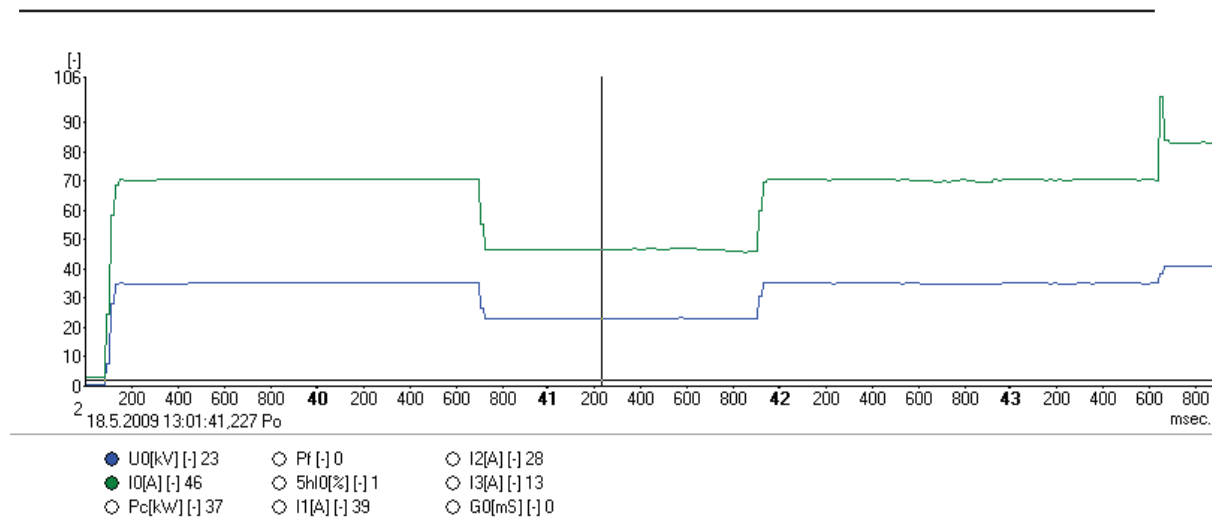


Obr. 63. R MŽR9, VN129, nepoškozené vedení. Průběh efektivních hodnot složek U_0 a I_0 .



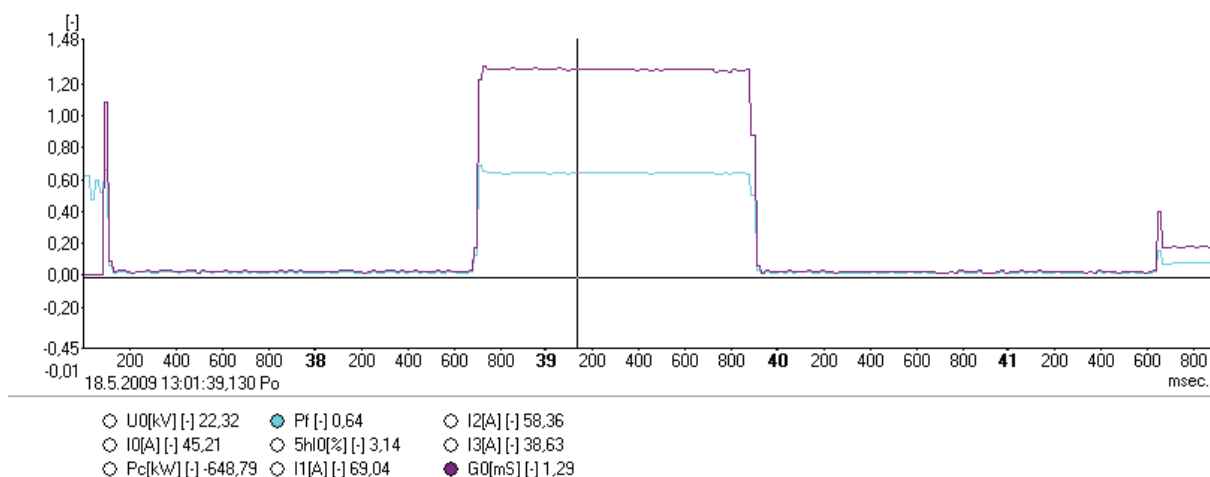
Obr. 64. VN129, US152. Průběh efektivních hodnot složek U_0 a I_0 .

Nekontaktní indikátory poruchových stavů na VN vedení

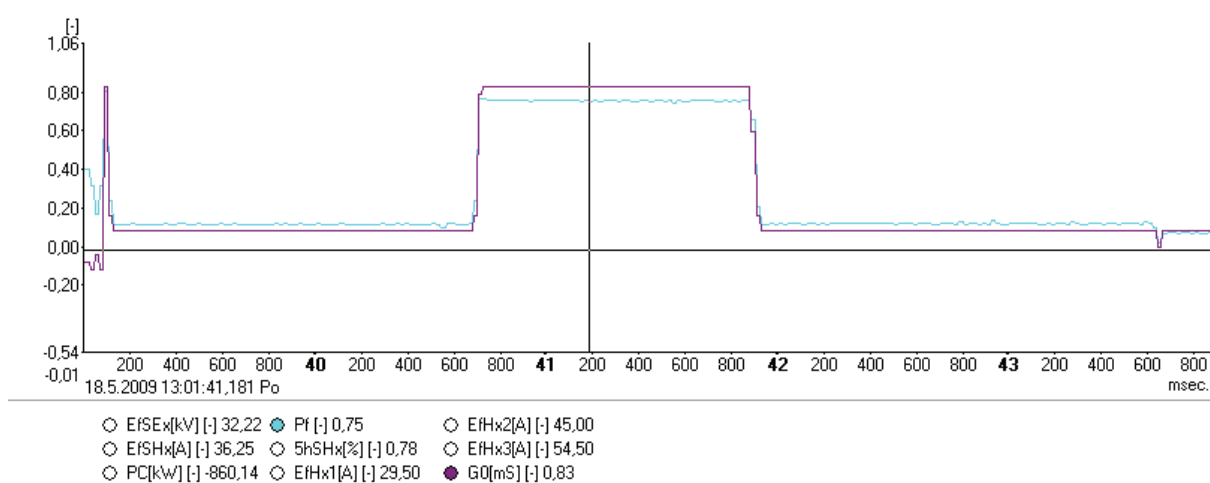


Obr. 65. R NMM9, VN1209, nepostižené vedení. Průběh efektivních hodnot složek U_0 a I_0 .

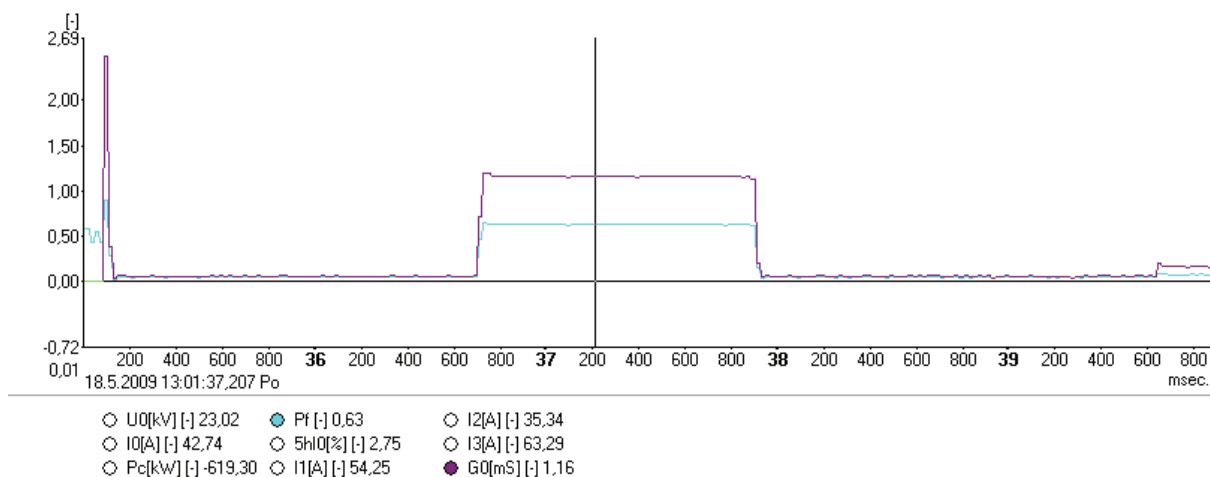
Nekontaktní indikátory poruchových stavů na VN vedení



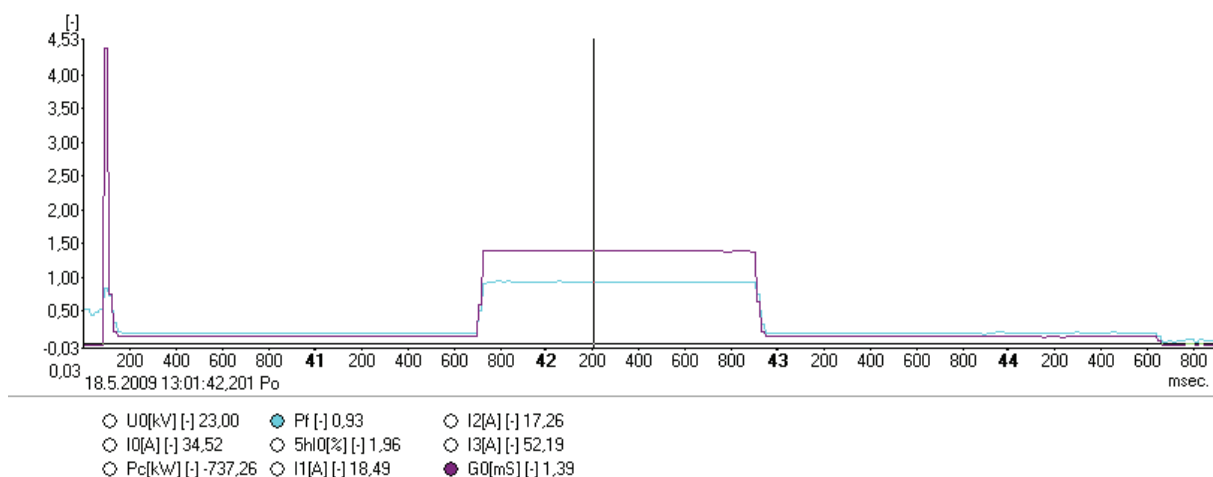
Obr. 66. R MŽR9, VN358. Průběh hodnot P_f a G_0 .



