

## Zemní spojení a měření na transformátoru

**Pracoviště:** KEV + RICE  
**Číslo dokumentu:** 22190-033-2022  
**Typ zprávy:** Výzkumná zpráva  
**Řešitelé:** Bohumil Skala, Martin Šesták, Jan Kolář  
**Vedoucí projektu:** Tomáš Komrská  
**Počet stran:** 36  
**Datum vydání:** 02. 09. 2022  
**Oborové zařazení:** 2.2 Electrical engineering, Electronic engineering,  
Information engineering - Electrical and electronic  
engineering

**Zadavatel / zákazník:**  
Západočeská univerzita v Plzni  
Research and Innovation Centre  
for Electrical Engineering  
Univerzitní 8  
306 14 Plzeň

**Zpracovatel / dodavatel:**  
Západočeská univerzita v Plzni  
Research and Innovation Centre  
for Electrical Engineering  
Univerzitní 8  
306 14 Plzeň

**Kontaktní osoba:**  
Bohumil Skala  
tel. 377 634 473  
skalab@fel.zcu.cz

**Tato zpráva vznikla s podporou projektu NCK Národní centrum pro  
energetiku TN01000007.**

## **Anotace**

Tato výzkumná zpráva se zabývá výsledky zkoušky transformátoru při zemním spojení.

## **Klíčová slova**

Netočivá reaktance, transformátor

## **Název zprávy v anglickém jazyce / Report title**

Ground connection and the transformer measurement

## **Anotace v anglickém jazyce / Abstract**

This research report deals with results of the ground connection test of the transformer.

## **Klíčová slova v anglickém jazyce / Keywords**

Zero sequence component reactance, transformer

## Seznam symbolů a zkratek

|     |                |
|-----|----------------|
| U   | napětí zdroje  |
| I   | proud zdroje   |
| P   | činný výkon    |
| Q   | jalový výkon   |
| S   | zdánlivý výkon |
| cos | účinník        |

### Indexy

|         |                 |
|---------|-----------------|
| 1       | primár          |
| 2       | sekundár        |
| f       | fázová hodnota  |
| U, V, W | jednotlivé fáze |
| N       | nulový vodič    |

## Obsah

|           |                                                           |           |
|-----------|-----------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>  | <b>ÚVOD .....</b>                                         | <b>5</b>  |
| <b>2</b>  | <b>ŠTÍTEK TRANSFORMÁTORU .....</b>                        | <b>6</b>  |
| <b>3</b>  | <b>PROTOKOL ELPROENERGO O PROVEDENÝCH ZKOUŠKÁCH .....</b> | <b>7</b>  |
| <b>4</b>  | <b>SCHÉMA ZAPOJENÍ PRO MĚŘENÍ ZEMNÍHO SPOJENÍ .....</b>   | <b>8</b>  |
| <b>5</b>  | <b>POUŽITÉ PŘÍSTROJE A ZAŘÍZENÍ .....</b>                 | <b>8</b>  |
| <b>6</b>  | <b>SCHÉMA ZAPOJENÍ – ZEMNÍ SPOJENÍ NA FÁZI U .....</b>    | <b>9</b>  |
| 6.1       | NAMĚŘENÉ PRŮBĚHY V PŘECHODOVÉ SKŘÍŇI .....                | 10        |
| 6.2       | NAMĚŘENÉ PRŮBĚHY OSCILOSKOPY .....                        | 14        |
| <b>7</b>  | <b>SCHÉMA ZAPOJENÍ – ZEMNÍ SPOJENÍ NA FÁZI V .....</b>    | <b>16</b> |
| 7.1       | NAMĚŘENÉ PRŮBĚHY .....                                    | 17        |
| 7.2       | NAMĚŘENÉ PRŮBĚHY OSCILOSKOPY .....                        | 21        |
| <b>8</b>  | <b>SCHÉMA ZAPOJENÍ – ZEMNÍ SPOJENÍ NA FÁZI W .....</b>    | <b>23</b> |
| 8.1       | NAMĚŘENÉ PRŮBĚHY .....                                    | 24        |
| 8.2       | NAMĚŘENÉ PRŮBĚHY OSCILOSKOPY .....                        | 28        |
| <b>9</b>  | <b>VLIV PROPOJENÍ ZEMNÍHO SPOJENÍ NA BOD PE .....</b>     | <b>29</b> |
| <b>10</b> | <b>ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ .....</b>                          | <b>33</b> |

## 1 Úvod

Na požadavek ElproEnergó byla provedena zkouška transformátoru v umělém zapojení sítě IT 22kV při zemním spojení.

Zkoumán byl vliv

- konkrétní fáze U-V-W zemního spojení na velikost ztrát
- vliv připojení zemního spojení k PE bodu zkušebny

V tomto protokolu je uvedeno zkoušení transformátoru v emulované síti IT 22 kV pomocí parazitních kapacit 3,13  $\mu\text{F}$  pro určení proudů transformátoru a jeho ztrátového příkonu. Měření bylo provedeno za studena. Byla použita odbočka 1 – 25 200V. Sekundární i terciární vinutí bylo spojeno naprázdno.

## 2 Štítek transformátoru



**Elpro-Energo**  
Transformers



|                                            |           |                  |          |                                  |                      |
|--------------------------------------------|-----------|------------------|----------|----------------------------------|----------------------|
| Typ                                        | OTC720S20 | Výrobní číslo    | 32100431 | 3                                | fázový transformátor |
| Rok výroby                                 | 2022      | Norma            | EN 60076 | Frekvence                        | 50Hz                 |
| Jmenovitý výkon                            | 720 kVA   | Izolační hladina | LI 125   | AC                               | 50/3                 |
| Parametry pro provoz se souslednou složkou |           |                  |          | Skupina spojení                  | YNiii +iii           |
| Primar                                     |           | Sekundár         | Terciár  | Um                               | 25/1,1 kV            |
| Napětí                                     | 1 25200 V | 213 V            | 167 V    | Chlazení                         | ONAN                 |
|                                            | 2 24000 V |                  |          | Doba trvání zkratu               | 2.s                  |
|                                            | 3 20400 V |                  |          | Hmotnost celkem                  | 7.474 t              |
|                                            |           |                  |          | Hmotnost olej                    | 1.722 t              |
| Proud                                      | 17.3 A    | 1126.7 A         | 5 A      | Hmotnost jádra                   | 2.416 t              |
| Ztráty P0                                  | 0.401 kW  |                  |          | Hmotnost vinutí Cu               | t                    |
| Ztráty Pk                                  | 8.266 kW  |                  |          | Hmotnost vinutí Al               | 0.474 t              |
| Napětí nakrátko                            | 7.58 %    |                  |          | Podíl PCB                        | <1ppm                |
| Druh oleje NYNAS DISTRO DT-11 EU           |           |                  |          | Plněno při 20° C - tlak normální |                      |

Parametry pro provoz se souslednou složkou + netočivou složkou

Vinutí vyššího napětí dimenzováno na  $U_f=24\text{kV}$ , proud  $I_f=32.2\text{A}$ , Výkon  $S=3\times 775.2\text{kVA}$

Pásový vývod 1N dimenzován na proud  $I=97\text{A}$

Vinutí sekundárního napětí dimenzováno na napětí  $U_f=369\text{V}$ , proud  $I_f=1126.7\text{A}$

Výkon  $S=3\times 415.7\text{kVA}$

Zatížení S1 - trvalý chod

Vyrobena v České republice

Obr. 2.1 Štítek trasnsformátoru

### 3 Protokol ElproEnergo o provedených zkouškách

Jako výstupní protokol byl dodán následující list o výsledcích provedených zkoušek.

|                                                                                                                                      |              |                                         |                                                       |                                                             |                         |                           |                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                                                     |              | <b>Zkušební protokol transformátoru</b> |                                                       | Datum 08.03.2022<br>Sériové číslo 32200019<br>Typ OTC720S20 |                         |                           |                           |
| <b>TECHNICKÁ DATA</b>                                                                                                                |              |                                         |                                                       |                                                             |                         |                           |                           |
| Výkon                                                                                                                                | 720 kVA      | Napětí (VN)                             | 24000 V                                               | Proud (VN)                                                  | 17.3 A                  |                           |                           |
| Počet fází                                                                                                                           | 3            | Napětí (NN)                             | 368.9 V                                               | Proud (NN)                                                  | 1126.8 A                |                           |                           |
| Frekvence                                                                                                                            | 50 Hz        | Odbočky                                 | +5%, -15%                                             | Napětí nakrátko                                             | 7 ±10%                  |                           |                           |
| Třída izolace                                                                                                                        | A            | Skupina zapojení                        | YNy6d1                                                | Ztráty naprázdno                                            | 430 W +10%              |                           |                           |
| Chlazení                                                                                                                             | ONAN         | Norma                                   | IEC 60076-1                                           | Ztráty nakrátko                                             | 17500 W +10%            |                           |                           |
| <b>MĚŘENÍ PŘEVODU</b>                                                                                                                |              |                                         |                                                       |                                                             |                         |                           |                           |
| Číslo odbočky                                                                                                                        | 1            | 2                                       | 3                                                     |                                                             |                         |                           |                           |
| Převod                                                                                                                               | 68.311       | 65.058                                  | 55.300                                                |                                                             |                         |                           |                           |
| Odsychka převodu                                                                                                                     | A-BC:b-a     | -0.008 %                                | 0.008 %                                               | 0.011 %                                                     |                         |                           |                           |
|                                                                                                                                      | B-CA:c-b     | -0.013 %                                | 0.004 %                                               | 0.004 %                                                     |                         |                           |                           |
|                                                                                                                                      | C-AB:a-c     | 0.041 %                                 | 0.054 %                                               | 0.039 %                                                     |                         |                           |                           |
| Prošlo                                                                                                                               | ✓            | ✓                                       | ✓                                                     |                                                             |                         |                           |                           |
| Číslo odbočky                                                                                                                        | 1            |                                         |                                                       |                                                             |                         |                           |                           |
| Převod                                                                                                                               | 1.2754       |                                         |                                                       |                                                             |                         |                           |                           |
| Odsychka převodu                                                                                                                     | a-bc:B3-A3   | -3.131 %                                |                                                       |                                                             |                         |                           |                           |
|                                                                                                                                      | b-ca:C3-B3   | -3.140 %                                |                                                       |                                                             |                         |                           |                           |
|                                                                                                                                      | c-ab:A3-C3   | -3.156 %                                |                                                       |                                                             |                         |                           |                           |
| <b>MĚŘENÍ ODPORU VINUTÍ</b>                                                                                                          |              |                                         |                                                       |                                                             |                         |                           |                           |
|                                                                                                                                      |              |                                         |                                                       | Jednotka Ω                                                  | Teplota 17.1 °C         |                           |                           |
| Číslo odbočky                                                                                                                        | 2            |                                         |                                                       |                                                             |                         |                           |                           |
| VN                                                                                                                                   | A - B        | 5.8411                                  |                                                       |                                                             |                         |                           |                           |
|                                                                                                                                      | B - C        | 5.8110                                  |                                                       |                                                             |                         |                           |                           |
|                                                                                                                                      | C - A        | 5.8380                                  |                                                       |                                                             |                         |                           |                           |
| NN                                                                                                                                   | a - b        | 0.0018438                               |                                                       |                                                             |                         |                           |                           |
|                                                                                                                                      | b - c        | 0.0018810                               |                                                       |                                                             |                         |                           |                           |
|                                                                                                                                      | c - a        | 0.0018601                               |                                                       |                                                             |                         |                           |                           |
| <b>MĚŘENÍ ZTRÁT NAPRÁZDNO A PROUD NAPRÁZDNO</b>                                                                                      |              |                                         |                                                       |                                                             |                         |                           |                           |
| Napájení                                                                                                                             | Napětí       | Proud                                   |                                                       |                                                             |                         | I <sub>0</sub>            | Ztráty P <sub>0</sub>     |
|                                                                                                                                      |              | a                                       | b                                                     | c                                                           | Průměr                  |                           |                           |
| NN                                                                                                                                   | 368.900 V    | 886.200 mA                              | 1.122 A                                               | 1.259 A                                                     | 1.089 A                 | 0.0966 %                  | 401.404 W                 |
| <b>MĚŘENÍ ZTRÁT NAKRÁTKO A IMPEDANCE NAKRÁTKO</b>                                                                                    |              |                                         |                                                       |                                                             |                         | T <sub>Ref.</sub> 75.0 °C | T <sub>Med.</sub> 17.6 °C |
| Napájení                                                                                                                             | Zkratováno   | Proud                                   | U <sub>k25</sub>                                      | Ztráty <sub>yk</sub>                                        | Ztráty P <sub>k25</sub> |                           |                           |
| VN / 2                                                                                                                               | NN           | 10.380 A                                | 7.58 %                                                | 6.951 kW                                                    | 8.266 kW                |                           |                           |
| <b>ZKOUŠKA PŘILOŽENÝM NAPĚTÍM</b>                                                                                                    |              |                                         |                                                       |                                                             |                         |                           |                           |
| Napájení                                                                                                                             | Proti        | Napětí                                  | Proud                                                 | Frekvence                                                   | Doba trvání             | Vydrželo                  |                           |
| Te                                                                                                                                   | VN+NN+Nádoba | 2.96 kV                                 | 17.36 mA                                              | 50.0 Hz                                                     | 60 s                    | ✓                         |                           |
| NN                                                                                                                                   | VN+Te+Nádoba | 3.01 kV                                 | 9.40 mA                                               | 50.0 Hz                                                     | 60 s                    | ✓                         |                           |
| VN                                                                                                                                   | NN+Te+Nádoba | 50.01 kV                                | 119.27 mA                                             | 50.0 Hz                                                     | 60 s                    | ✓                         |                           |
| <b>ZKOUŠKA INDUKOVANÝM NAPĚTÍ</b>                                                                                                    |              |                                         |                                                       |                                                             |                         |                           |                           |
| Napájení                                                                                                                             | Napětí       | Proud                                   | Frekvence                                             | Doba trvání                                                 | Vydrželo                |                           |                           |
| NN                                                                                                                                   | 739.891 V    | 5.198 A                                 | 100.0 Hz                                              | 00:01:00                                                    | ✓                       |                           |                           |
| <b>POZNÁMKY</b><br>V čase dodávky je hodnota PCB v oleji menší než 1 ppm podle DIN EN 12766<br>Halogenové uhlovodíky nelze detekovat |              |                                         |                                                       |                                                             |                         |                           |                           |
| Zkoušel<br><br>Sojka<br>Testing Officer                                                                                              |              |                                         | Schválil<br><br>Ing. Jan Šlosárek<br>Vedoucí zkušebny |                                                             |                         |                           |                           |

Obr. 3.1 Protokol o provedených zkouškách transformátoru

## 4 Schéma zapojení pro měření zemního spojení

Primární vinutí byla zapojena paralelně s kondenzátory  $3,13\mu\text{F}$ . Proudů do jednotlivých vinutí – fází – transformátoru byla měřena klešťovými sondami A621 na rozsahu 100A. Stejnou sondou byl měřen i proud v zemním spojení, tj. v propojení uzlu primárního vinutí Tr a uzlu kondenzátorů C. Toto propojení nebyl uzemněno, tj. nebylo připojeno na PE svorku zkušebny.

