# دستورالعمل بهره‌برداری از ترانسفورماتور آزمایشگاهی فشارقوی

# 400 kV / 800 kVA

طراح و مجری: جهاد دانشگاهی علم و صنعت - مرکز مهندسی فشارقوی

# فهرست مطالب

عنوان صفحه

مقدمه ..... ۲

دستورات ایمنی آزمایشگاه فشارقوی ..... ۴

ترانسفورماتور فشارقوی ..... ۵

سرویس و نگهداری ..... ۷

مستندات تست ..... ۸

نقشه ابعادی ترانسفورماتور ..... ۱۲



ایران ترانسفو زنجان /96/دستورالعمل
نشاني : تهران ، نارمك ، خيابان فرجام ، خيابان خاور ( شهيد حيدرخاني ) ، مقابل دانشگاه علم و صنعت ايران- پلاك184 ، تلفن : 2 – 77455001 ، دورنگار : 77455003 ، صندوق پستي : ، 16845-311

**مقدمه:**

درخواست خرید یک دستگاه ترانسفورماتور فشارقوی 400 kV/800 kVA توسط بخش بازرگانی شرکت ایران ترانسفور زنجان جهت انجام تستهای فشارقوی در آزمایشگاه قدرت آن شرکت به مرکز مهندسی فشارقوی اعلام گردید.

این ترانسفورماتور آزمایشگاهی به منظور انجام آزمون‌های فشار قوی درفرکانس قدرت Power Frequency بر روی تجهیزات و ادوات برقی تا سطح ولتاژ 400 kV و قدرت 800 kVA بهره‌برداری می‌گردد. تکنولوژی بکار رفته در این ترانسفورماتور موجب گردیده که در ولتاژ نامی ۴۰۰ کیلوولت میزان تخلیه جزئی این ترانس آزمایشگاهی بسیار پایین و کمتر از 10 pC باشد. تمامی مراحل طراحی و ساخت این تجهیز در مرکز مهندسی فشارقوی جهاد دانشگاهی علم و صنعت انجام گرفته است.

به منظور بهره‌برداری از مجموعه فشارقوی داشتن اتاق کنترل و آزمایشگاه فشارقوی (قفس فاراده) متناسب با ابعاد مدار آزمون و وسیله تست شونده یک اصل می‌باشد، همچنین داشتن سیستم ارتینگ مطمئن با حداقل مقاومت زمین کمتر از ۲ اهم الزامی‌است.

**شایان ذکر است کاربرد ترانسفورماتور فشارقوی در آزمایشگاه، مستلزم داشتن سایر تجهیزات زیر میباشد این تجهیزات تشکیل دهنده مجموعه فشارقوی جهت انجام تست میباشد که در صورت نیاز و ثبت و سفارش جهاد دانشگاهی میتواند نسبت به تهیه آن اقدام نماید.**

- اتوترانسفورماتور جهت افزایش و کاهش ولتاژ ترانسفورماتور فشارقوی ( از صفر تا چهارصد کیلوولت) میباشد.
- میز کنترل جهت ارتباط کاربر از اتاق کنترل با مجموعه تست فشارقوی در آزمایشگاه مورد استفاده قرار میگیرد.
- مقسم فشارقوی و دستگاه نمونه بردار فشارقوی جهت اندازهگیری ولتاژ فشارقوی میباشد.
- مقاومت محدود کننده برای محافظت از دستگاه ترانسفورماتور فشارقوی است.
- فلیتر هارمونیک جهت حذف‌هارمونیک‌های سوم و پنجم و هفتم فرکانس قدرت می‌باشد.
- راکتورهای جبران کننده به منظور جبران بخشی از جریان خازنی که توسط وسیله تست شونده از شبکه کشیده می‌شود بکارگرفته می‌شود.
- اتصالات و ارتباطات مناسب از قبیل انواع کابل و غیره که مورد نیاز تجهیزات فوق جهت تشکیل مجموعه فشارقوی میباشد.