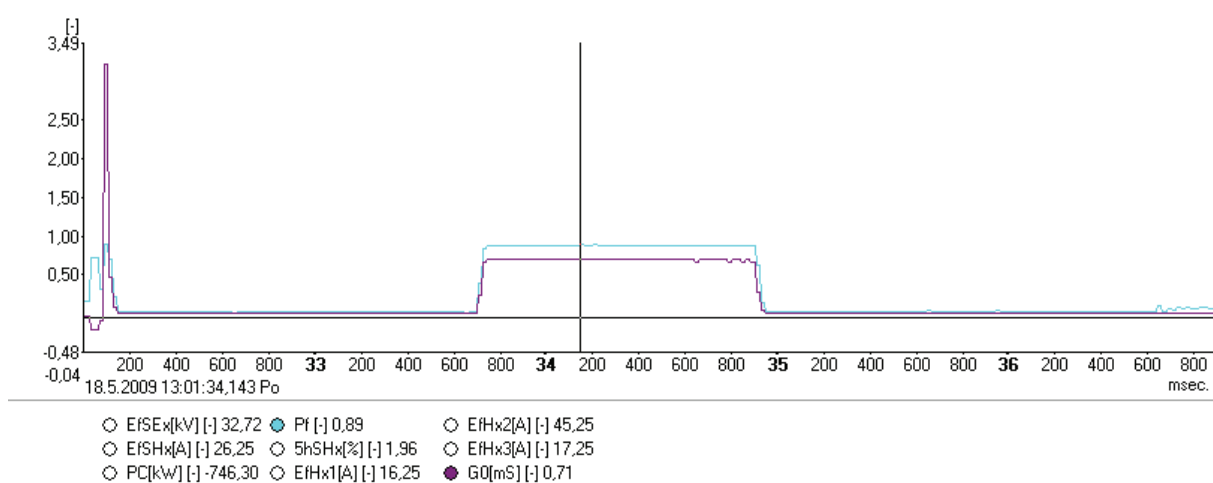
Obr. 67. VN358, US100. Průběh hodnot P_f a G_0 .



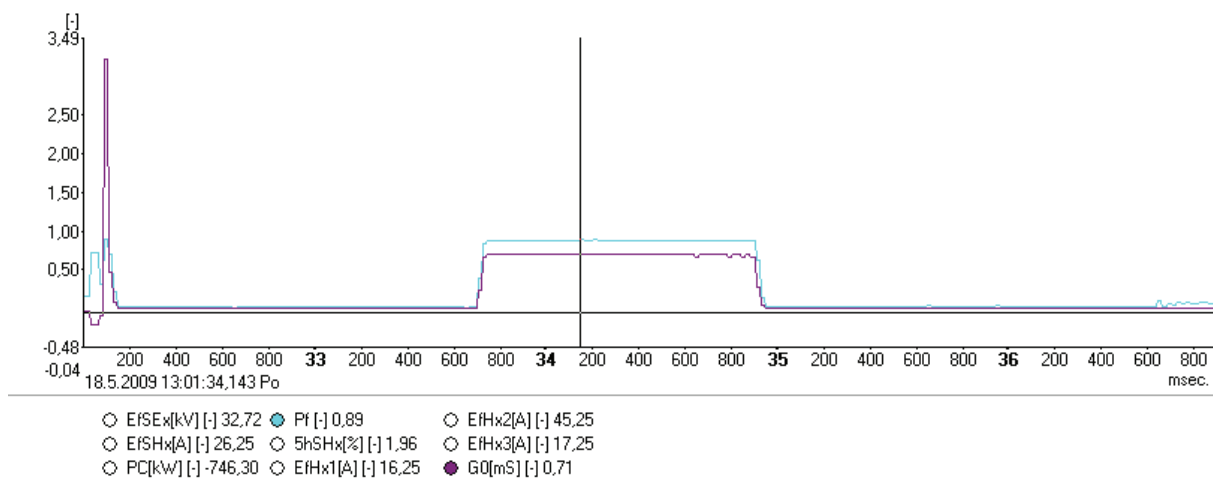
Obr. 68. VN358, R NMM9. Průběh hodnot P_f a G_0 .



Obr. 69. VN110, R NMM9. Průběh hodnot P_f a G_0 .

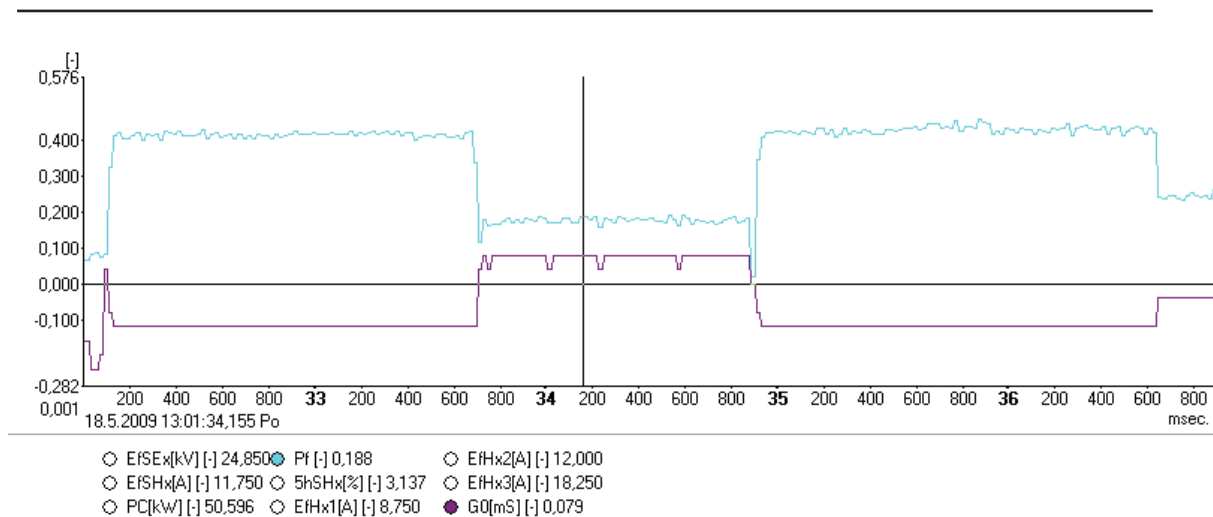


Obr. 70. VN110, podpěrný bod 111. Průběh hodnot P_f a G_0 .

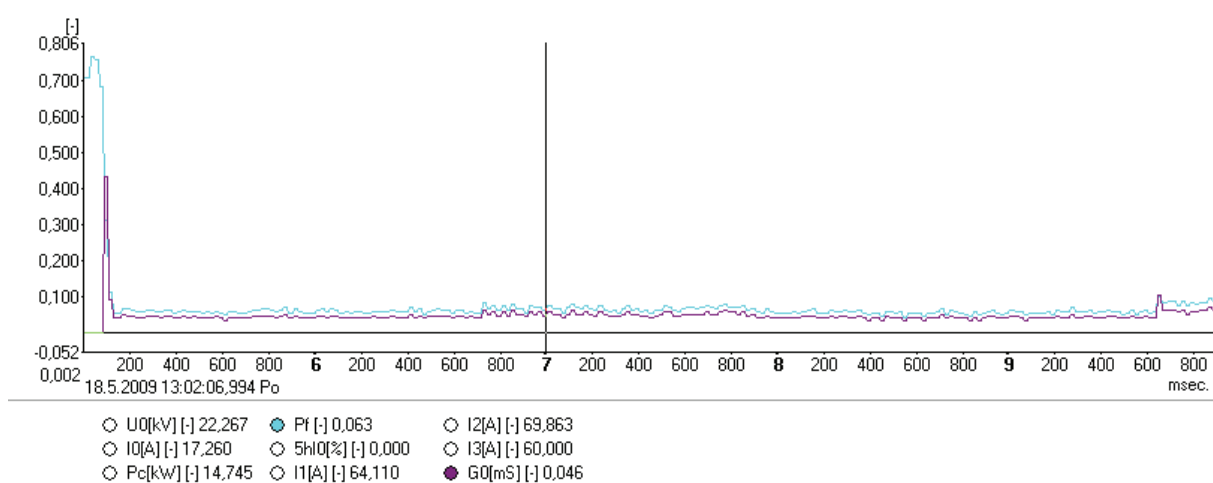


Obr. 71. VN110 před ZS. Průběh hodnot P_f a G_0 .

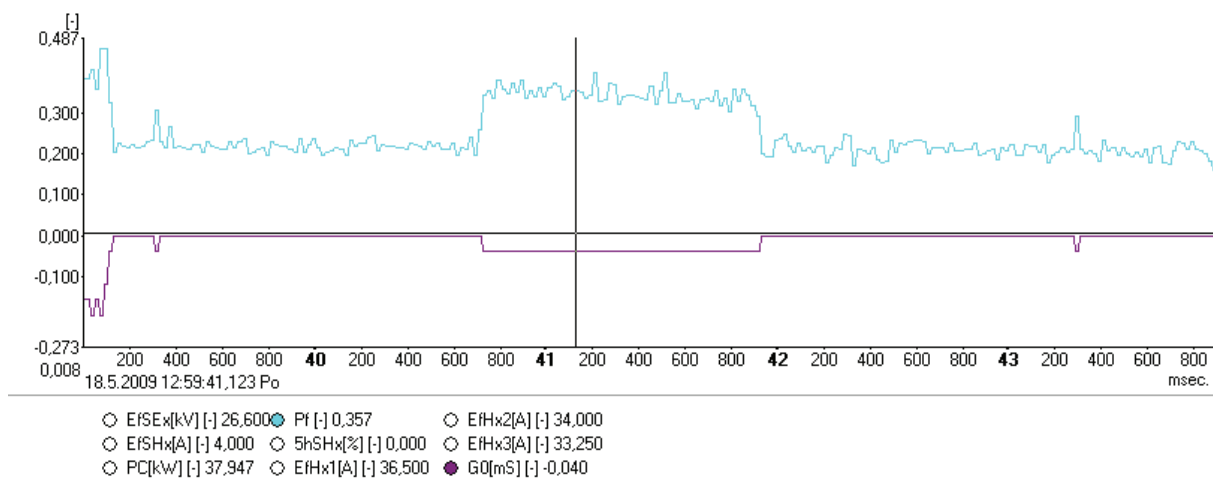
Nekontaktní indikátory poruchových stavů na VN vedení



Obr. 72. VN110 za ZS. Průběh hodnot Pf a G_0 .

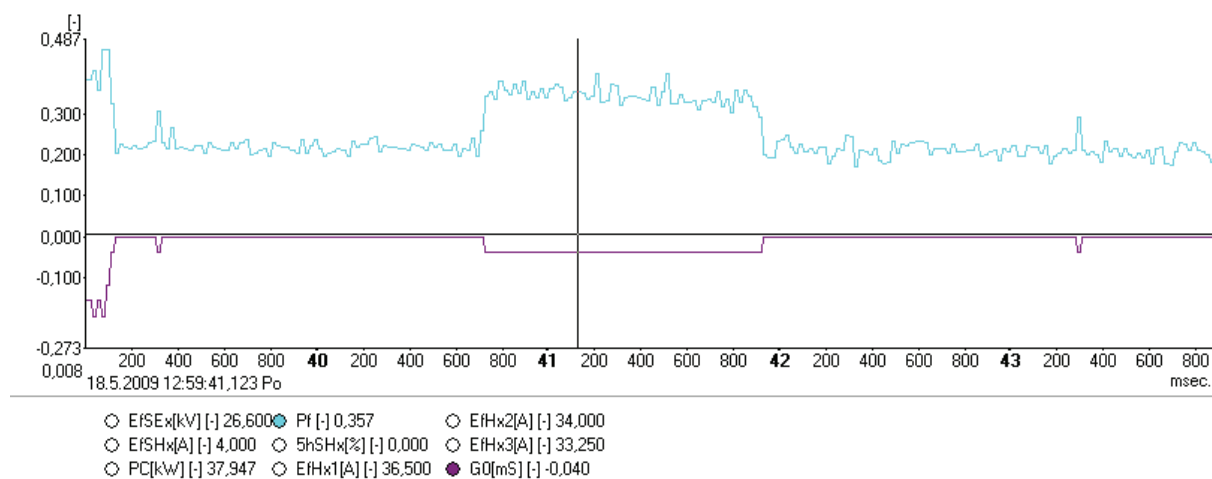


Obr. 73. R MŽR9, VN129, nepoškozené vedení. Průběh hodnot Pf a G_0 .