Měření bylo provedeno vždy na primární odbočce 1 - 25 200V.

Sekundární i terciární vinutí bylo rozpojeno.

V přechodové skříni PS 71 byly měřeny všechny tři proudy a sdružená napětí. Pro synchronizaci měřicího systému zkušebny a osciloskopů byl duplicitně měřen osciloskopem i proud fáze W přechodové skříně PS 71.

## 5 Použité přístroje a zařízení

Osciloskop

Tektronix MSO 4104B

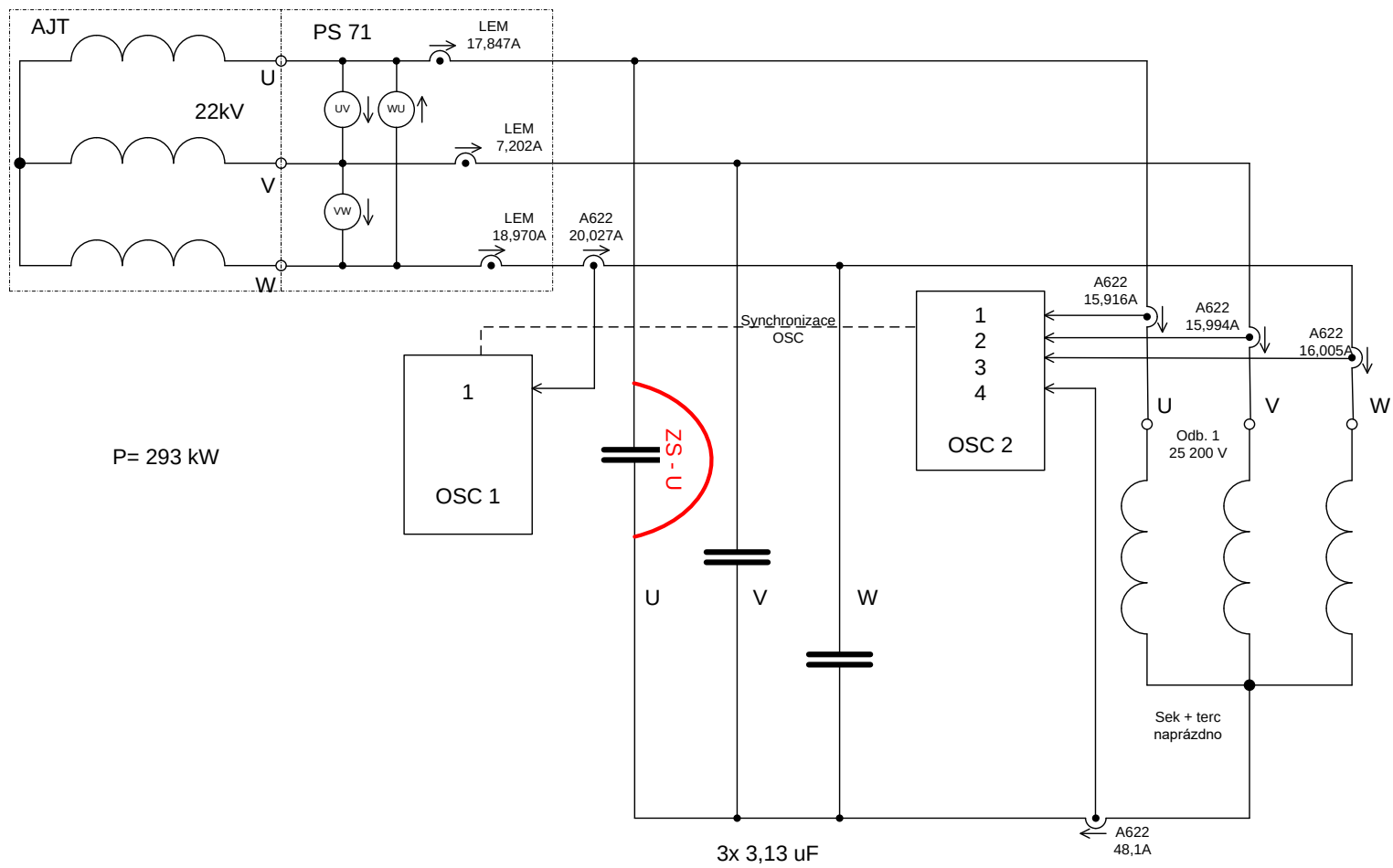
5x klešťové ampérmetry A621

Tektronix A621 10-**100**-1000A

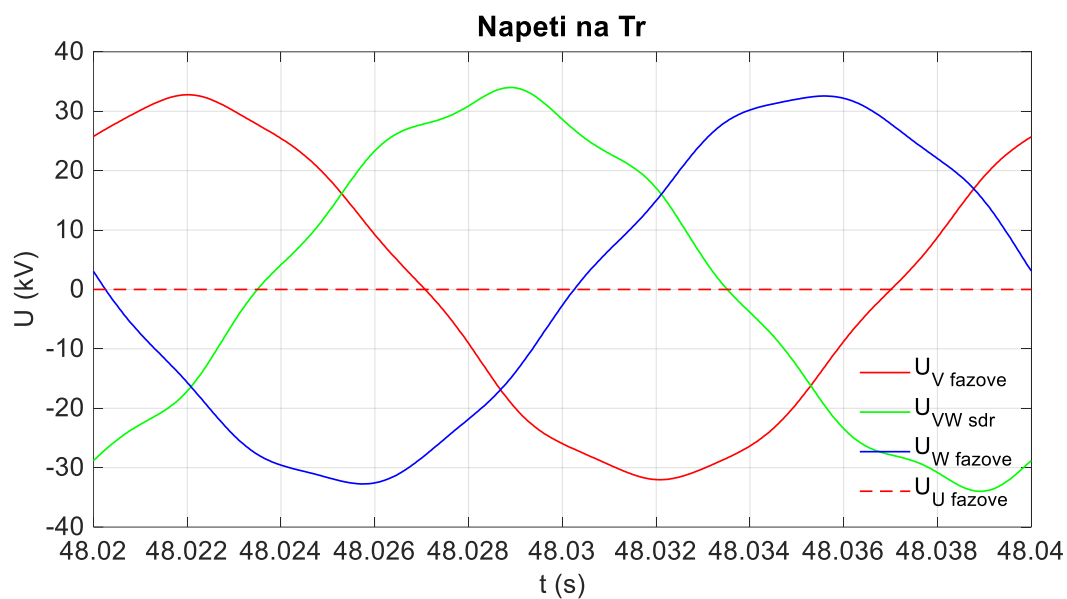
Obr. 5.1 Okamžitý příkon a jeho TRMS hodnota.



## 6 Schéma zapojení – zemní spojení na fázi U

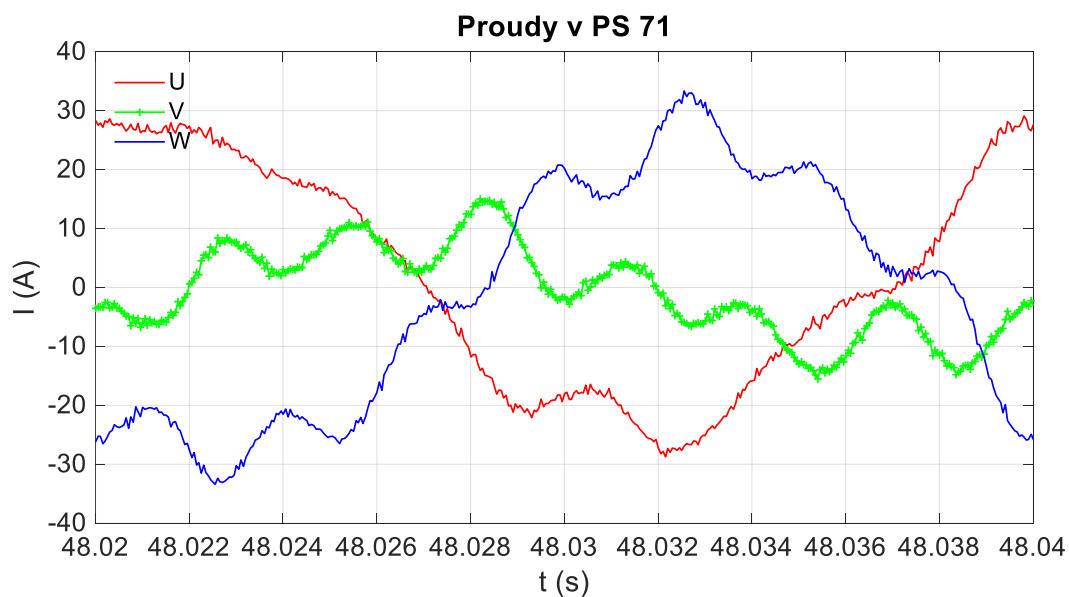


## 6.1 Naměřené průběhy v přechodové skříni

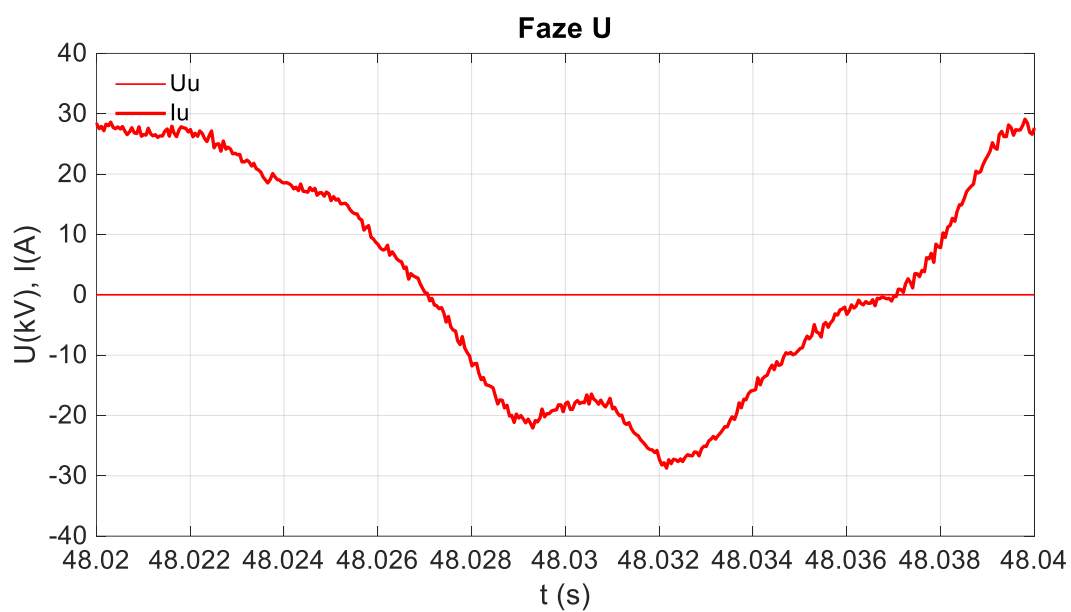


Obr. 6.1 Napětí na vinutí transformátoru.