برخی از وسیله‌های تست شونده‌ای که می‌توان با مجموعه فشارقوی 400 kV/800 kVA، مطابق با استانداردهای بین‌المللی تست نمود، به شرح ذیل می‌باشد:

- انواع مقره‌هاو زنجیره مقره.
- انواع کابل‌های قدرت.
- انواع سوئیچ گیرها
- ترانسفورماتورها
- کات اوت فیوزها



ایران ترانسفو زنجان /96/دستورالعمل
نشاني : تهران ، نارمك ، خيابان فرجام ، خيابان خاور ( شهيد حيدرخاني ) ، مقابل دانشگاه علم و صنعت ايران- پلاك184 ، تلفن : 2 – 77455001 ، دورنگار : 77455003 ، صندوق پستي : ، 16845-311

- انواع سکسیونر و دژنکتورها
- انواع تجهیزات GIS
- و ...



ایران ترانسفو زنجان /96/دستورالعمل
نشاني : تهران ، نارمك ، خيابان فرجام ، خيابان خاور ( شهيد حيدرخاني ) ، مقابل دانشگاه علم و صنعت ايران- پلاك184 ، تلفن : 2 – 77455001 ، دورنگار : 77455003 ، صندوق پستي : ، 16845-311

**دستورات ایمنی آزمایشگاه فشارقوی:**

ولتاژهای بالا می‌توانند در صورت عدم رعایت دستورات ایمنی باعث خطرات مالی و جانی استفاده‌کنندگان شود و "اولین خطا، آخرین خطای شما خواهد بود! ".

- قبل از ورود به داخل قفس آزمایشگاه که محتوی تجهیزات فشارقوی است باید اطمینان حاصل کرد که تمام‌هادی هائی که قادرند ولتاژ بالا را هدایت کرده و یا به قطب‌های ترانسفورماتور و خازن‌های فشارقوی وصل هستند، بدون ولتاژ و بار الکتریکی باشند. برای این کار می‌باید ابتدا کلید قطع کنتاکتورهای اصلی و ترانسفورماتور را پس از کاهش ولتاژ، فشار داده و حتماً از عصای زمین که در جلوی درب ورودی نصب شده جهت تخلیه بارها استفاده نمود. برای این کار انتهای عصا را در دست گرفته و آنرا به آرامی به قطب فشارقوی کلیه تجهیزات تماس می‌دهیم. زمان این تماس‌ها (مخصوصاً در مورد خازن‌های فشارقوی با ظرفیت بالا ) می‌باید آنقدر باشد تا همه بار خازنها فرصت تخلیه داشته باشند.
- هنگام کارکردن داخل قفس آزمایشگاه و بستن مدارهای آزمایش، عصای زمین را مستقیماً روی ترانسفورماتور فشارقوی یا اولین خازن بعد از آن قرار دهید.
- پس از انجام کار و به هنگام خروج از قفس، عصای زمین رااز روی ترانسفورماتور برداشته و آنرا دوباره در محل خود ( جلوی درب ورودی ) قرار دهید. در غیر این صورت با اتصال ولتاژ به مدار، ترانسفورماتور اتصال کوتاه شده و نهایتاً ادامه افزایش جریان ممکن است منجربه عمل نمودن رله اضافه جریان گردد.
- هرگز اجسام‌هادی را از میان توری قفس وارد نکنید. حتی اگر ولتاژ قطع باشد نیز جداً از این عمل اجتناب گردد. زیرا احتمال دارد این جسم‌هادی در محل نامناسبی قرار گیرد و وجود آن باعث خطرات گردد.
- در صورت بروز سانحه جهت قطع مدار از کلید اضطراری که بر روی میزکنترل نصب می‌باشد استفاده گردد.
- در هنگام انجام آزمون از شوخی و مزاح‌های بی مورد جداً پرهیز گردد.

**۱-ترانسفورماتور فشارقوی**

ترانسفورماتور فشارقوی روغنی بدنه از جنس عایق (ونیل اپوکسی) دارای تحمل عایقی الکتریکی و تحمل مکانیکی بالا می‌باشد اکتیوپارت شامل سیم‌پیچ‌های اولیه و سیم‌پیچ ثانویه HV و هسته آهن چند پله میباشد.