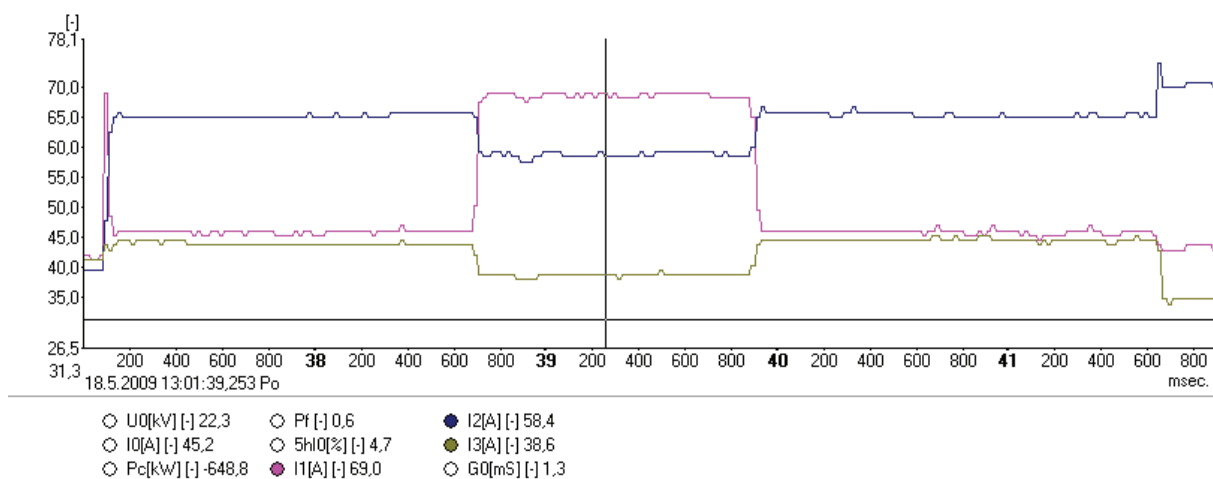
Obr. 74. VN129, US152. Průběh hodnot Pf a G_0 .

Nekontaktní indikátory poruchových stavů na VN vedení

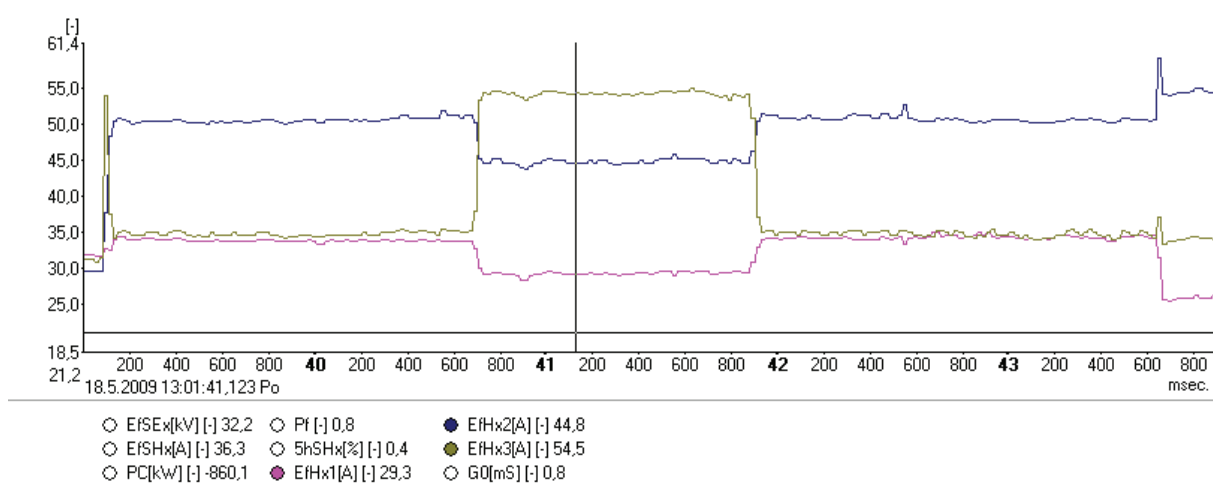


Obr. 75. R NMM9, VN1209, nepostižené vedení. Průběh hodnot P_f a G_0 .

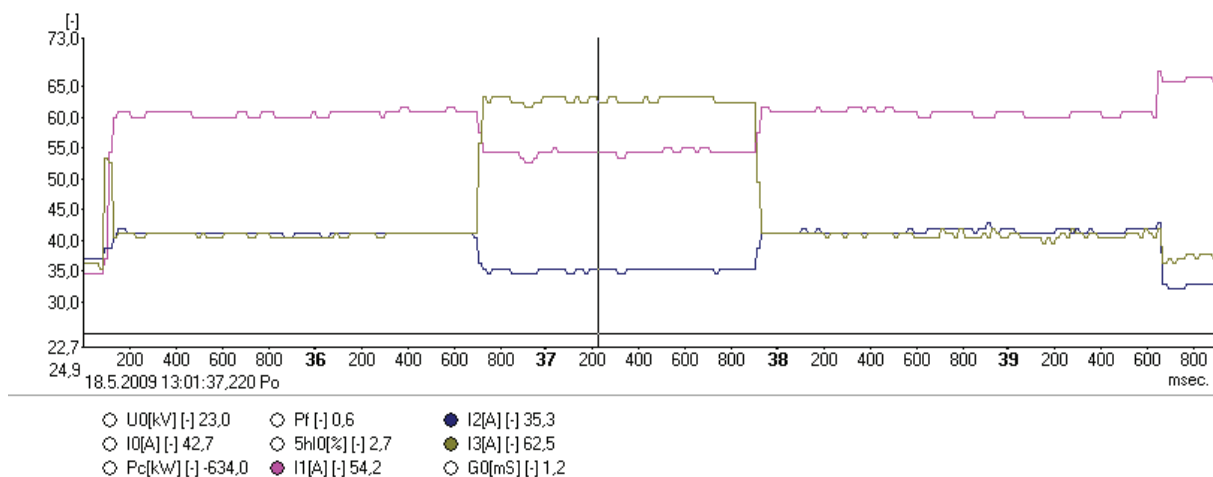
Nekontaktní indikátory poruchových stavů na VN vedení



Obr. 76. R MZR9, VN358. Efektivní hodnoty proudů I1, I2 a I3.

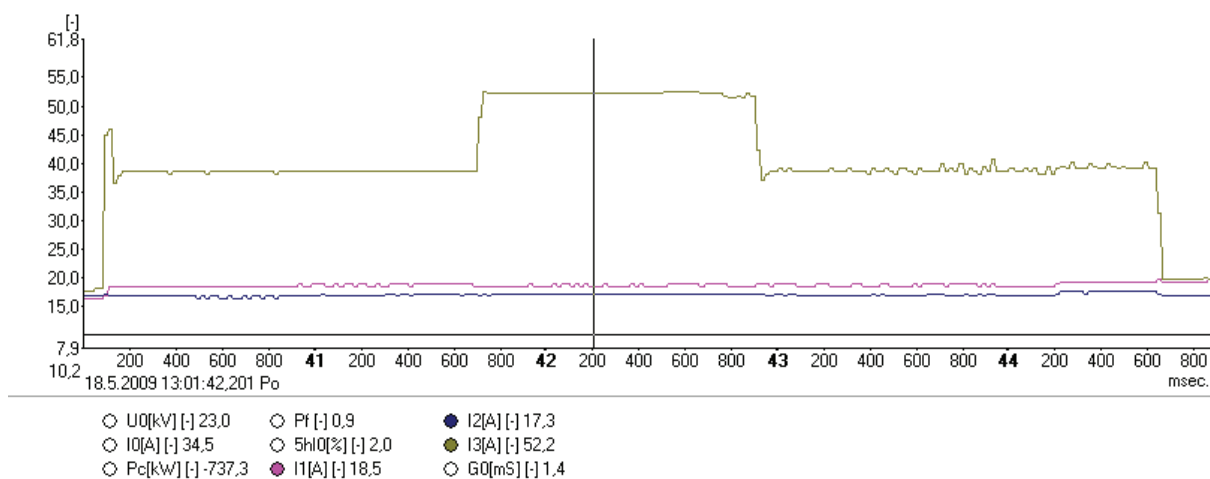


Obr. 77. VN358, US100. Efektivní hodnoty proudů I1, I2 a I3.

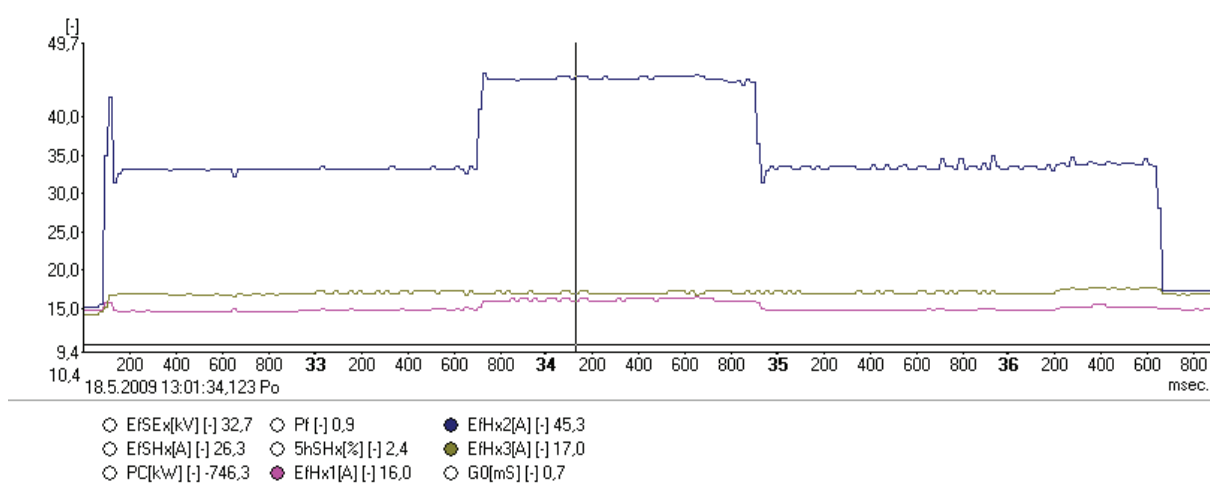


Obr. 78. VN358, R NMM9. Efektivní hodnoty proudů I1, I2 a I3.