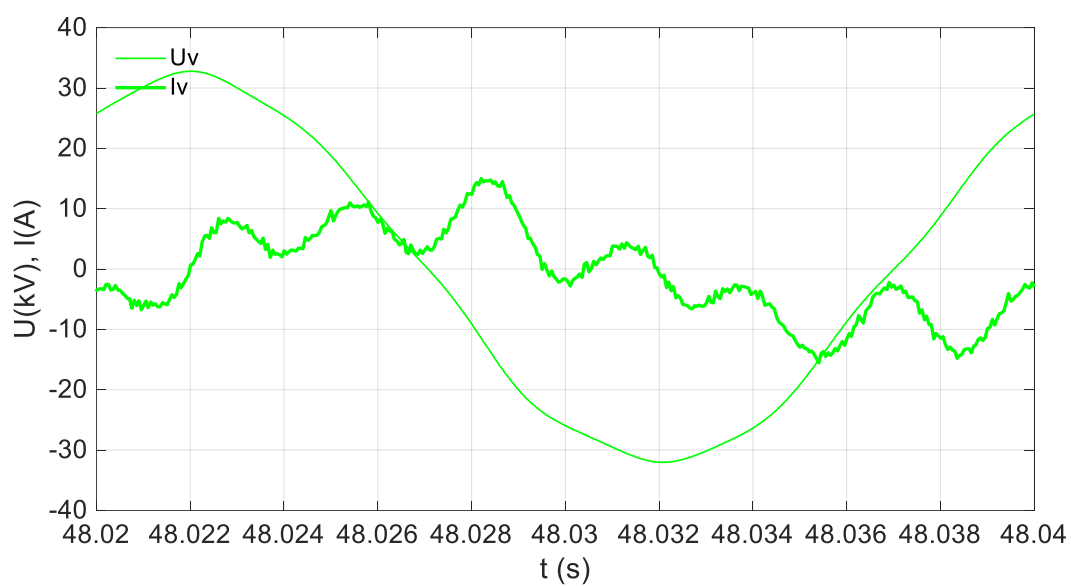
Fázové napětí transformátoru  $U_{UN}$  je nulové – zemní spojení. Fázová napětí  $U_{VN}$  a  $U_{WN}$  jsou shodná jako sdružené napětí  $U_{VW}$ .



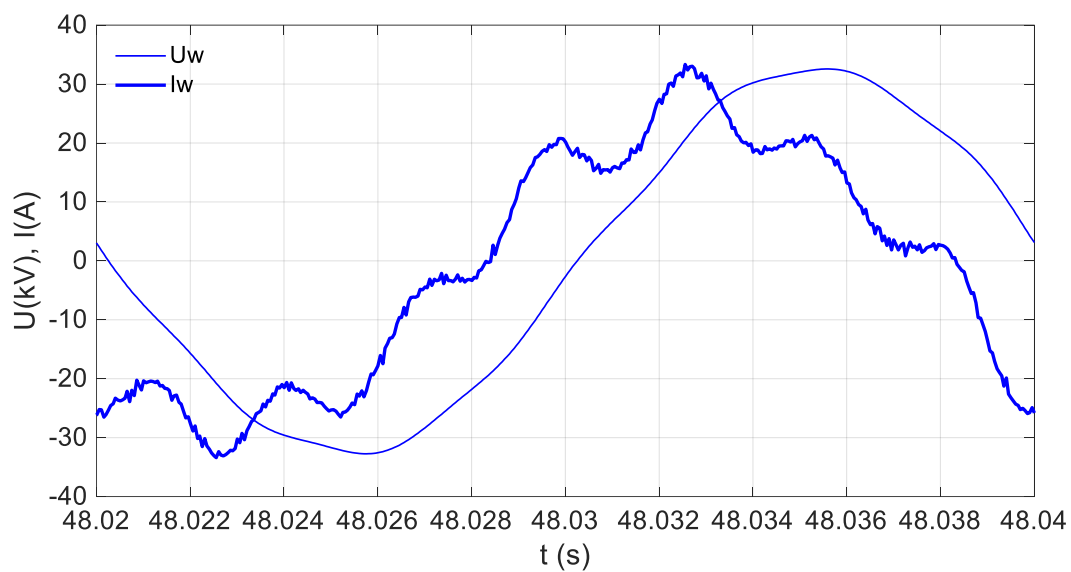
Obr. 6.2 Proudy na výstupu přechodové skříňě PS 71.



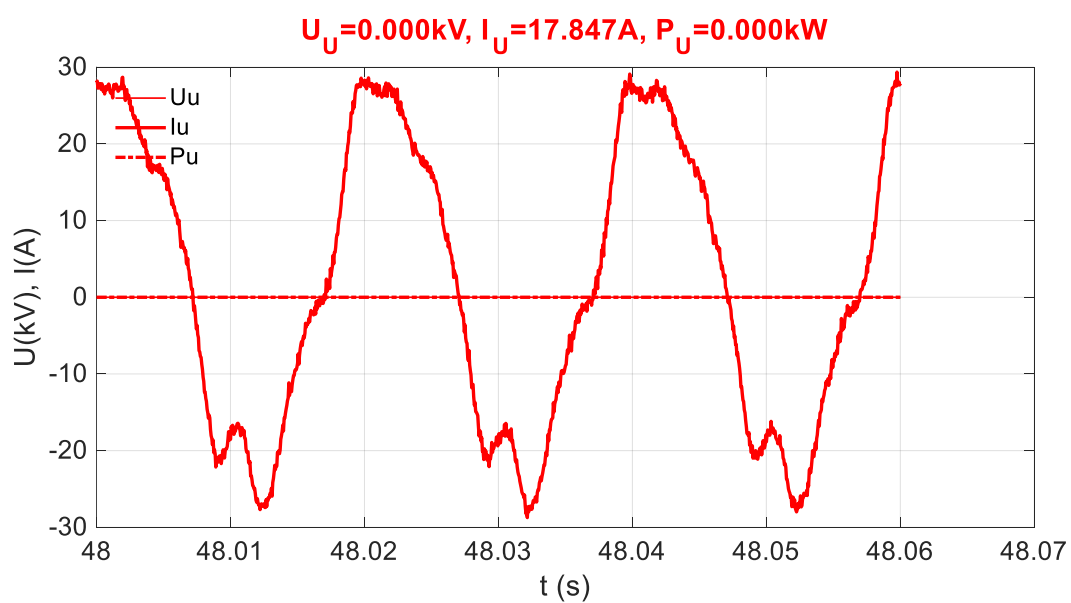
Obr. 6.3 Napětí na Tr fáze U a proud  $I_u$  přechodové skříně PS 71.



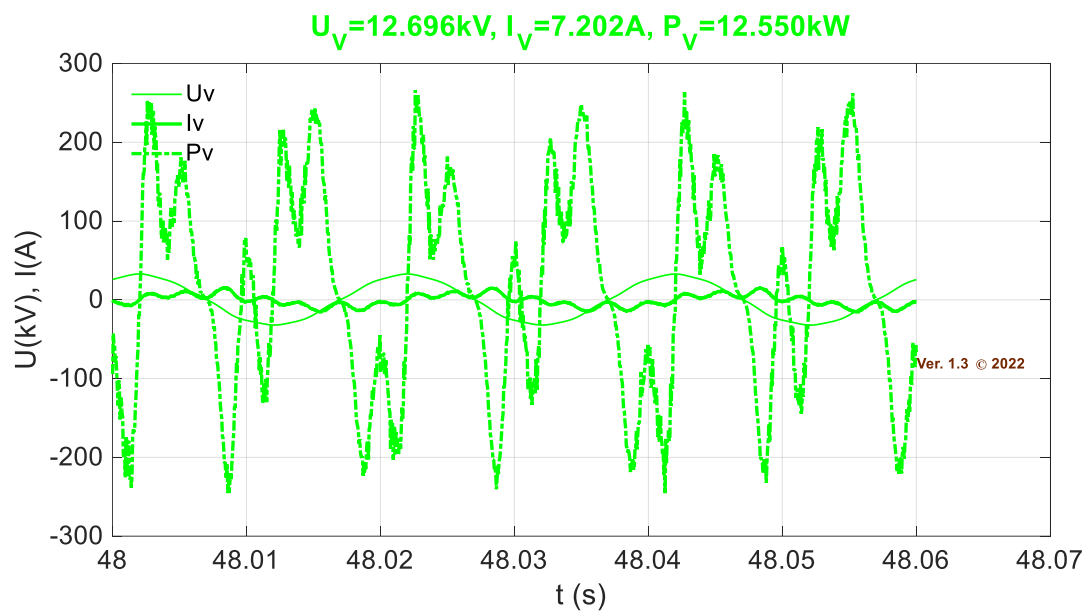
Obr. 6.4 Napětí na Tr fáze V a proud  $I_v$  přechodové skříně PS 71.



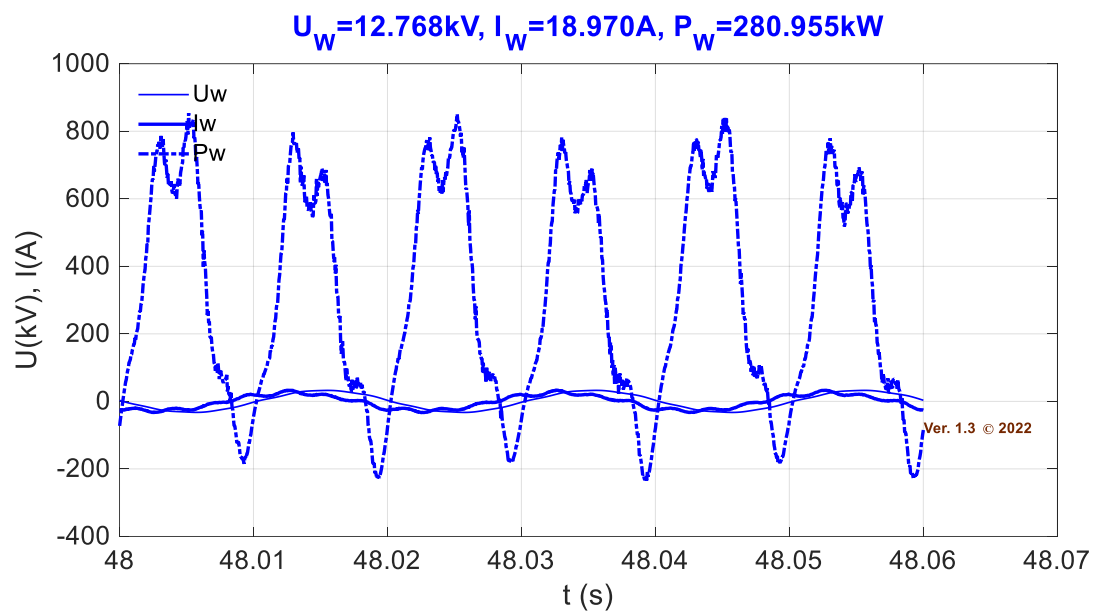
Obr. 6.5 Napětí na Tr fáze W a proud  $I_w$  přechodové skříně PS 71 mají kapacitní charakter.



Obr. 6.6 Fáze U – napětí na Tr, proud a činný výkon.

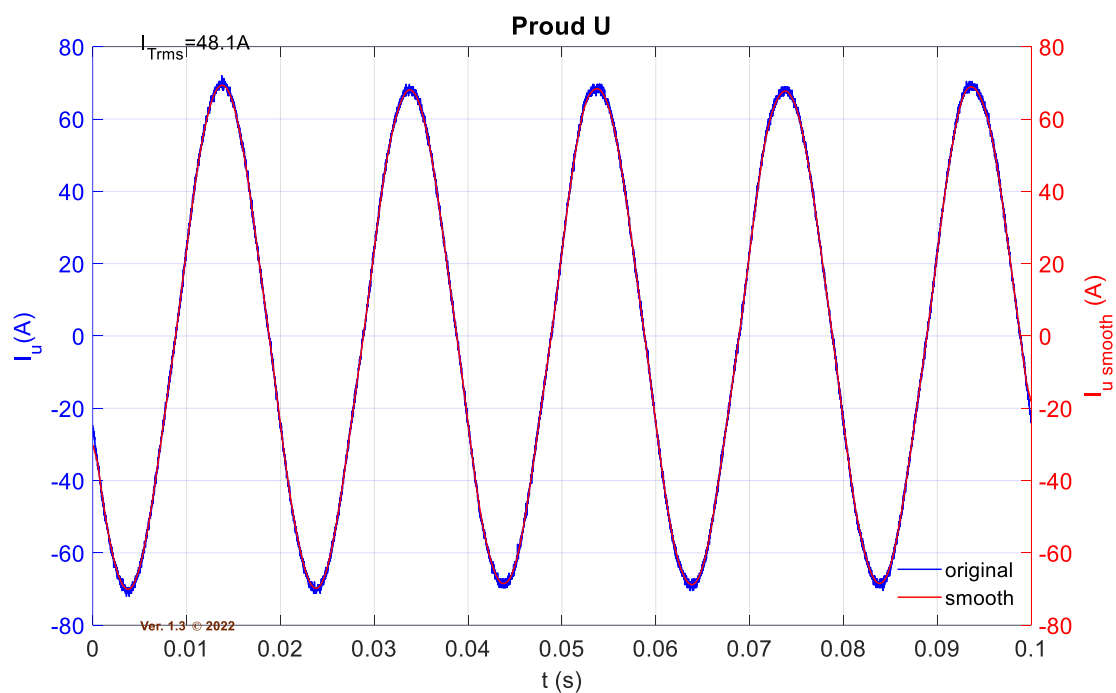


Obr. 6.7 Fáze V – napětí na Tr, proud a činný výkon.