در این ترانسفورماتور برای کاهش میزان تخلیه جزئی از تکنولوژی دو بوبین فشارقوی استفاده شده است. در این روش هر یک از بوبین‌ها دارای نصف ولتاژ فشارقوی بوده و با سری نمودن این دو بوبین، ولتاژ نامی ترانسفورماتور فشارقوی حاصل می‌گردد. در این روش هسته مغناطیسی دارای پتانسیلی معادل نصف ولتاژ نامی بوده و لذا باید تمهیداتی جهت ایزوله نمودن هسته از زمین الکتریکی و رعایت حریم های عایقی صورت پذیرد. این ترانسفورماتور به دو گریدینگ (گریدینگ تحتانی و گریدینگ فوقانی) مجهز شده است.



ایران ترانسفو زنجان /96/دستورالعمل
نشاني : تهران ، نارمك ، خيابان فرجام ، خيابان خاور ( شهيد حيدرخاني ) ، مقابل دانشگاه علم و صنعت ايران- پلاك184 ، تلفن : 2 – 77455001 ، دورنگار : 77455003 ، صندوق پستي : ، 16845-311

جنس گریدینگ‌ها از لوله‌های آلومینیوم نورد شده می‌باشد. گریدینگ‌ها کمک می‌کنند تا میدان الکتریکی بصورت یکنواخت درآمده و حریم‌های جانبی به حداقل مقدار خود کاهش یابند.

-وزن گریدینگ فوقانی ۶۰ کیلوگرم

-وزن گریدینگ تحتانی ۴۰ کیلوگرم

صفحات آهنی بالا و پائین ترانسفورماتور ازجنس آهن ST37 بوده و بعنوان نگهدارنده، در بالا وپایین محفظه نصب می‌گردند.

-ترمینال بوبین‌های اولیه،ثانویه متناسب با جریان آنها انتخاب شده و همچنین شیرهای ورودی و خروجی روغن درقسمت پائین و بالای صفحات آهنی ترانسفورماتورها تعبیه شده است.

-حجم روغن ترانسفورماتور حدود ۲۵۵۰ لیتر و این روغن ازنوع کلاس 2 بر اساس استاندارد IEC 296 می‌باشد.

- **مشخصات فنی :**

| | |
|---|---|
| Serial No. | TRA-400-96-004 |
| Rated Input Voltage | 2 Phase, 500 [V] |
| Rated Output Voltage | 400 [kV] |
| Rated Power | 800 [kVA] |
| Rated Input Current | 2*800 [A] |
| Rated Output Current | 2 [A] |
| Frequency | 50 [Hz] |
| Type of Cooling | ONAN |
| Duty Cycle | Full Load: 5 min ON 3 hour OFF |
| | Half Load: 20 min ON 3 hour OFF |
| PD Level | In Nominal Voltage < 10 pC |
| Type of Insulation | class A |
| Total Weight | 6250 [kg] |
| Oil Weight | 2550 [kg] |
| Dimensions(H*D) | 320*175 [cm] |

- **شرایط محیط بهره برداری عبارتند از:**



ایران ترانسفو زنجان /96/دستورالعمل
نشاني : تهران ، نارمك ، خيابان فرجام ، خيابان خاور ( شهيد حيدرخاني ) ، مقابل دانشگاه علم و صنعت ايران- پلاك184 ، تلفن : 2 – 77455001 ، دورنگار : 77455003 ، صندوق پستي : ، 16845-311

شرایط محیطی بهره‌برداری = 5-40 [C°]

ماکزیمم میزان رطوبت = 90%

ارتفاع از سطح دریا = $m \leq 1000$

شرایط محیطی نگهداری = 10-50 [C°] , Indoor

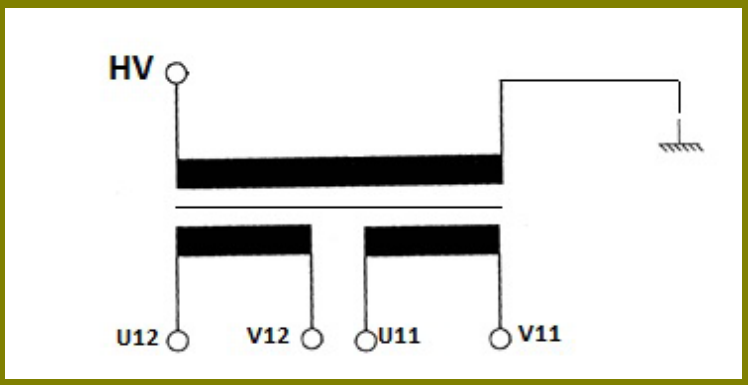
شرایط تحمل عایقی مجموعه مطابق استاندارد IEC 60060-1 = 760[mmHg] , 20 [C°] , 11 [g/m3]