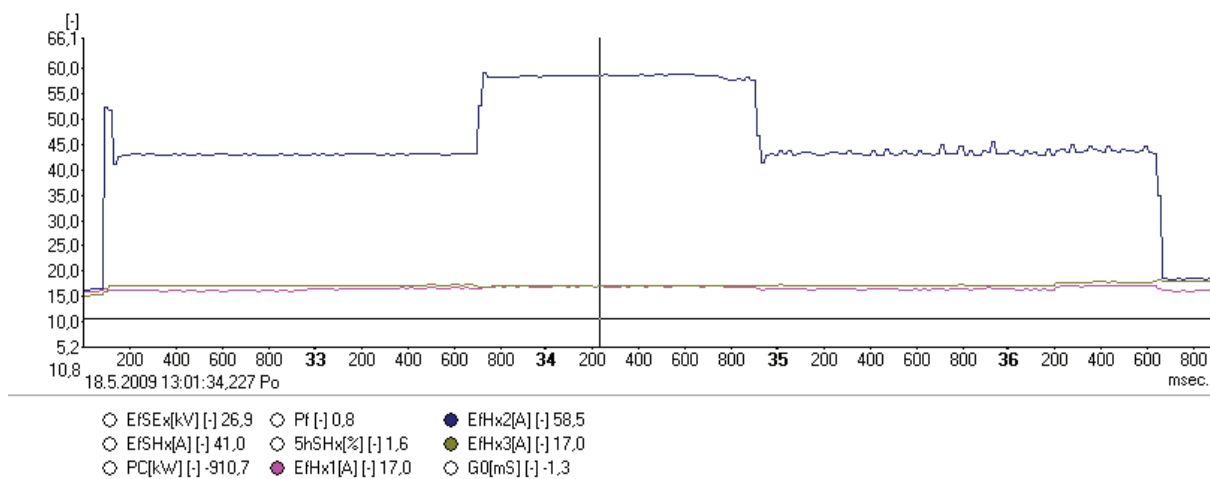
Nekontaktní indikátory poruchových stavů na VN vedení



Obr. 79. VN110, R NMM9. Efektivní hodnoty proudů I1, I2 a I3.

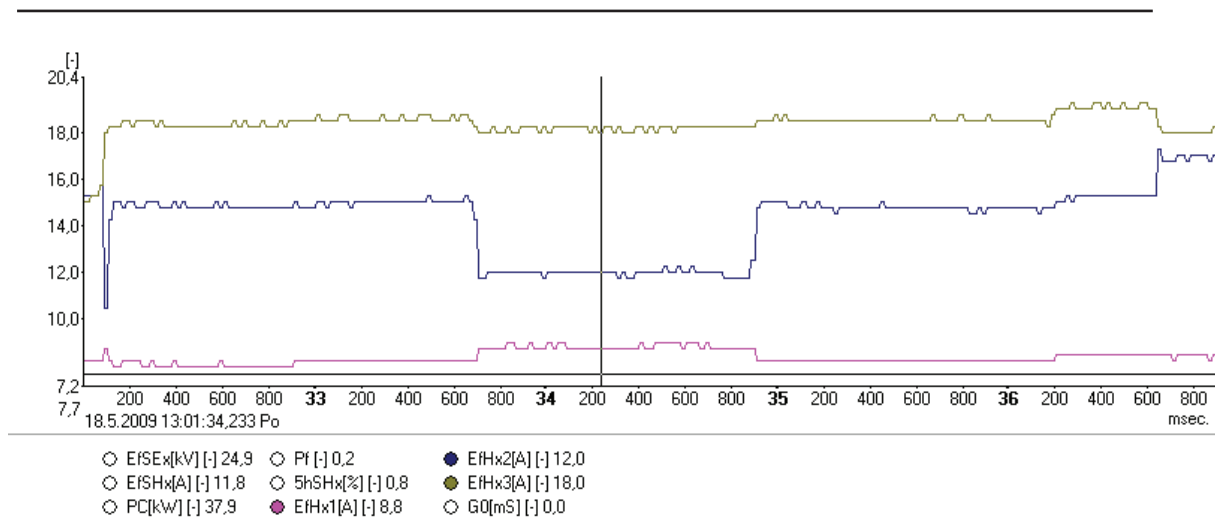


Obr. 80. VN110, podpěrný bod 111. Efektivní hodnoty proudů I1, I2 a I3.

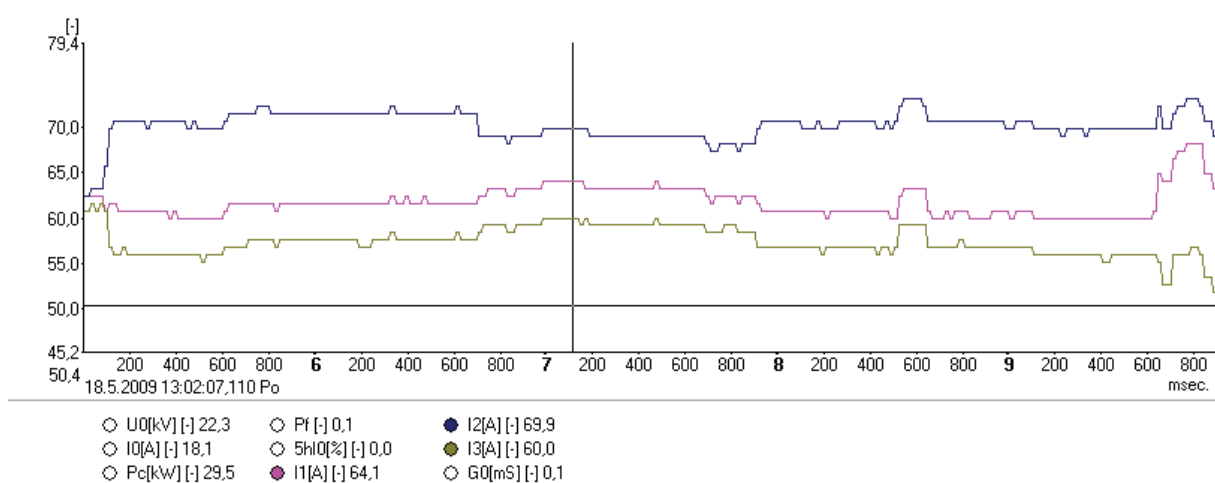


Obr. 81. VN110 před ZS. Efektivní hodnoty proudů I1, I2 a I3.

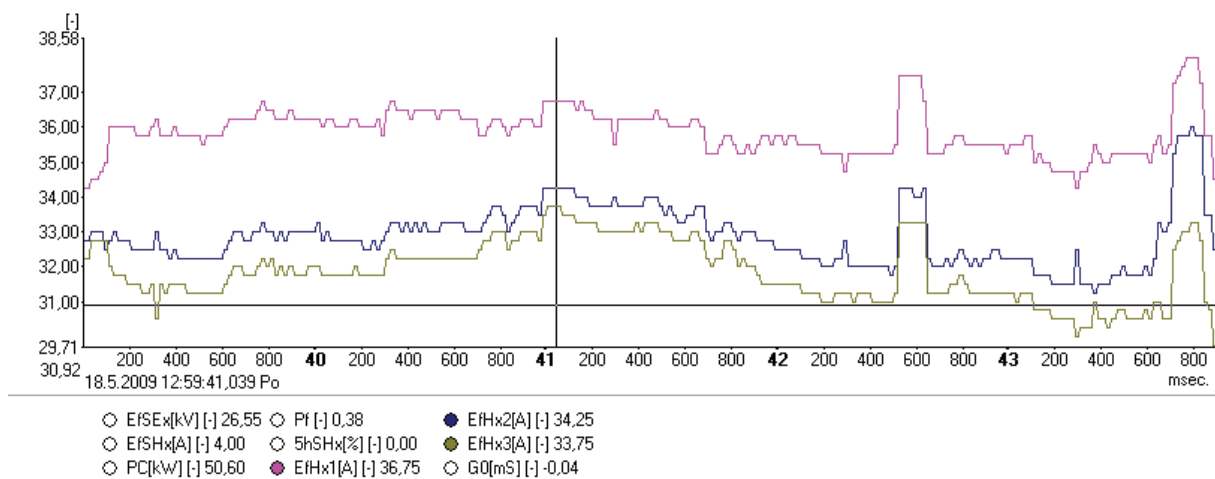
Nekontaktní indikátory poruchových stavů na VN vedení



Obr. 82. VN110 za ZS. Efektivní hodnoty proudů I1, I2 a I3.

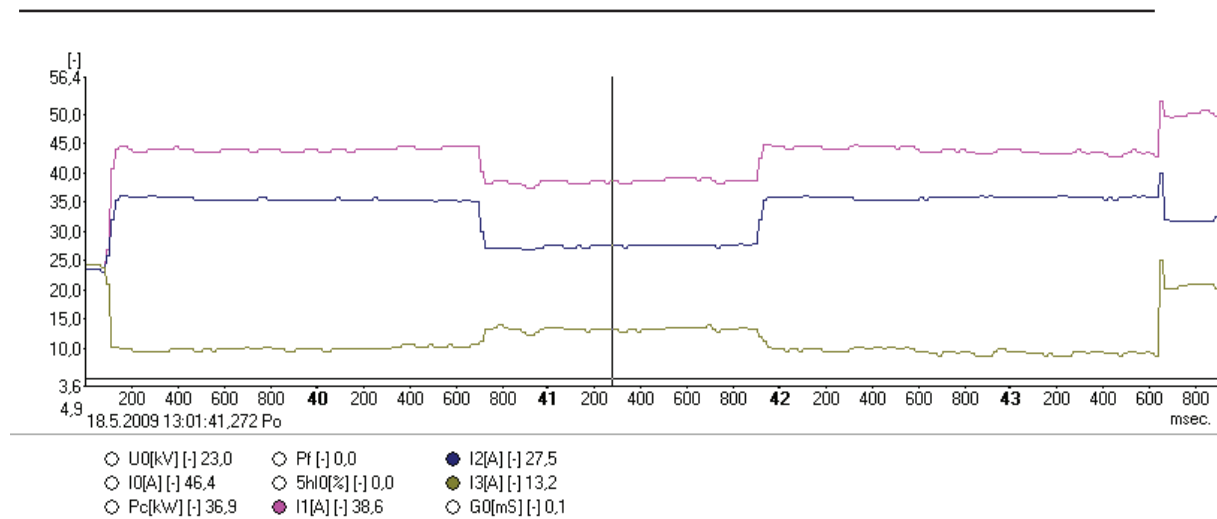


Obr. 83. R MŽR9, VN129, nepoškozené vedení. Efektivní hodnoty proudů I1, I2 a I3.



Obr. 84. VN129, US152. Efektivní hodnoty proudů I1, I2 a I3.

Nekontaktní indikátory poruchových stavů na VN vedení



Obr. 85. R NMM9, VN1209, nepostižené vedení. Efektivní hodnoty proudů I_1 , I_2 a I_3 .