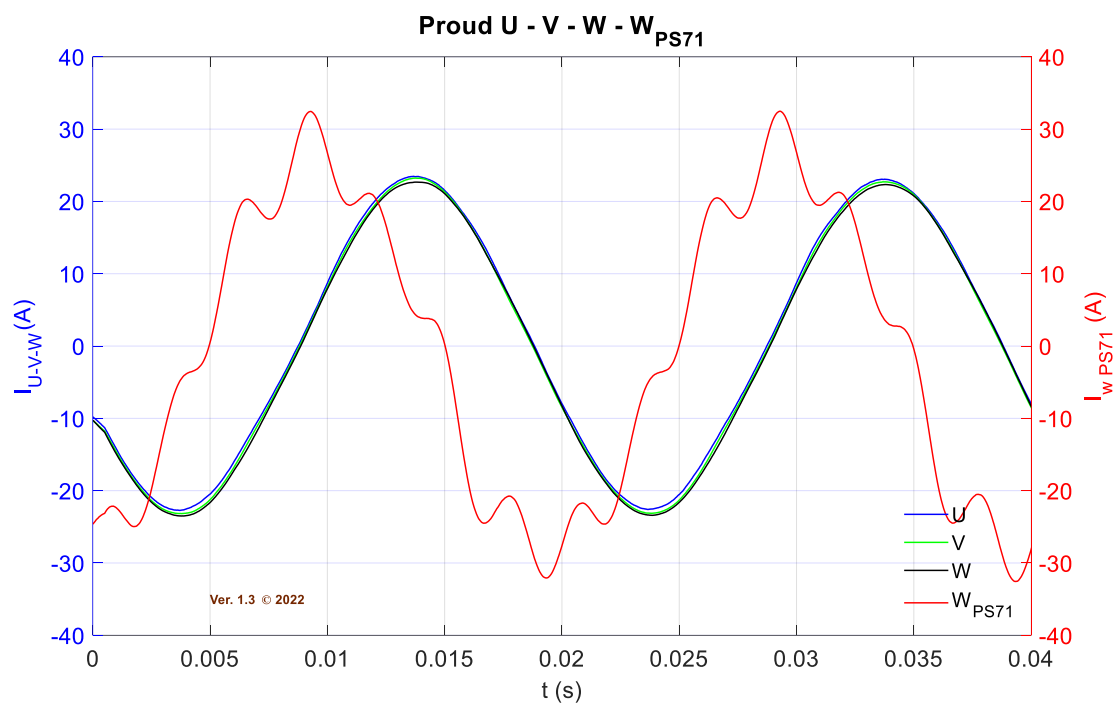


Obr. 6.8 Fáze W – napětí na Tr, proud a činný výkon.

## 6.2 Naměřené průběhy osciloskopy



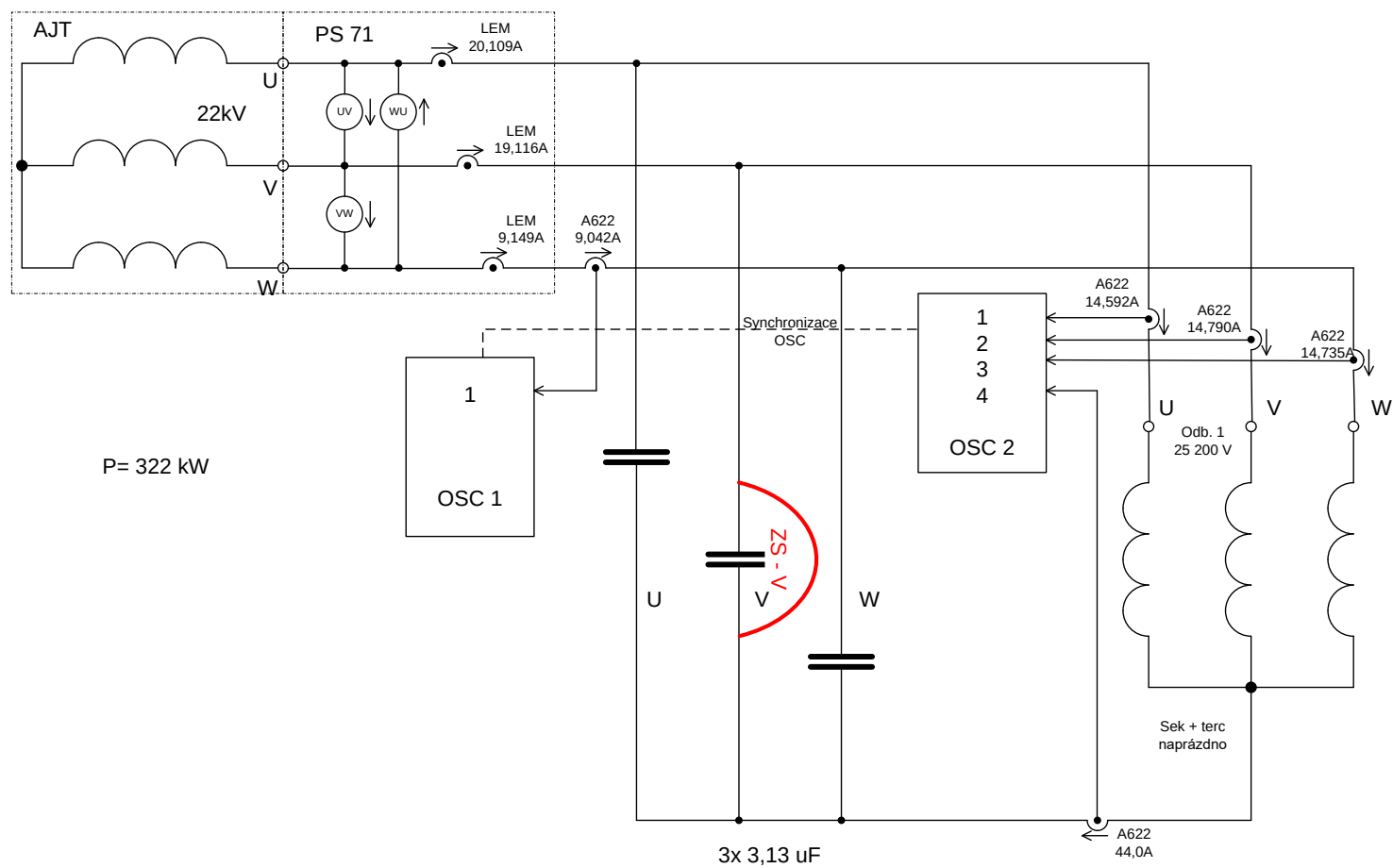
Obr. 6.9 Proud nulovým vodičem Tr při zemním spojení na fázi U.



Obr. 6.10 Proudý všech vinutí Tr jsou ve fázi.

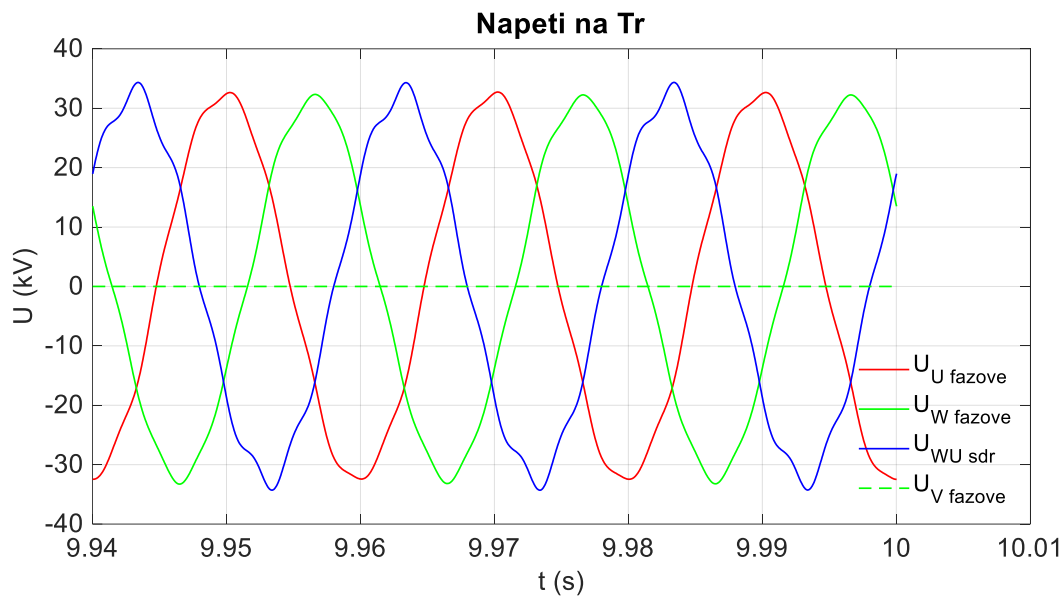


## 7 Schéma zapojení – zemní spojení na fázi V



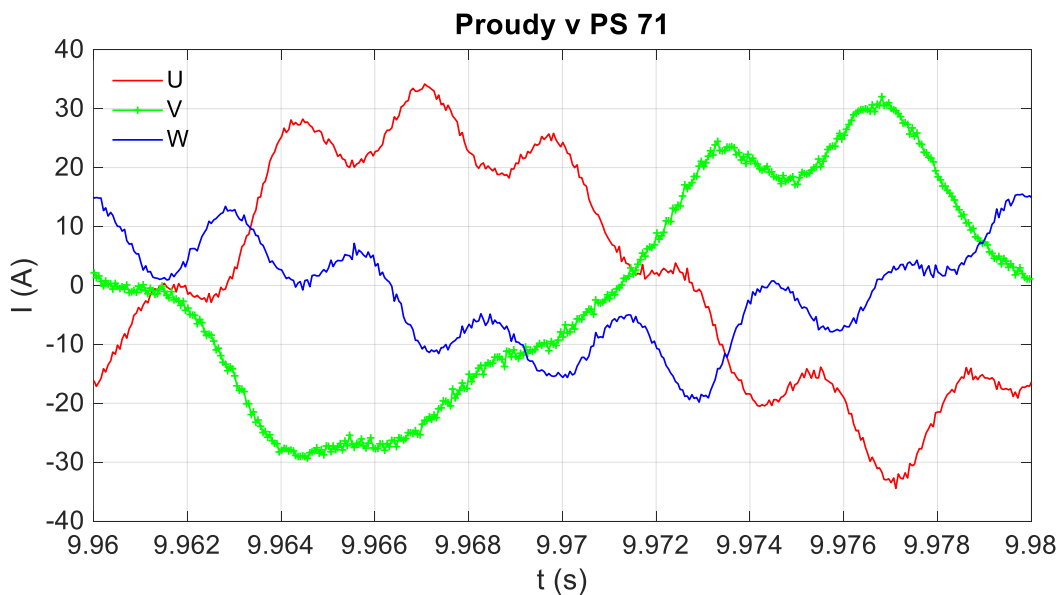


## 7.1 Naměřené průběhy

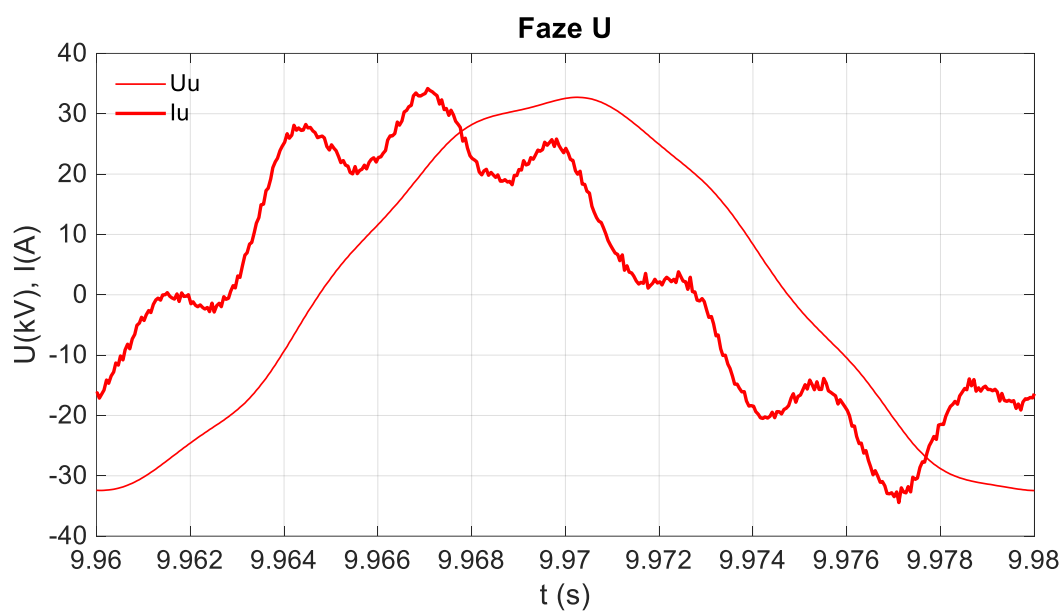


Obr. 7.1 Napětí na vinutí transformátoru.

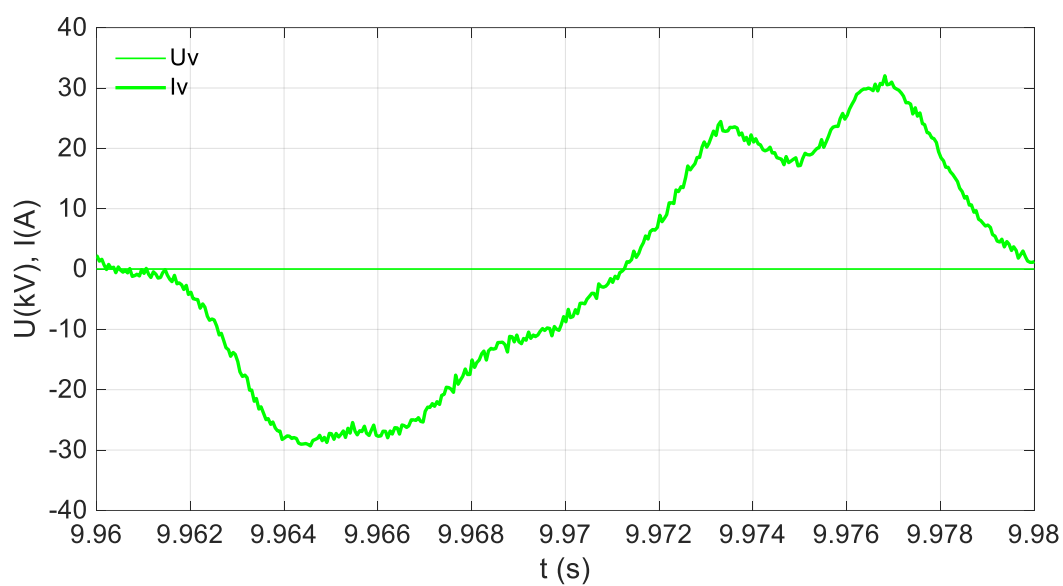
Fázové napětí transformátoru  $U_{UN}$  je nulové – zemní spojení. Fázová napětí  $U_{VN}$  a  $U_{WN}$  jsou shodná jako sdružené napětí  $U_{VW}$ .



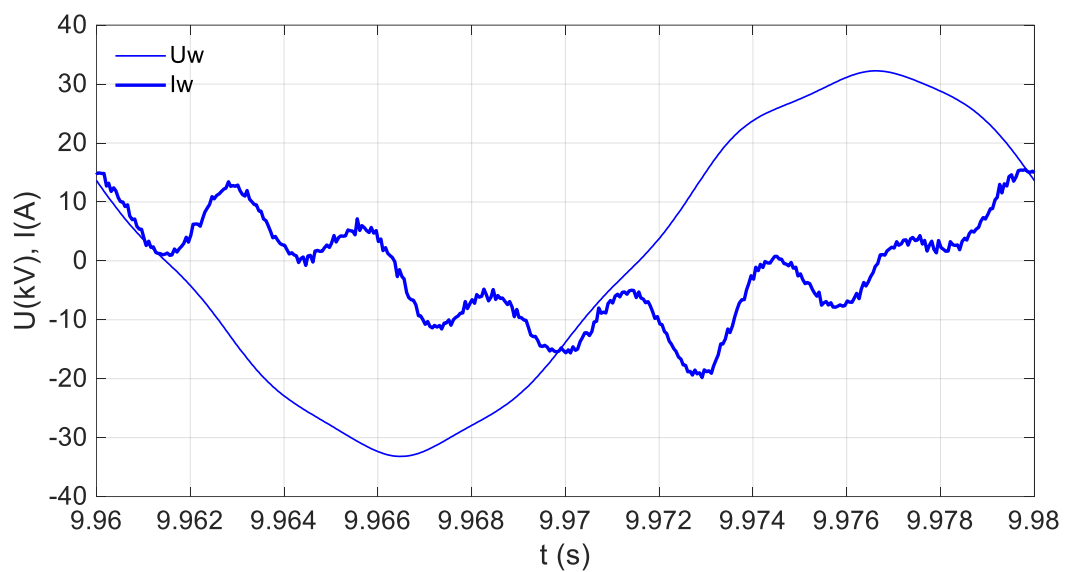
Obr. 7.2 Proudy na výstupu přechodové skříně PS 71.



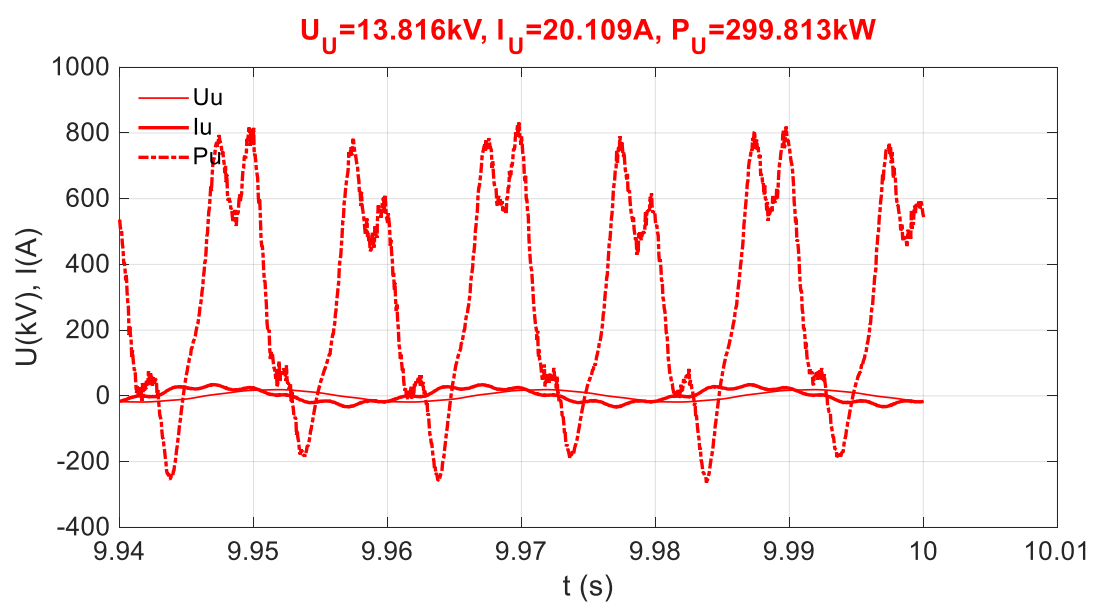
Obr. 7.3 Napětí na Tr fáze U a proud  $I_u$  přechodové skříně PS 71.



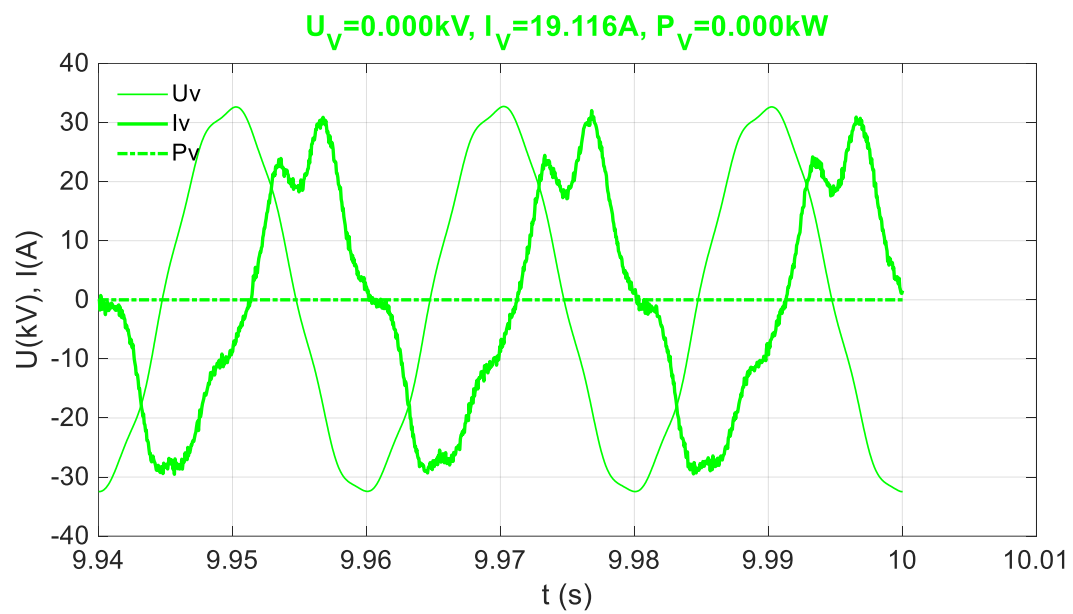
Obr. 7.4 Napětí na Tr fáze V a proud  $I_v$  přechodové skříně PS 71.



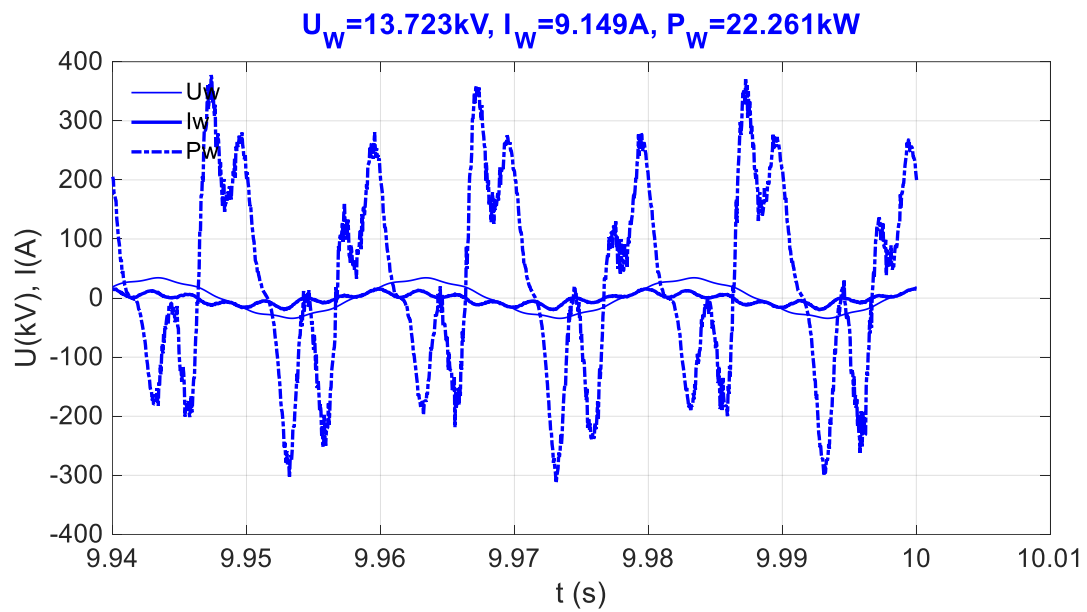
Obr. 7.5 Napětí na Tr fáze W a proud  $I_w$  přechodové skříně PS 71 mají kapacitní charakter.



Obr. 7.6 Fáze U – napětí na Tr, proud a činný výkon.

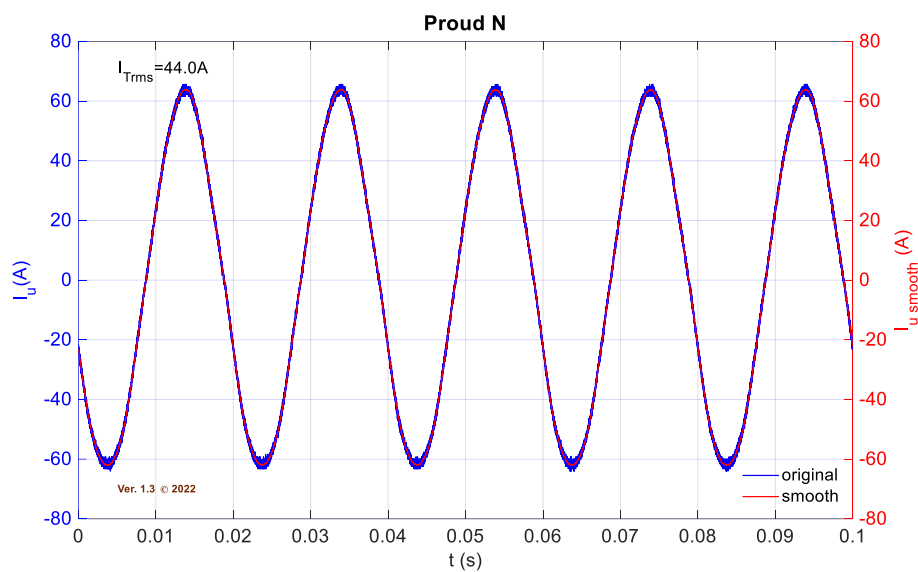


Obr. 7.7 Fáze V – napětí na Tr, proud a činný výkon.

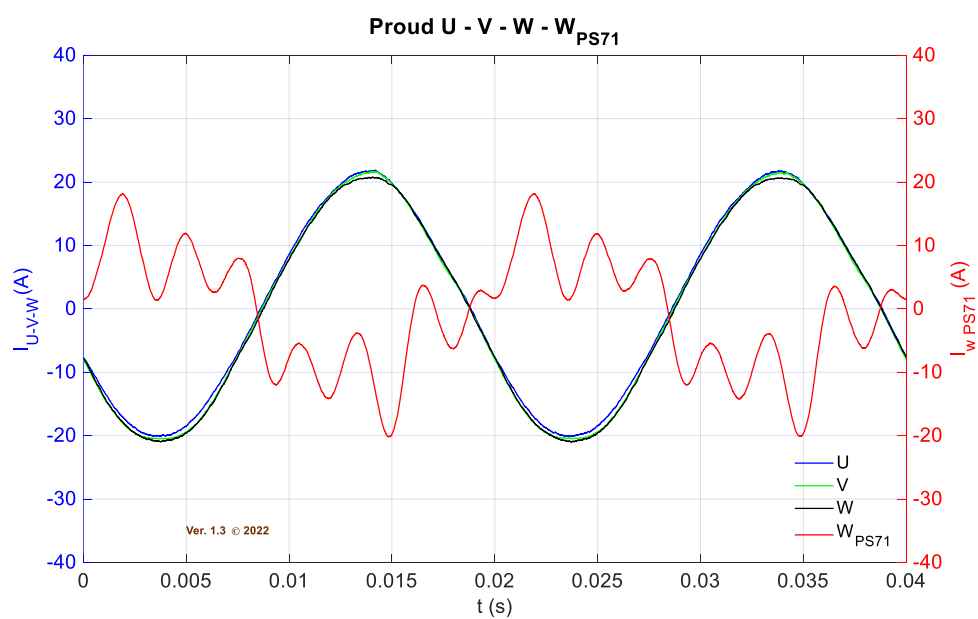


Obr. 7.8 Fáze W – napětí na Tr, proud a činný výkon.