Vyhodnocení zkoušky

Vyhodnocení MEg61 IZS2

Hlavička Vyhodnocení

VN358.IZS, 18.05.2009 13:01:37,000 15 Max=30

Oscilogram Graf Ex Graf ef.h. Tab1 Tab2 Tab3 INDIKACE

18.05.2009 13:01:37,000

Pořadové č.jevu: 14
Chybový flag: 0000 H
Zmeškaný popud: 0003 H
Čas NOZ: ---
Čas osvitů: FFFF H

Vyhodnocení záznamu	0042 H	Inicializační popud	0002 H	Další popudy	0003 H
☐ BIT0-	☐ BIT0-U0 oka nad	☐ BIT0-U0 oka nad	☒ BIT0-U0 oka nad	☒ BIT0-U0 oka nad	
☒ BIT1-znamenko	☒ BIT1-I0 oka nad	☒ BIT1-I0 oka nad	☒ BIT1-I0 oka nad	☒ BIT1-I0 oka nad	
☐ BIT2-I1 vybav	☐ BIT2-I1 nad	☐ BIT2-I1 nad	☐ BIT2-I1 nad	☐ BIT2-I1 nad	
☐ BIT3-I2 vybav	☐ BIT3-I2 nad	☐ BIT3-I2 nad	☐ BIT3-I2 nad	☐ BIT3-I2 nad	
☐ BIT4-I3 vybav	☐ BIT4-I3 nad	☐ BIT4-I3 nad	☐ BIT4-I3 nad	☐ BIT4-I3 nad	
☐ BIT5-NADPROUD	☐ BIT5-G0 nad	☐ BIT5-G0 nad	☐ BIT5-G0 nad	☐ BIT5-G0 nad	
☒ BIT6-JE vybaven WHISHER	☐ BIT6-5.h.nad	☐ BIT6-5.h.nad	☐ BIT6-5.h.nad	☐ BIT6-5.h.nad	
☐ BIT7-ZS odpornik	☐ BIT7-NOZ vybaven	☐ BIT7-NOZ vybaven	☐ BIT7-NOZ vybaven	☐ BIT7-NOZ vybaven	
☐ BIT8-ZS G0	☐ BIT8-NOZ start sledování	☐ BIT8-NOZ start sledování	☐ BIT8-NOZ start sledování	☐ BIT8-NOZ start sledování	
☐ BIT9-ZS 5.harm	☐ BIT9-I0 nad	☐ BIT9-I0 nad	☐ BIT9-I0 nad	☐ BIT9-I0 nad	
☐ BITA-ZS odpornik > delta Pc	☐ BITA-Čidlo osvitů	☐ BITA-Čidlo osvitů	☐ BITA-Čidlo osvitů	☐ BITA-Čidlo osvitů	
☐ BITB-ZS odpornik > delta Pt	☐ BITB-	☐ BITB-	☐ BITB-	☐ BITB-	
☐ BITC-ZS odpornik > delta G0	☐ BITC-	☐ BITC-	☐ BITC-	☐ BITC-	
☐ BITD-NOZ vybaven	☐ BITD-	☐ BITD-	☐ BITD-	☐ BITD-	
☐ BITE-I0 nad mez	☐ BITE-	☐ BITE-	☐ BITE-	☐ BITE-	
☐ BITF-	☐ BITF-	☐ BITF-	☐ BITF-	☐ BITF-	

Konec

Obr. 86. R MŽR9, VN358.

Vyhodnocení MEg61 IZS2

Hlavička Vyhodnocení

210B.IZS, 18.05.2009 13:01:39,000 16 Max=31

Oscilogram Graf Ex Graf ef.h. Tab1 Tab2 Tab3 INDIKACE

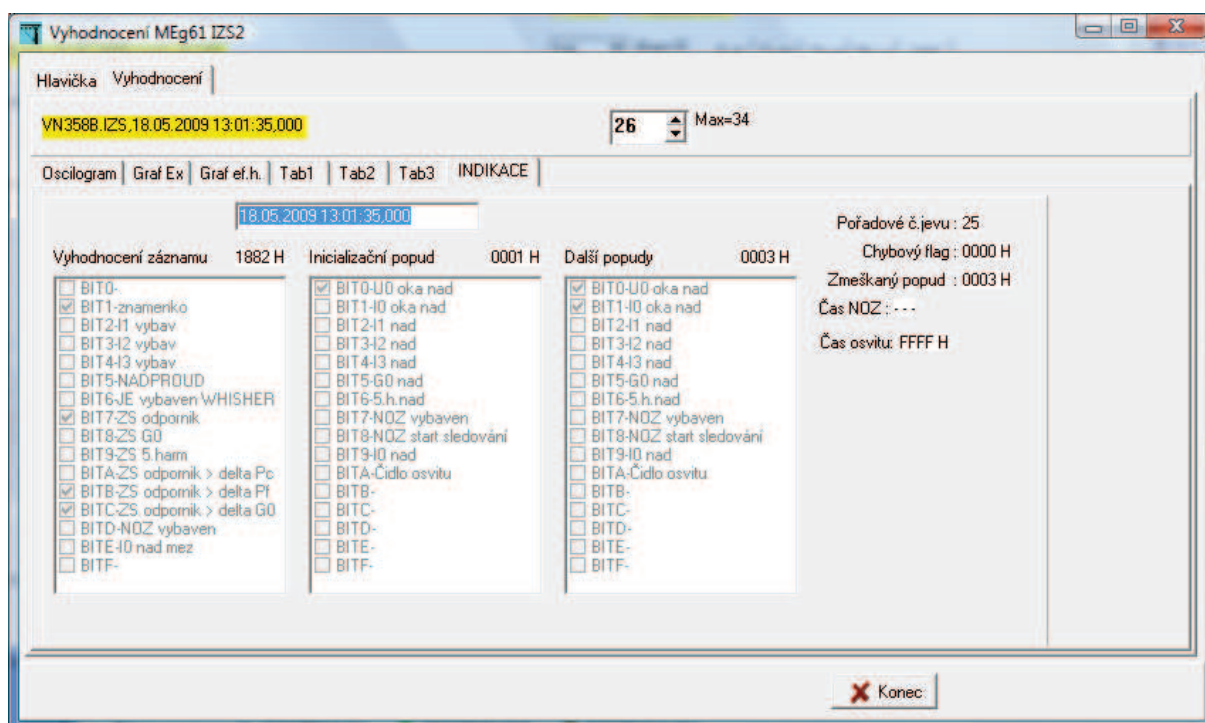
18.05.2009 13:01:39,000

Pořadové č.jevu: 15
Chybový flag: 0000 H
Zmeškaný popud: 0003 H
Čas NOZ: ---
Čas osvitů: FFFF H

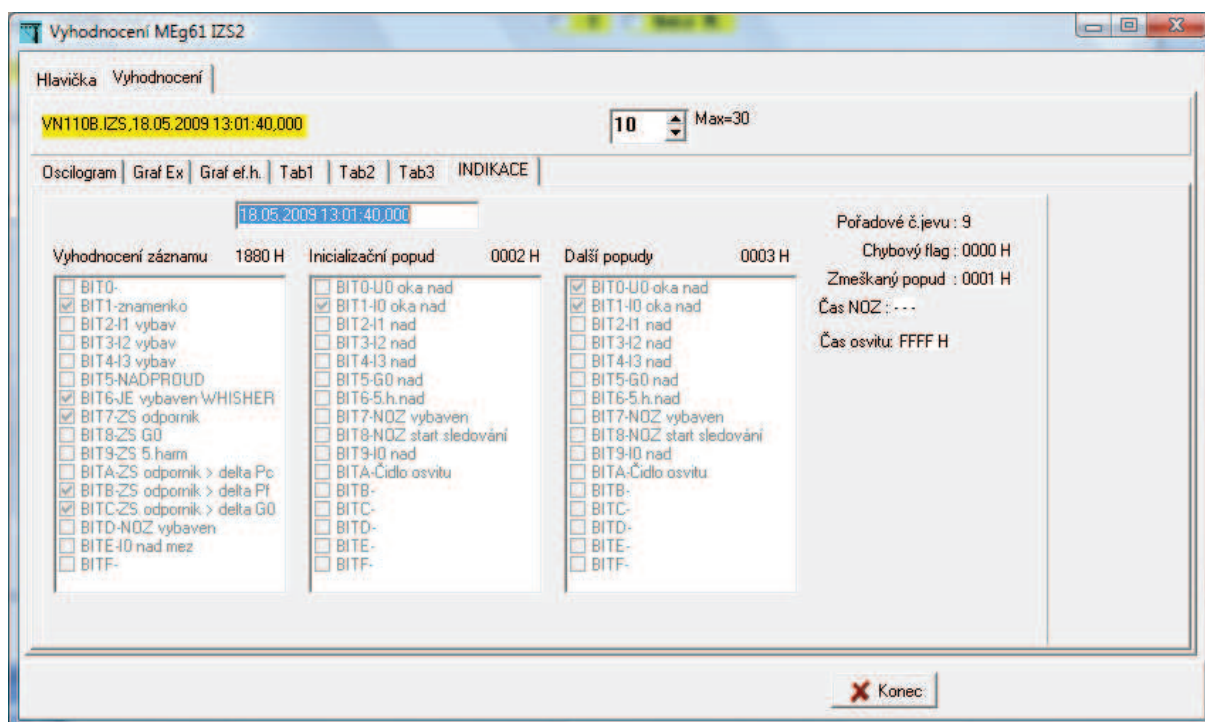
Vyhodnocení záznamu	1880 H	Inicializační popud	0002 H	Další popudy	0003 H
☐ BIT0-	☐ BIT0-U0 oka nad	☐ BIT0-U0 oka nad	☒ BIT0-U0 oka nad	☒ BIT0-U0 oka nad	
☒ BIT1-znamenko	☒ BIT1-I0 oka nad	☒ BIT1-I0 oka nad	☒ BIT1-I0 oka nad	☒ BIT1-I0 oka nad	
☐ BIT2-I1 vybav	☐ BIT2-I1 nad	☐ BIT2-I1 nad	☐ BIT2-I1 nad	☐ BIT2-I1 nad	
☐ BIT3-I2 vybav	☐ BIT3-I2 nad	☐ BIT3-I2 nad	☐ BIT3-I2 nad	☐ BIT3-I2 nad	
☐ BIT4-I3 vybav	☐ BIT4-I3 nad	☐ BIT4-I3 nad	☐ BIT4-I3 nad	☐ BIT4-I3 nad	
☐ BIT5-NADPROUD	☐ BIT5-G0 nad	☐ BIT5-G0 nad	☐ BIT5-G0 nad	☐ BIT5-G0 nad	
☐ BIT6-JE vybaven WHISHER	☐ BIT6-5.h.nad	☐ BIT6-5.h.nad	☐ BIT6-5.h.nad	☐ BIT6-5.h.nad	
☒ BIT7-ZS odpornik	☐ BIT7-NOZ vybaven	☐ BIT7-NOZ vybaven	☐ BIT7-NOZ vybaven	☐ BIT7-NOZ vybaven	
☐ BIT8-ZS G0	☐ BIT8-NOZ start sledování	☐ BIT8-NOZ start sledování	☐ BIT8-NOZ start sledování	☐ BIT8-NOZ start sledování	
☐ BIT9-ZS 5.harm	☐ BIT9-I0 nad	☐ BIT9-I0 nad	☐ BIT9-I0 nad	☐ BIT9-I0 nad	
☐ BITA-ZS odpornik > delta Pc	☐ BITA-Čidlo osvitů	☐ BITA-Čidlo osvitů	☐ BITA-Čidlo osvitů	☐ BITA-Čidlo osvitů	
☒ BITB-ZS odpornik > delta Pt	☐ BITB-	☐ BITB-	☐ BITB-	☐ BITB-	
☒ BITC-ZS odpornik > delta G0	☐ BITC-	☐ BITC-	☐ BITC-	☐ BITC-	
☐ BITD-NOZ vybaven	☐ BITD-	☐ BITD-	☐ BITD-	☐ BITD-	
☐ BITE-I0 nad mez	☐ BITE-	☐ BITE-	☐ BITE-	☐ BITE-	
☐ BITF-	☐ BITF-	☐ BITF-	☐ BITF-	☐ BITF-	

Konec

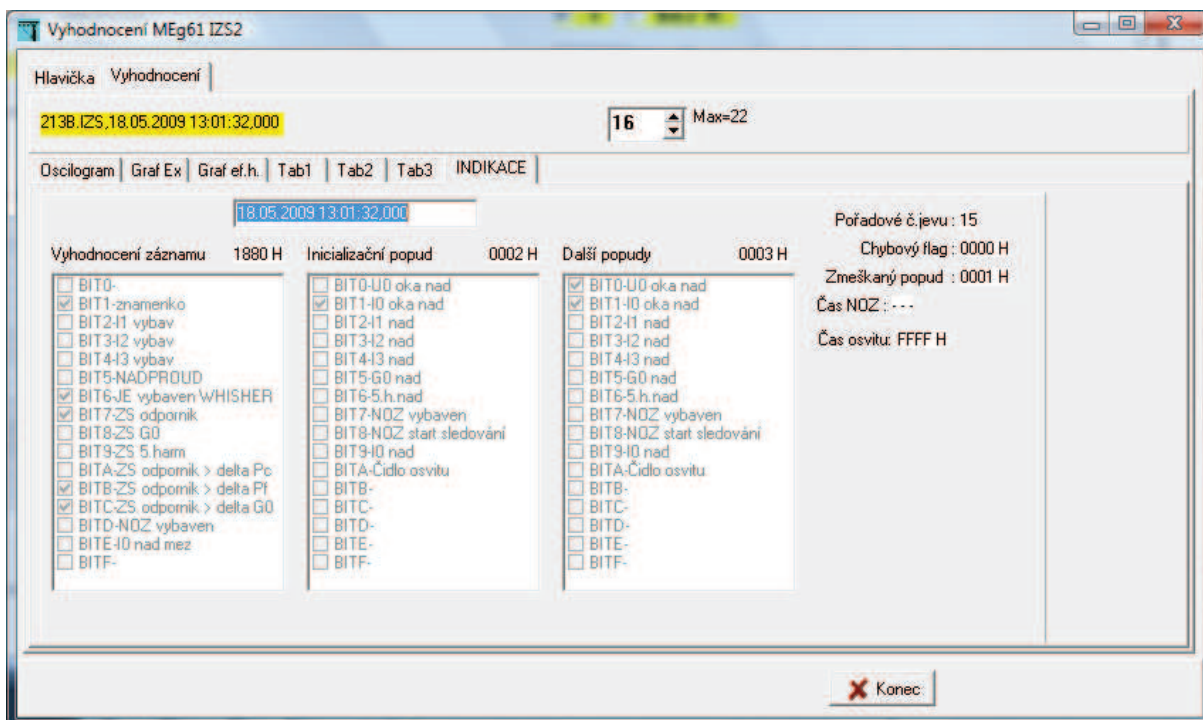
Obr. 87. VN358, US100.



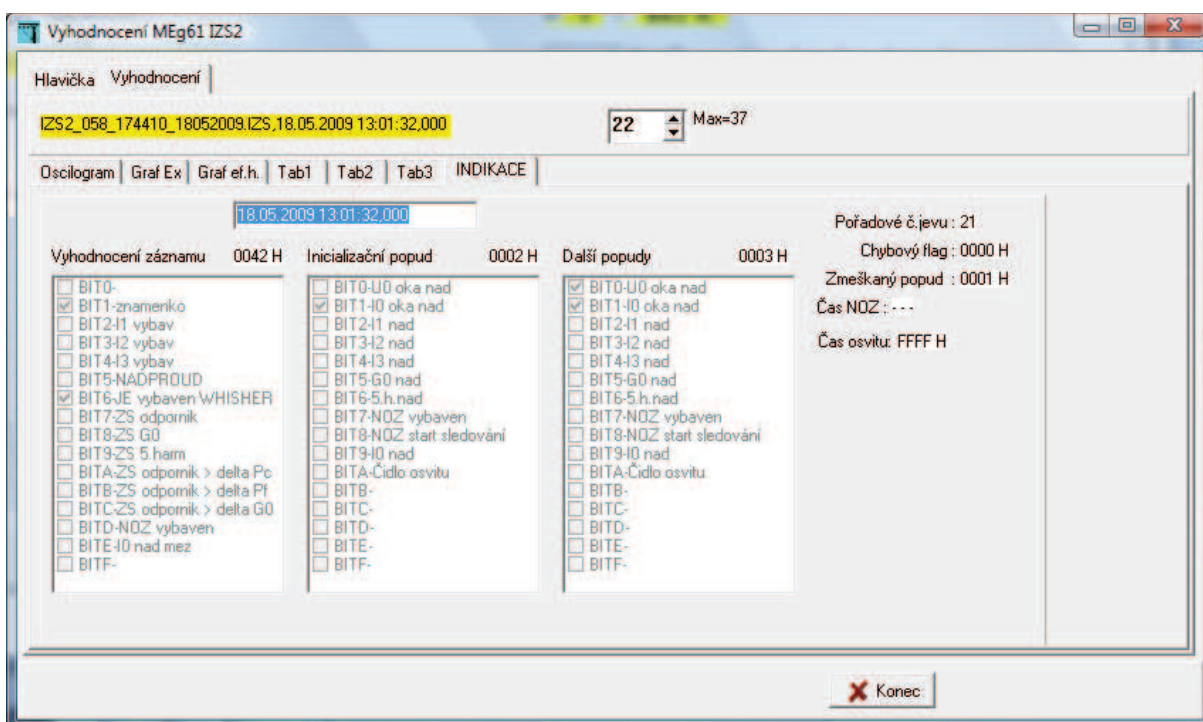
Obr. 88. VN358, R NMM9.



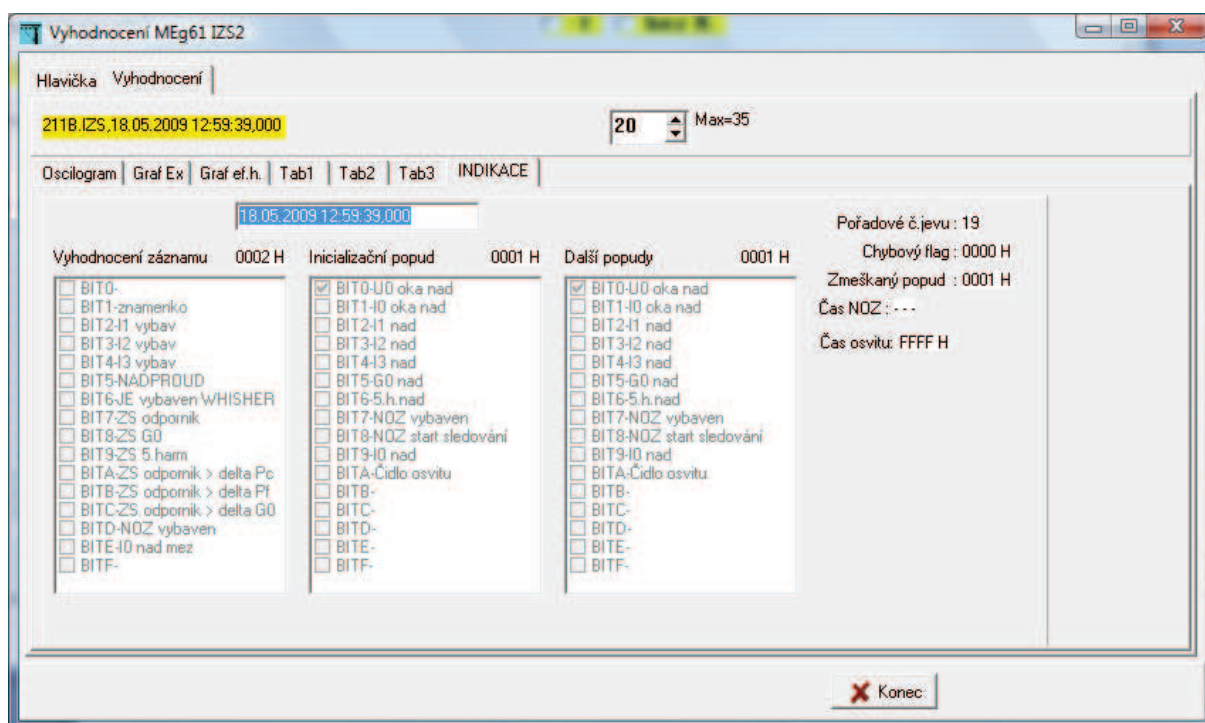
Obr. 89. VN110, R NMM9



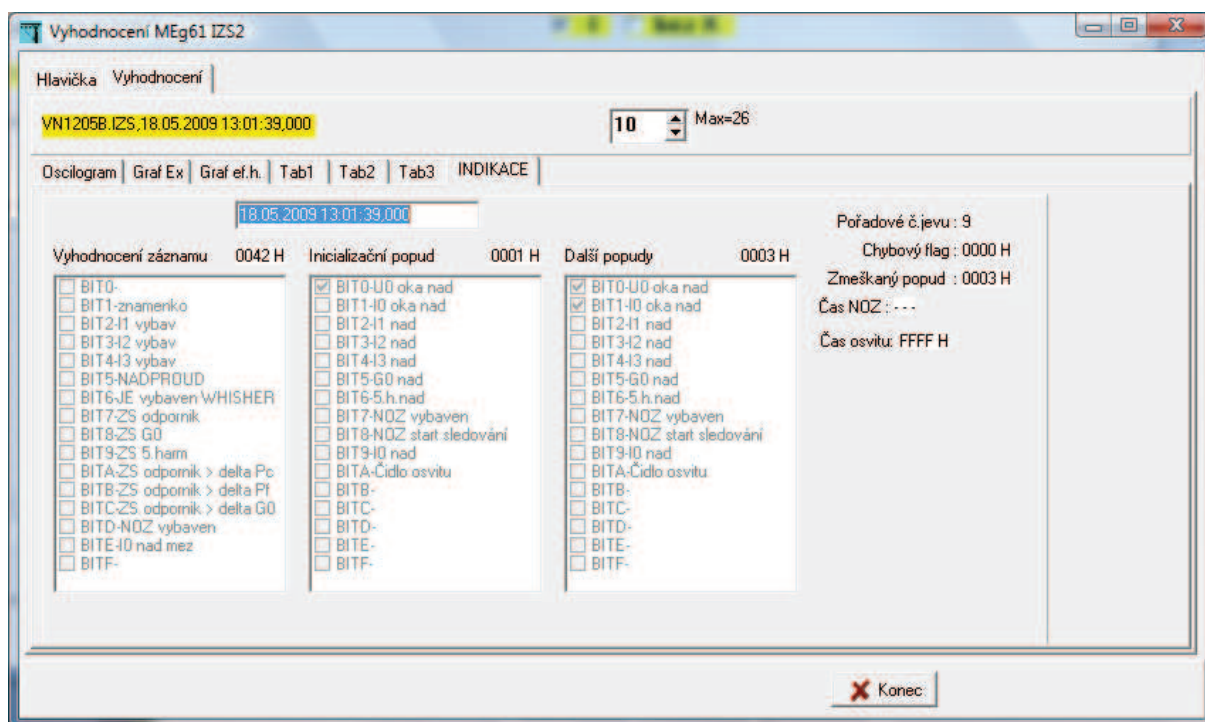
Obr. 90. VN110, podpěrný bod 111.