## 7.2 Naměřené průběhy osciloskopy



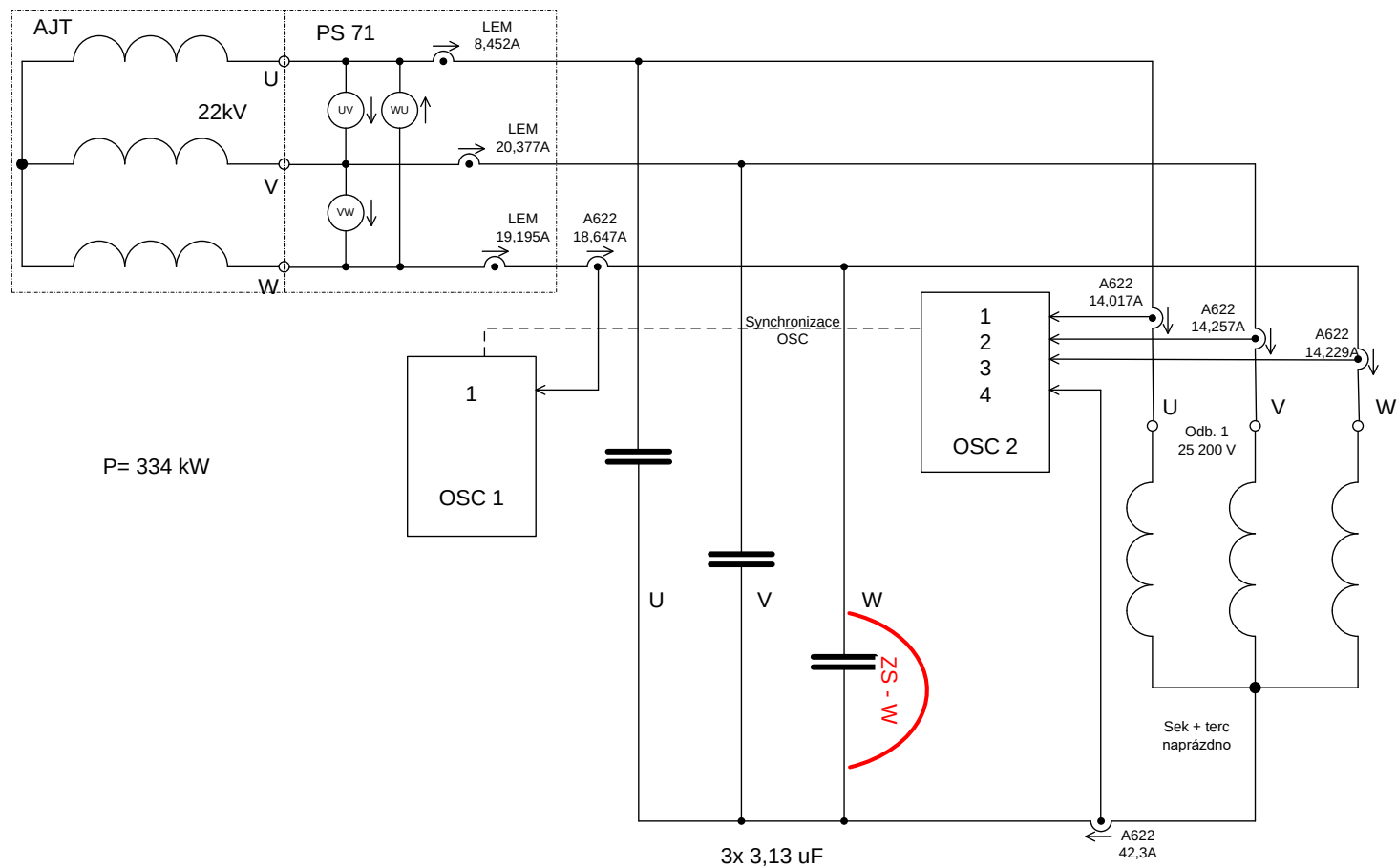
Obr. 7.9 Proud nulovým vodičem Tr při zemním spojení na fázi V.



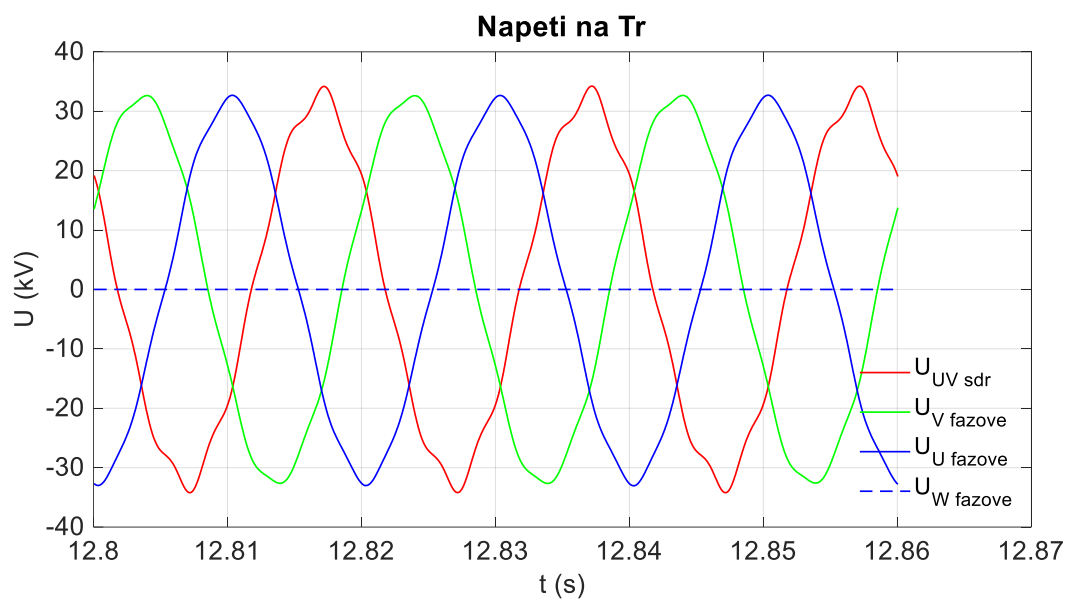
Obr. 7.10 Proudů všech vinutí Tr jsou ve fázi.



## 8 Schéma zapojení – zemní spojení na fázi W

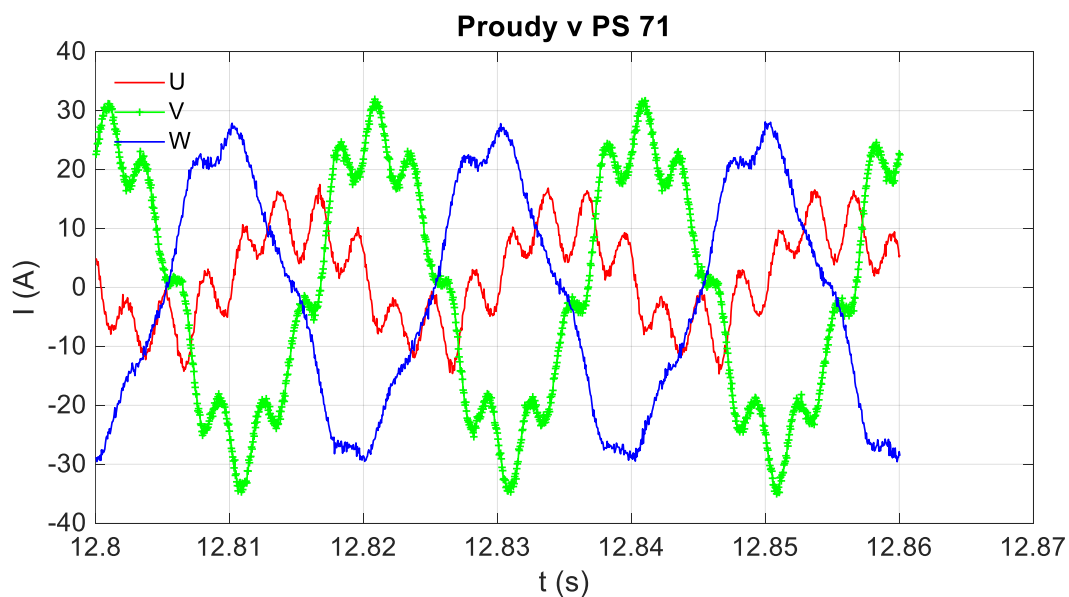


## 8.1 Naměřené průběhy



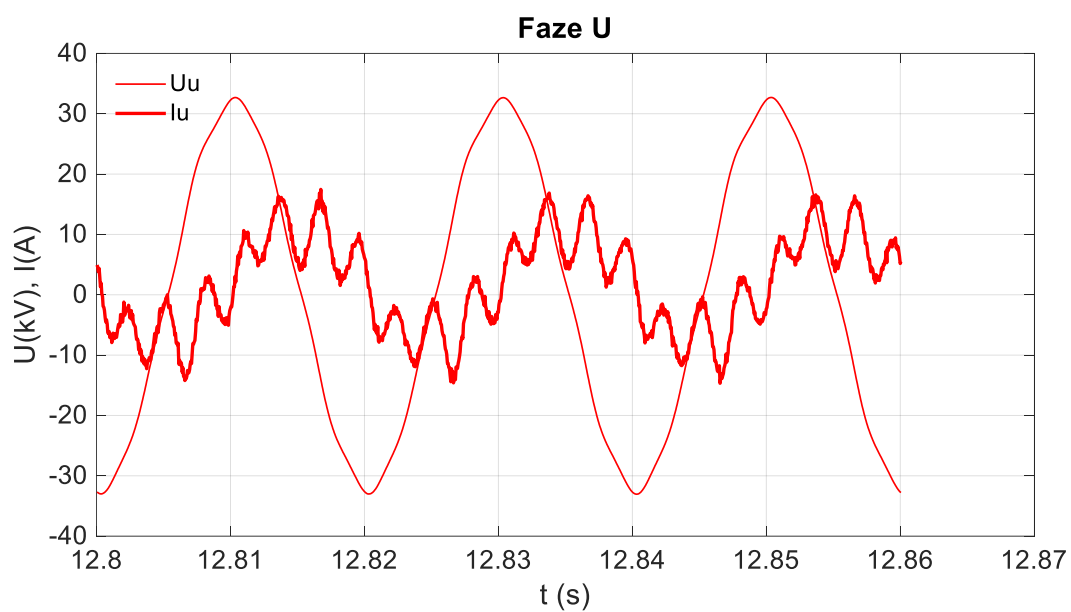
Obr. 8.1 Napětí na vinutí transformátoru.

Fázové napětí transformátoru  $U_{UN}$  je nulové – zemní spojení. Fázová napětí  $U_{VN}$  a  $U_{WN}$  jsou shodná jako sdružené napětí  $U_{VW}$ .

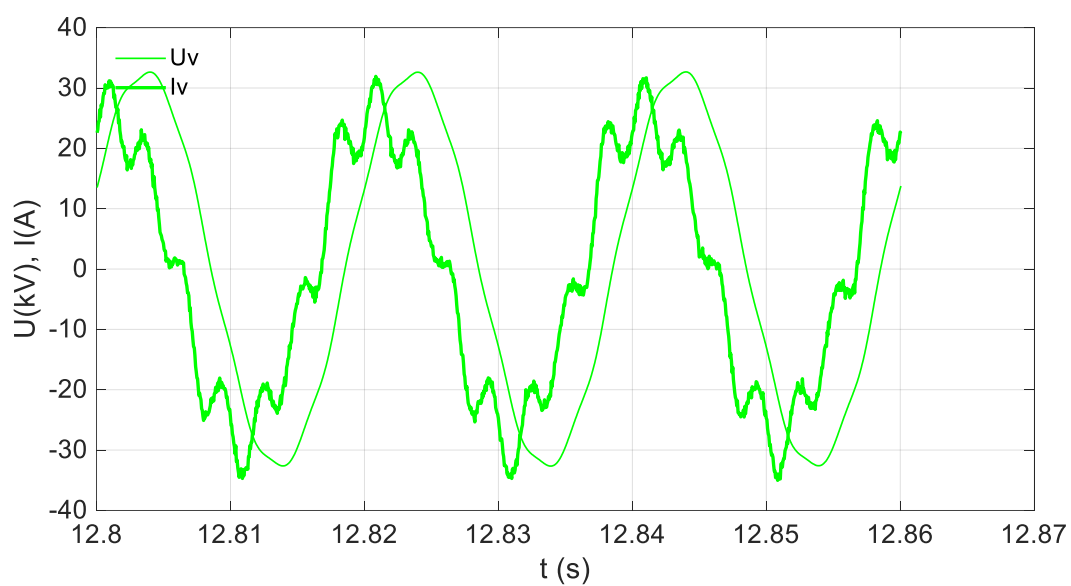


Obr. 8.2 Proudy na výstupu přechodové skříně PS 71.