Obr. 91. VN110 před ZS.



Obr. 94. VN129, US152.

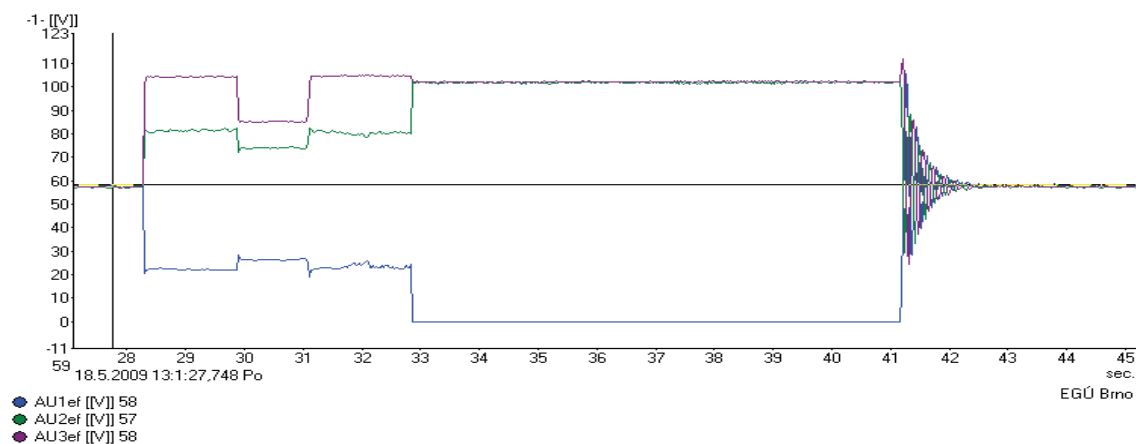


Obr. 95. R NMM9, VN1209, nepostižené vedení.

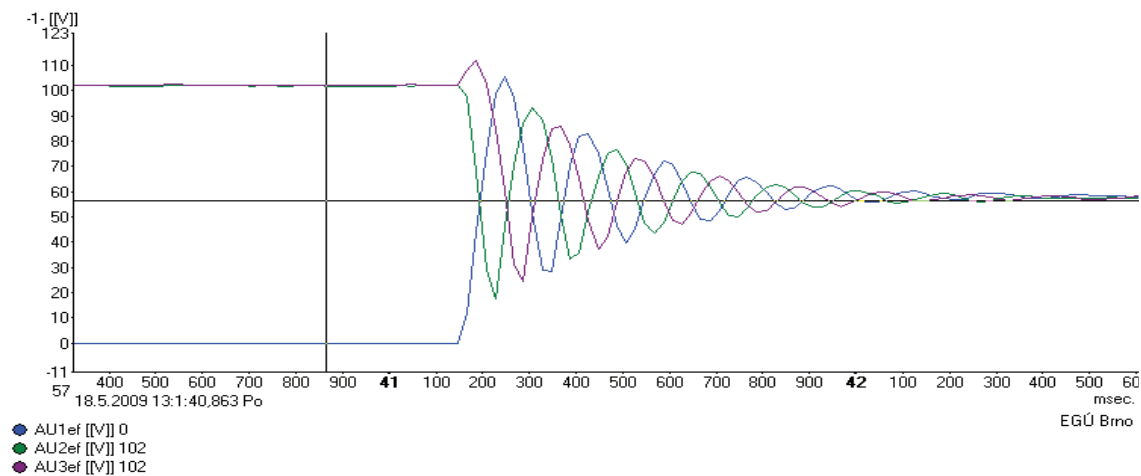
Průběhy měřené zařízením PRYM

Zkouška 8. Obloukové zemní spojení, podladěná tlumivka, 13:01

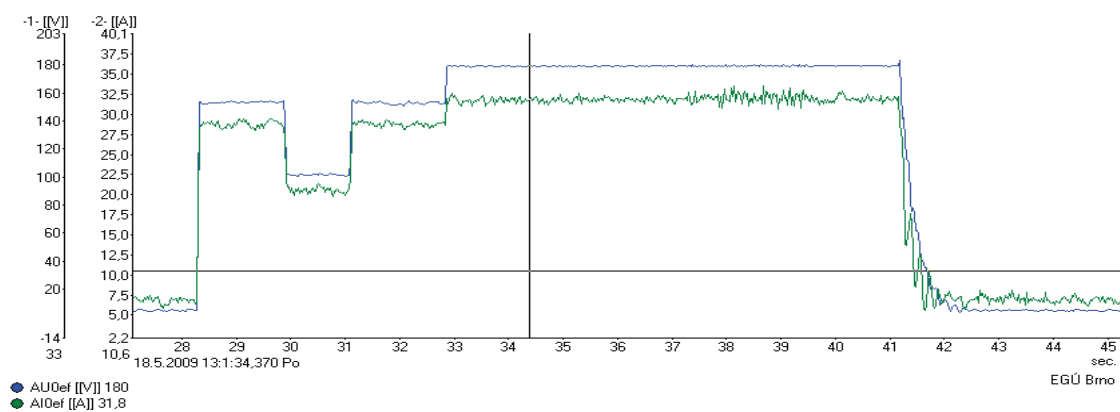
Vývod VN129



Obr. 96. Efektivní hodnoty napětí (sekundární strana).

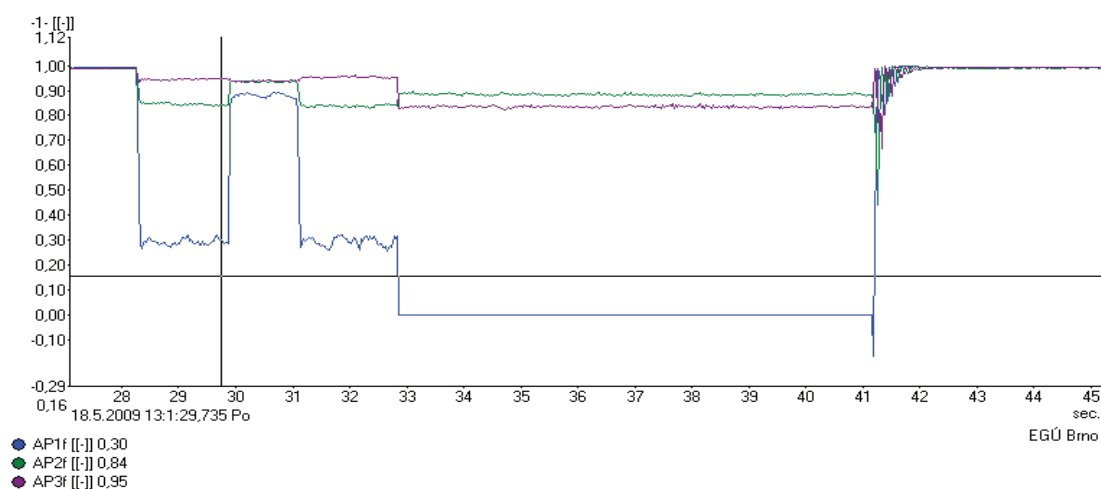


Obr. 97. Dokmitávání po zrušení zemního spojení.

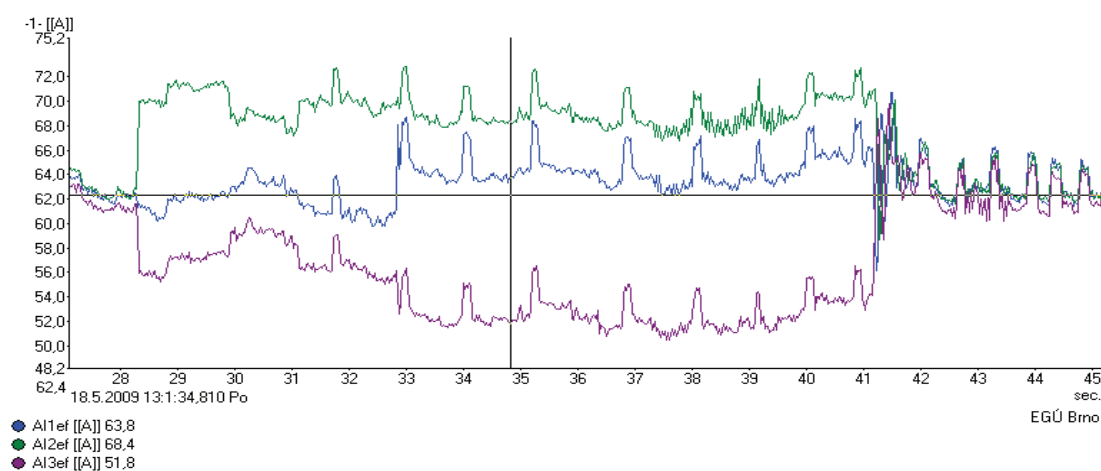


Obr. 98. Efektivní hodnoty složek U_0 a I_0 .

Nekontaktní indikátory poruchových stavů na VN vedení

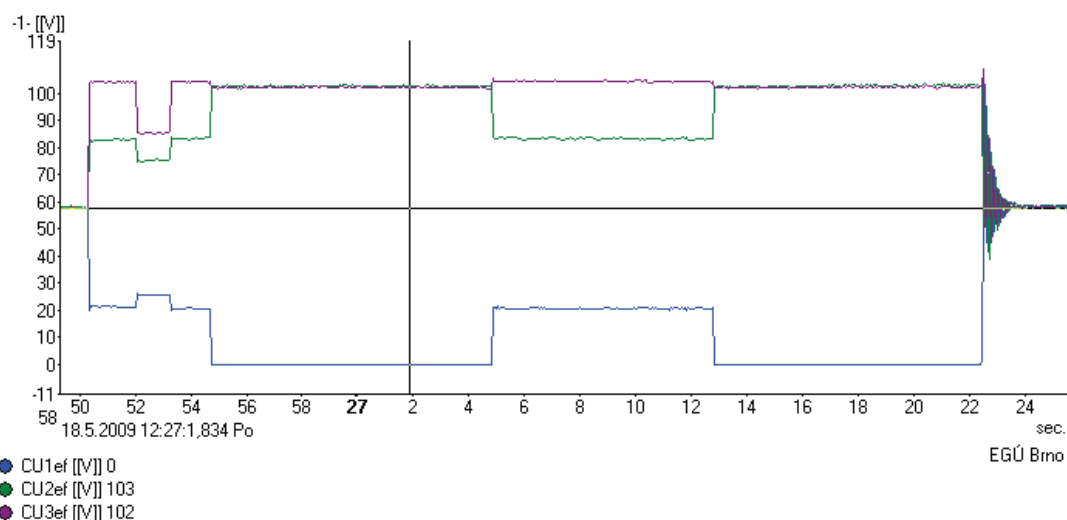


Obr. 99. Činné výkony jednotlivých fází.

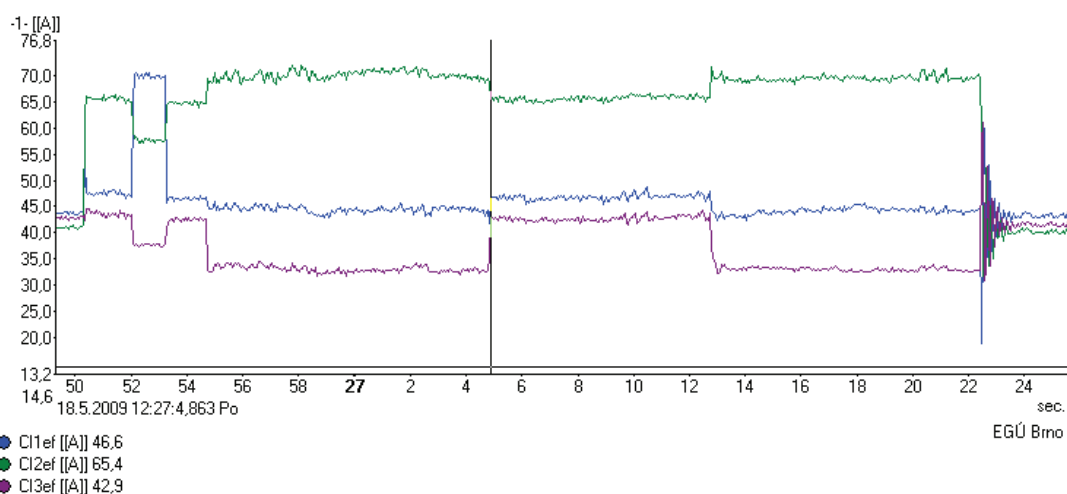


Obr. 100. Průběh efektivních hodnot fázových proudů.

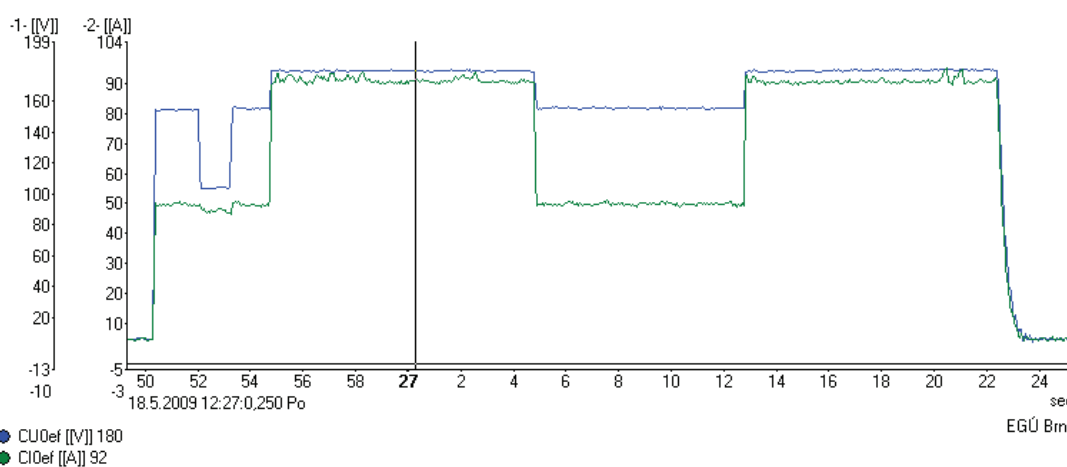
Zkouška 10. Obloukové zemní spojení (kabel), podladěná tlumivka, dvojité šentování VN384



Obr. 101. Efektivní hodnoty fázových napětí.



Obr. 102. Efektivní hodnoty fázových proudů.



Obr. 103. Efektivní hodnoty složek U_0 a I_0 .

Příloha 5. Přehled norem

- ČSN 34 1610 Elektrický silnoproudý rozvod v průmyslových provozech.
ČSN 33 3201 Elektrické instalace nad 1 kV AC.
ČSN 33 3051 Ochrany elektrických strojů a rozvodných zařízení.
ČSN EN 60 909-0 Zkratové proudy v trojfázových střídavých soustavách. Výpočet proudů.
ČSN EN 50423-1 Elektrická venkovní vedení s napětím nad AC 1 kV do AC 45 kV včetně - Část 1 Všeobecné požadavky - Společné specifikace
ČSN 33 3070 Kompenzace kapacitních zemních proudů v sítích vysokého napětí.
PNE 38 4065 Provoz, navrhování a zkoušení ochranných a automatik.
PNE 184310 Standardizované informační soubory dispečerských řídicích systémů.
- ČSN EN 60255-24 Obecný formát pro výměnu přechodně uložených dat (COMTRADE) v elektrizačních soustavách.
ČSN EN 60870-5-1 - Systémy a zařízení pro dálkové ovládání - Část 5: Přenosové protokoly Oddíl 1: Formáty přenosového rámce
ČSN EN 60870-5-101 ed. 2 - Systémy a zařízení pro dálkové ovládání - Část 5-101: Přenosové protokoly - Společná norma pro základní úkoly dálkového ovládání
ČSN EN 60870-5-104 ed. 2 - Systémy a zařízení pro dálkové ovládání - Část 5-104: Přenosové protokoly - Síťový přístup pro IEC 60870-5-101 používající normalizované transportní profily
RS232 Electronics Industries Association, "EIA Standard RS-232-C Interface Between Data Terminal Equipment and Data Communication Equipment Employing Serial Data Interchange", August 1969
V.28 Electrical characteristics for unbalanced double-current interchange circuits RS485, TIA/EIA-485 Electrical Characteristics of Generators and Receivers for Use in Balanced Digital Multipoint Systems
V.11 Electrical characteristics for balanced double-current interchange circuits operating at data signalling rates up to 10 Mbit/s
- ČSN EN 50160 Charakteristiky napětí elektrické energie dodávané z veřejné distribuční sítě.
ČSN EN 61000 Elektromagnetická kompatibilita (EMC).
- ČSN 33 2000-4-41 Elektrotechnické předpisy – Elektrická zařízení – Část 4: Bezpečnost – Kapitola 41 Ochrana před úrazem elektrickým proudem.
PNE 33 0000-1 Ochrana před úrazem elektrickým proudem v DS dodavatele elektřiny.
PNE 33 0000-2 Stanovení charakteristik vnějších vlivů pro rozvodná zařízení vysokého a velmi vysokého napětí
- Informace NRL č. 16/2009 NRL (Národní referenční laboratoř) pro neionizující elektromagnetická pole a záření
Environmental Health Criteria 238 (2007): Extremely Low Frequency (ELF) Fields WHO, Geneva, Switzerland, ISBN 978-92-4-157238-5

Curriculum Vitae

Jméno: Ing. Drahomír PERNICA

Narozen: 31. října 1964 v Brně

Kontakt: 66402 Ochoz u Brna 216

Vzdělání:

1983 – 1988 VUT Brno, Fakulta elektrotechnická, Katedra automatizační a měřicí techniky, inženýrské studium
2007 – VUT Brno, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektroenergetiky, doktorské studium

Odborná praxe:

1988 – 1992 EGÚ Brno a.s.
1992 – 1993 ABB (expertní pobyt, elektrárna 4x64MW Írán)
1994 – 2003 EGÚ Brno a.s.
2004 – MEgA a.s., Brno

Členství v organizacích:

CIREN

Přehled vlastních prací vztahujících se k tématu:

VANĚK, R.; POSPÍCHAL, L.; PERNICA, D.; HODER, K. *Výsledky dlouhodobé registrace zemních spojení ve VN síti ČEZ, a.s.* Referáty konference ČK CIREN 2007. ČK CIREN. 2007. (19 p.). ISBN 978-80-254-0304-4.

PERNICA, D. *Meranie zemných spojení vo VN sieti Západoslovenskej energetiky, a.s.* Referáty konference ČK CIREN 2007. ČK CIREN. 2007. (12 p.). ISBN 978-80-254-0304-4.

PERNICA, D. Indikace zemních spojení mimo objekt rozvodny. In *Proceedings of the 9th International Scientific Conference Electric Power Engineering 2008*. Brno, Brno University of Technology. 2008. p. 231 - 238. ISBN 978-80-214-3650-3.

TOPOLÁNEK, D.; PERNICA, D. Metody indikace zemního spojení. In *Referáty konference ČK CIREN 2008 Tábor*. 2008. p. 1 - 14. ISBN 978-80-254-2790-3.

TOPOLÁNEK, D.; PERNICA, D. Výsledky z indikací zemních spojení v ČEZ a ZSE. In *Referáty konference ČK CIREN 2008 Tábor*. 2008. p. 1 - 15. ISBN 978-80-254-2790-3.

PERNICA, D. Contactless Eearth Fault Indicator. In *Proceedings of the 15th conference STUDENT EEICT 2009 Volume 3*. Ondráčková 105, Brno, Ing.Zdeněk Novotný CS. 2009. p. 92 - 95. ISBN 978-80-214-3870-5.

TOPOLÁNEK, D.; TOMAN, P.; PERNICA, D. Využití indikátorů zemního spojení s detekcí elektromagnetického pole pro lokalizaci zemního spojení. In *Proceedings of the 10th International Scientific Conference Electric Power Engineering 2009*. Ostrava, VSB Ostrava. 2009. p. 1 - 5. ISBN 978-80-248-1947-1.

TOPOLÁNEK, D.; PERNICA, D.; POSPÍCHAL, L.; HODER, K. Identification of Ground Faults According to the Analysis of Electromagnetic Field of MV Lines. In *The 20th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution*. Praha. 2009. p. 1 - 4. ISBN 978-1-84919-126-5.

PERNICA, D.; POSPÍCHAL, L.; HODER, K. Zemní spojení, zkrat a atmosférické přepětí zaznamenaná snímači elektromagnetických polí. In *Referáty konference ČK CIRED 2009 Tábor*. 2009. CIRED. 2009. ISBN 978-80-254-5635-4.

PERNICA, D.; POSPÍCHAL, L.; HODER, K.; MEgA Brno, s.r.o.: Detektor zemního spojení. Užité vzor 16983, V Praze (2006)

PERNICA, D.; POSPÍCHAL, L.; HODER, K.; MEgA - Měřicí energetické aparáty s.r.o.,Brno, CZ: Detektor zemního spojení pro vedení vysokého napětí. Patentový spis 300802, Praha 6 - Bubeneč (2006)