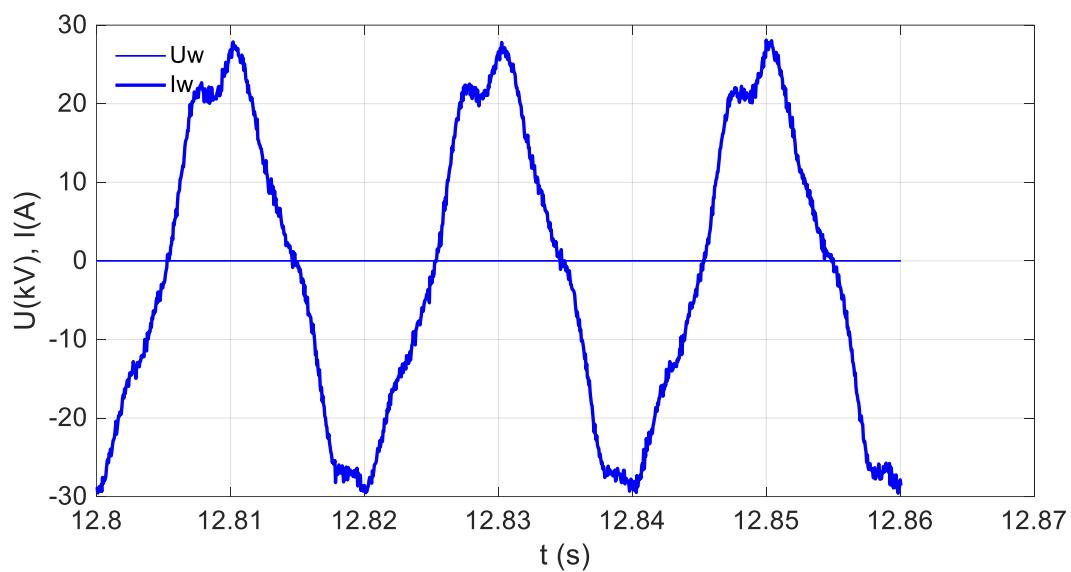




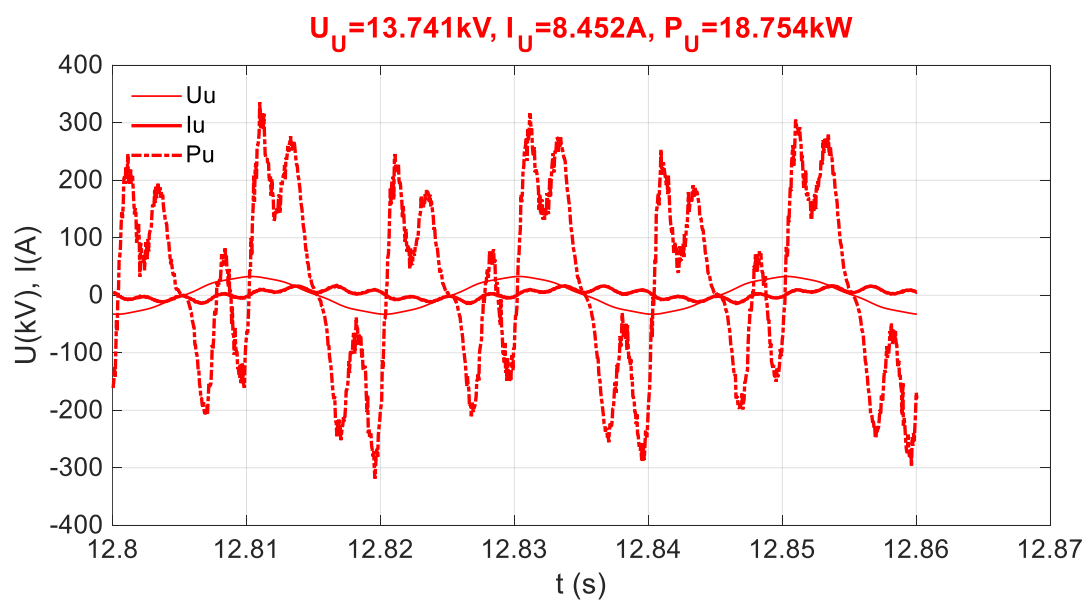
Obr. 8.3 Napětí na Tr fáze U a proud  $I_u$  přechodové skříně PS 71.



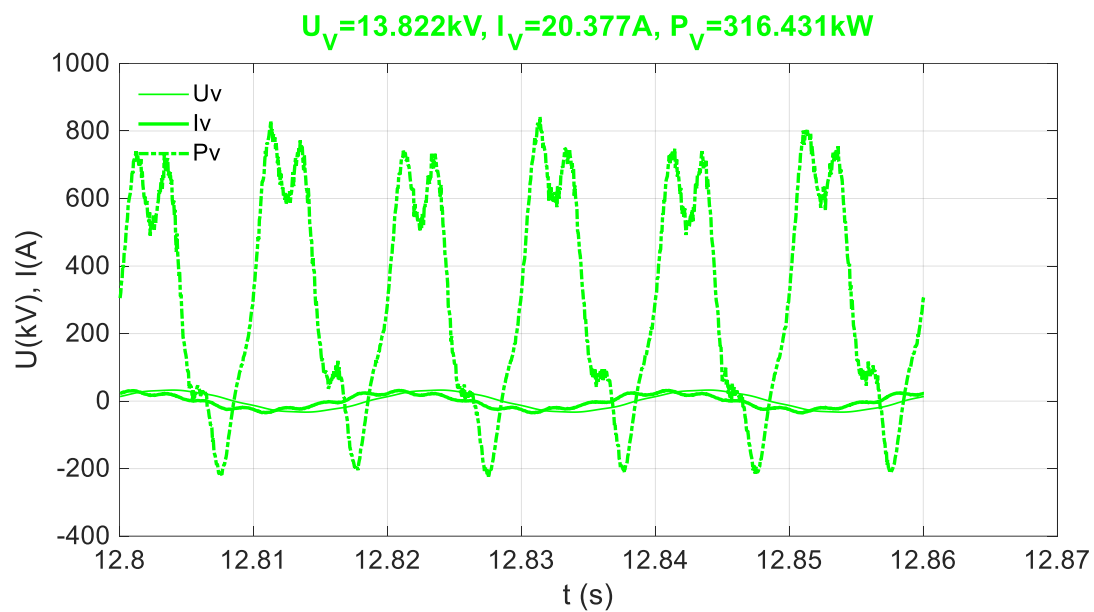
Obr. 8.4 Napětí na Tr fáze V a proud  $I_v$  přechodové skříně PS 71.



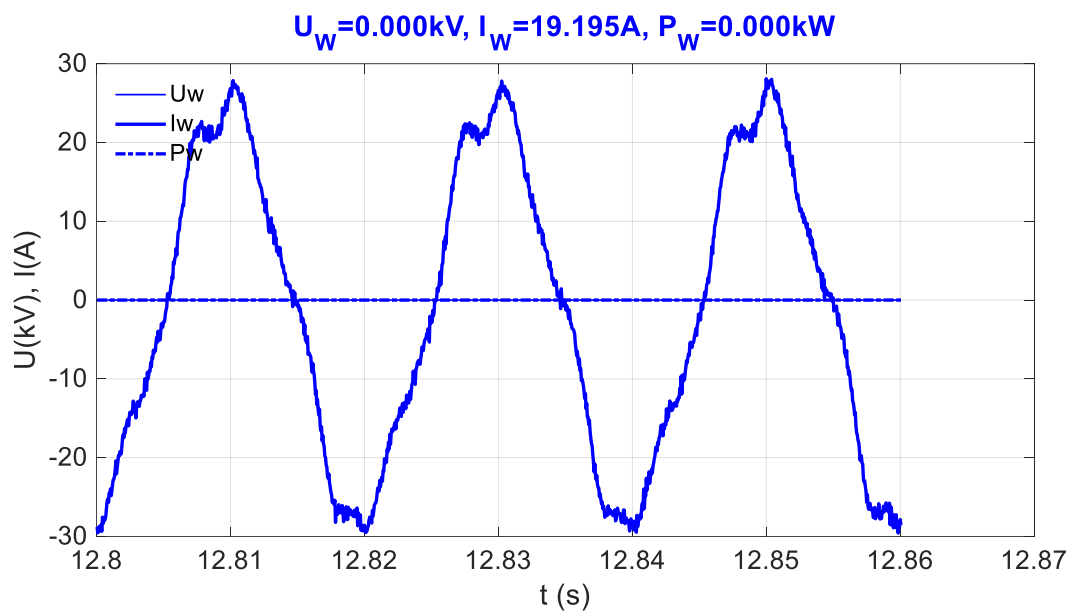
Obr. 8.5 Napětí na Tr fáze W a proud  $I_w$  přechodové skříně PS 71 mají kapacitní charakter.



Obr. 8.6 Fáze U – napětí na Tr, proud a činný výkon.

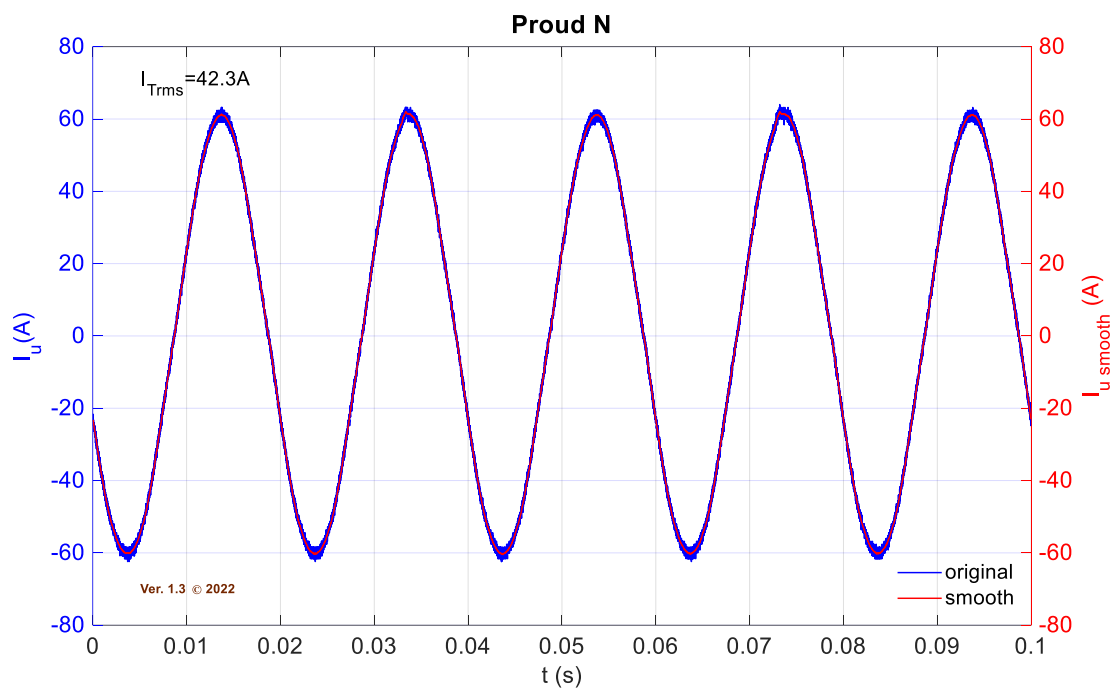


Obr. 8.7 Fáze V – napětí na Tr, proud a činný výkon.

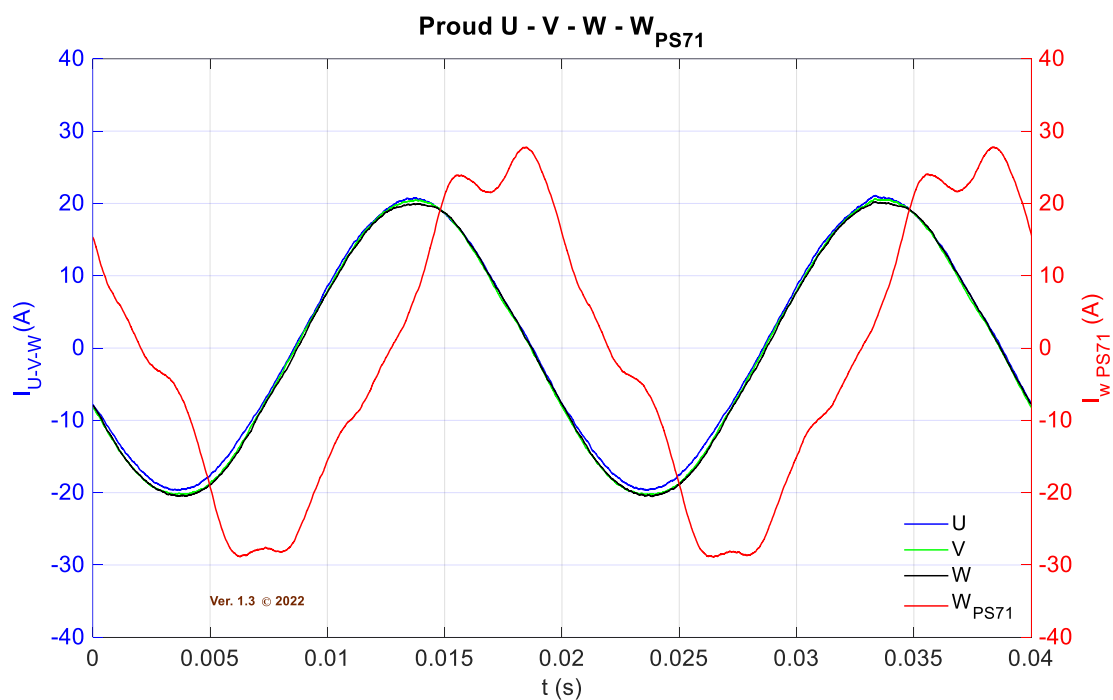


Obr. 8.8 Fáze W – napětí na Tr, proud a činný výkon.

## 8.2 Naměřené průběhy osciloskopy



Obr. 8.9 Proud nulovým vodičem Tr při zemním spojení na fázi W.



Obr. 8.10 Proudů všech vinutí Tr jsou ve fázi.

## 9 Vliv propojení zemního spojení na bod PE

Následující skupina třech měření měla za cíl prověřit vliv připojení simulovaného zemního spojení (tj. propojení uzlu Tr a uzlu kondenzátorů simulujících kapacity sítě) na uzemnění PE zkušebny.

Z bezpečnostních důvodů tato zkouška nebyla provedena na napětí 22kV, ale pouze na 690V.

Stav zapojení a velikost jednotlivých proudů znázorňují následující schémata, kde jsou konkrétní naměřené hodnoty uvedeny.

1

Zemní spojení bylo provedeno vždy na fázi W. Nejprve bylo provedeno referenční měření, kdy zemní spojení nebylo na bod PE připojeno.

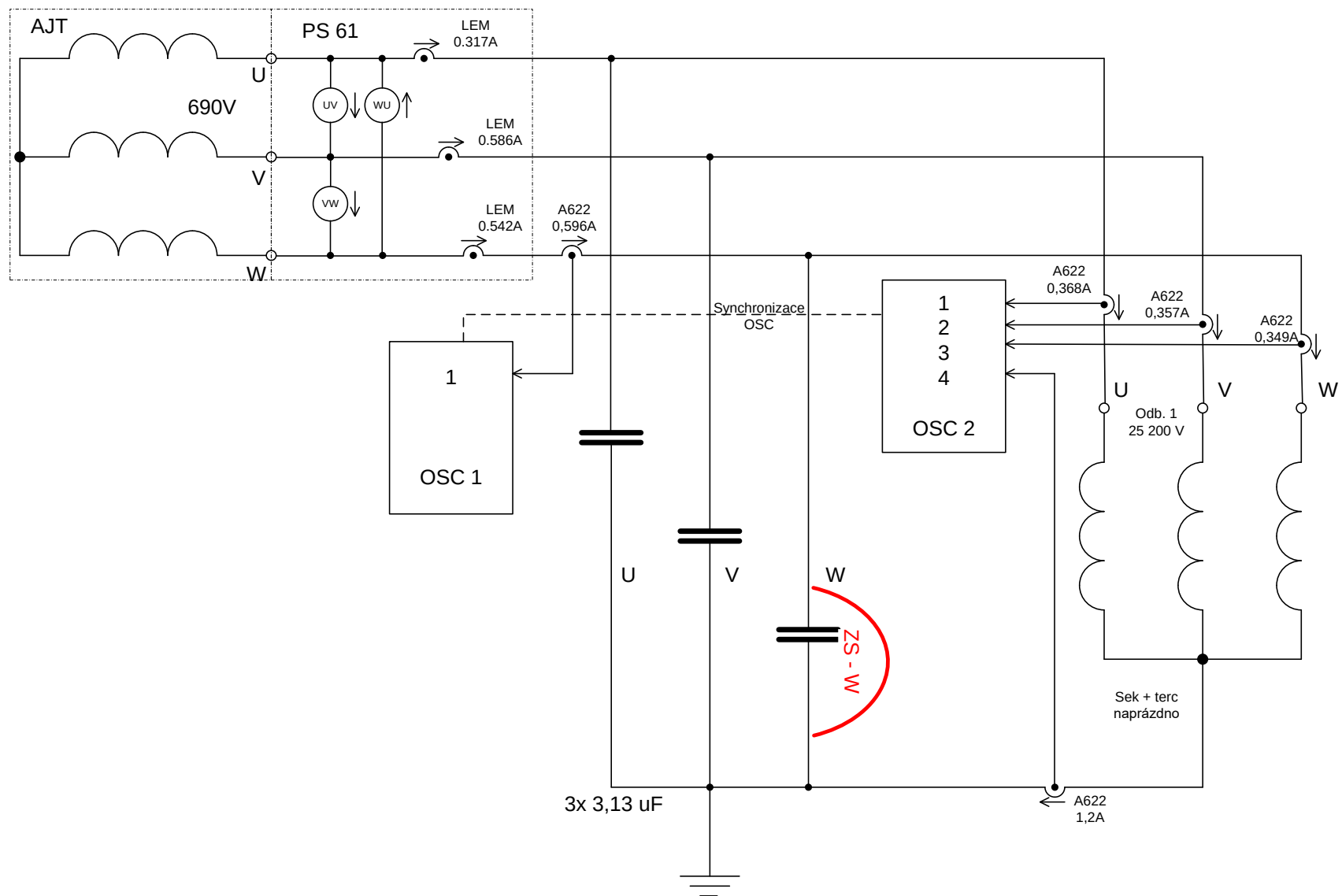
2

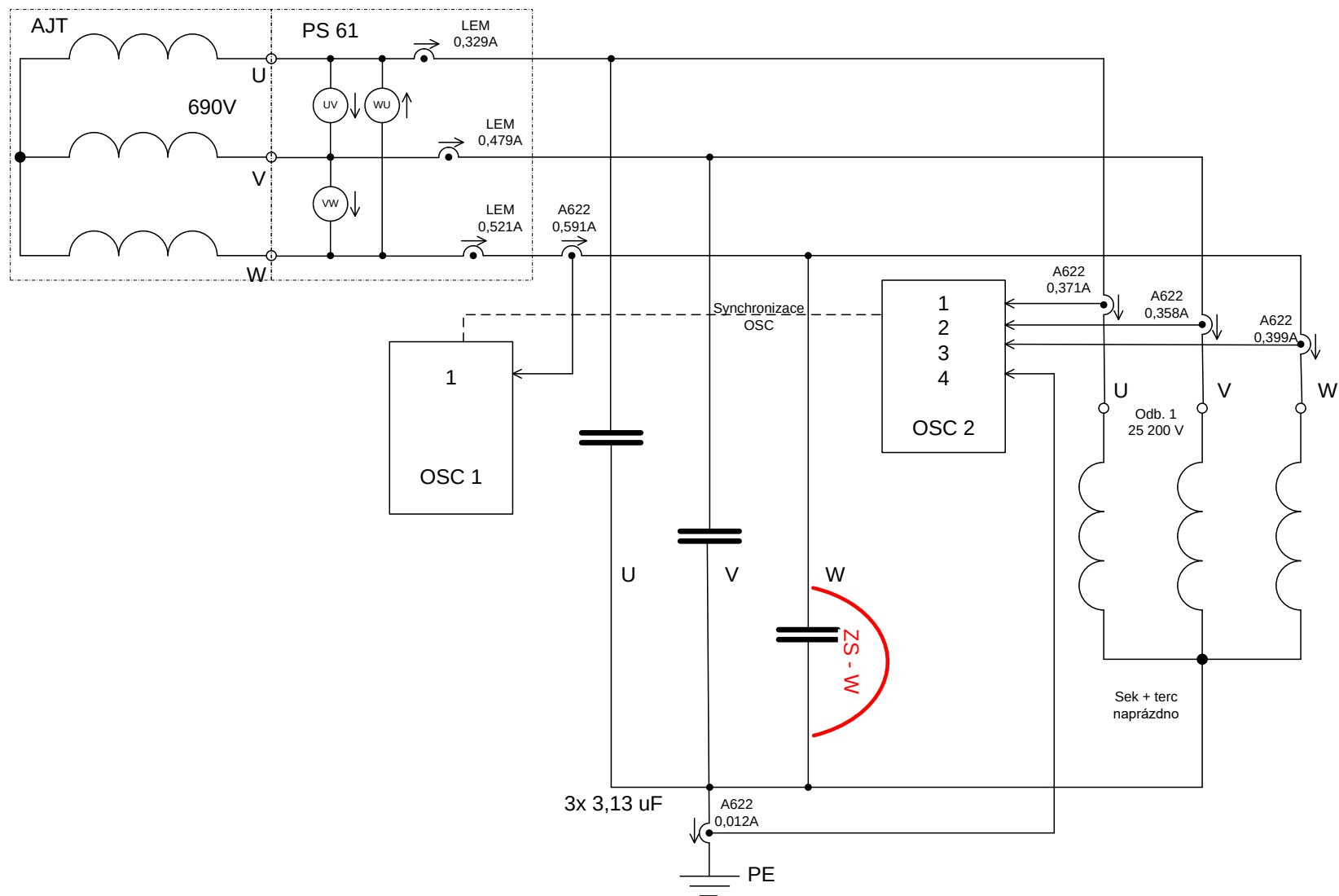
Následoval stav s připojeným zemním spojením. Proudové sondy byly umístěny stejně, jako v předchozím případě, tj. proud do PE nebyl měřen.

3

Poslední zkouška byla zopakování předchozího stavu, avšak proudová sonda měřící proud mezi uzly Tr a C byla přesunuta na vodič připojující PE, tj. byl měřen proud do PE bodu zkušebny.









## 10 Závěry a doporučení

Byla provedena měření při zemním spojení postupně na všech fázích.

Měřením bylo prokázáno, že transformátor sice odebírá přibližně požadované proudy při zemním spojení, ale činný příkon byl dle umístění (fáze) zemního spojení v rozmezí 293 – 334 kW. To je bohužel nepřijatelné.

Dalším doplňujícím měřením bylo prověřeno, že vliv připojení (resp. nepřipojení) na uzemnění PE je zanedbatelný.

## Literatura

- [1] ČSN EN 60076-5 ed. 2

## Seznam obrázků

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Obr. 2.1 Štítek transformátoru .....                                                              | 6  |
| Obr. 3.1 Protokol o provedených zkouškách transformátoru .....                                    | 7  |
| Obr. 5.1 Okamžitý příkon a jeho TRMS hodnota. ....                                                | 8  |
| Obr. 6.1 Napětí na vinutí transformátoru. ....                                                    | 10 |
| Obr. 6.2 Proud na výstupu přechodové skříně PS 71. ....                                           | 10 |
| Obr. 6.3 Napětí na Tr fáze U a proud $I_U$ přechodové skříně PS 71. ....                          | 11 |
| Obr. 6.4 Napětí na Tr fáze V a proud $I_V$ přechodové skříně PS 71. ....                          | 11 |
| Obr. 6.5 Napětí na Tr fáze W a proud $I_W$ přechodové skříně PS 71 mají kapacitní charakter. .... | 12 |
| Obr. 6.6 Fáze U – napětí na Tr, proud a činný výkon. ....                                         | 12 |
| Obr. 6.7 Fáze V – napětí na Tr, proud a činný výkon. ....                                         | 13 |
| Obr. 6.8 Fáze W – napětí na Tr, proud a činný výkon. ....                                         | 13 |
| Obr. 6.9 Proud nulovým vodičem Tr při zemním spojení na fázi U. ....                              | 14 |
| Obr. 6.10 Proudů všech vinutí Tr jsou ve fázi. ....                                               | 14 |
| Obr. 7.1 Napětí na vinutí transformátoru. ....                                                    | 17 |
| Obr. 7.2 Proud na výstupu přechodové skříně PS 71. ....                                           | 17 |
| Obr. 7.3 Napětí na Tr fáze U a proud $I_U$ přechodové skříně PS 71. ....                          | 18 |
| Obr. 7.4 Napětí na Tr fáze V a proud $I_V$ přechodové skříně PS 71. ....                          | 18 |
| Obr. 7.5 Napětí na Tr fáze W a proud $I_W$ přechodové skříně PS 71 mají kapacitní charakter. .... | 19 |
| Obr. 7.6 Fáze U – napětí na Tr, proud a činný výkon. ....                                         | 19 |
| Obr. 7.7 Fáze V – napětí na Tr, proud a činný výkon. ....                                         | 20 |
| Obr. 7.8 Fáze W – napětí na Tr, proud a činný výkon. ....                                         | 20 |
| Obr. 7.9 Proud nulovým vodičem Tr při zemním spojení na fázi V. ....                              | 21 |
| Obr. 7.10 Proudů všech vinutí Tr jsou ve fázi. ....                                               | 21 |
| Obr. 8.1 Napětí na vinutí transformátoru. ....                                                    | 24 |
| Obr. 8.2 Proud na výstupu přechodové skříně PS 71. ....                                           | 24 |
| Obr. 8.3 Napětí na Tr fáze U a proud $I_U$ přechodové skříně PS 71. ....                          | 25 |
| Obr. 8.4 Napětí na Tr fáze V a proud $I_V$ přechodové skříně PS 71. ....                          | 25 |
| Obr. 8.5 Napětí na Tr fáze W a proud $I_W$ přechodové skříně PS 71 mají kapacitní charakter. .... | 26 |
| Obr. 8.6 Fáze U – napětí na Tr, proud a činný výkon. ....                                         | 26 |
| Obr. 8.7 Fáze V – napětí na Tr, proud a činný výkon. ....                                         | 27 |
| Obr. 8.8 Fáze W – napětí na Tr, proud a činný výkon. ....                                         | 27 |
| Obr. 8.9 Proud nulovým vodičem Tr při zemním spojení na fázi W. ....                              | 28 |
| Obr. 8.10 Proudů všech vinutí Tr jsou ve fázi. ....                                               | 28 |

## Historie revizí

| Rev. | Kapitola | Popis změny           | Datum      | Jméno   |
|------|----------|-----------------------|------------|---------|
| 0    | Všechny  | Publikování dokumentu | 09.11.2022 | B.Skala |
|      |          |                       |            |         |
|      |          |                       |            |         |
|      |          |                       |            |         |
|      |          |                       |            |         |
|      |          |                       |            |         |
|      |          |                       |            |         |
|      |          |                       |            |         |
|      |          |                       |            |         |
|      |          |                       |            |         |
|      |          |                       |            |         |