- **مدار شماتیک سیم پیچ‌ها**

سیم پیچ اولیه = U11-V11

سیم پیچ اولیه = U12-V12

سیم پیچ ثانویه = HV




**۲- سرویس و نگهداری :**

-جهت بهره برداری بهینه از ترانس فوق رعایت موارد زیر الزامی میباشد :

**۲-۱- حمل ونقل :**

-حدالامکان از جابجایی ترانس خودداری گردد ودرصورت نیاز به حمل ونقل و جابجایی در آزمایشگاه رعایت موارد زیر ضروری می باشد:

- برای جابجایی از تسمه های عریض با تحمل بار متناسب با وزن ترانس استفاده گردد.
- حتماً استفاده از ۲ عدد تسمه به صورت بعلاوه استفاده شود.
- برای جابجایی ترانس از صفحه پایین گرفته شود.
- پس از جابجایی وکیوم روغن ترانس الزامی می باشد.

**۲-۲- بدنه :**

با توجه به تخلیه جزیی پایین ترانس (<10 pc) و اهمیت رنگ در این موضوع اهمیت حفاظت آن و همچنین جلوگیری از ایجاد خراش و تیزی بر روی گریدینگ ها مورد تاکید قرار می گیرد.



ایران ترانسفو زنجان /96/دستورالعمل
نشاني : تهران ، نارمك ، خيابان فرجام ، خيابان خاور ( شهيد حيدرخاني ) ، مقابل دانشگاه علم و صنعت ايران- پلاك184 ، تلفن : 2 – 77455001 ، دورنگار : 77455003 ، صندوق پستي : ، 16845-311

ایران ترانسفو زنجان /96/دستورالعمل
نشاني : تهران ، نارمك ، خيابان فرجام ، خيابان خاور ( شهيد حيدرخاني ) ، مقابل دانشگاه علم و صنعت ايران- پلاك184 ، تلفن : 2 – 77455001 ، دورنگار : 77455003 ، صندوق پستي : ، 16845-311

## ۳- تست شیت ترانسفورماتور 400kV/800kVA

**Transformer Serial Number:** TRA-400-96-04 **Client:** Iran TransfoCo.

**Atmospheric conditions of the laboratory during the test**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Laboratory atmospheric conditions** | P=856mbar | H=18% | T=25 °C |
| | | Accepted range | Accepted range |
| | | RH<90% | 5ºC<T<45 ºC |

**1. Measurement of the DC resistance of windings**

| | **Resistance of the primary winding A (mΩ)** | **Resistance of the primary winding B (mΩ)** | **Resistance of the secondary winding (Ω)** |
|---|---|---|---|
| **Measured value** | 6.66 | 6.65 | 950 |
| **Accepted range** | < 8 | < 8 | < 1000 |

**2. Ratio measurement**

| **Secondary voltage(V)** | **Primary voltage (mV)(winding 1)** | **Primary voltage (mV)(winding 2)** | **ratio** |
|---|---|---|---|
| 100 | 123 | 123 | 813 |
| 200 | 250 | 250 | 800 |
| 300 | 375 | 375 | 800 |

**3. Dielectric DC test**

| **Points** | **Duration (sec)** | **Test voltage DC(V)** | **Measured impedance** |
|---|---|---|---|



ایران ترانسفو زنجان /96/دستورالعمل
نشاني : تهران ، نارمك ، خيابان فرجام ، خيابان خاور ( شهيد حيدرخاني ) ، مقابل دانشگاه علم و صنعت ايران- پلاك184 ، تلفن : 2 – 77455001 ، دورنگار : 77455003 ، صندوق پستي : ، 16845-311

| | | | | (GΩ) |
|---|---|---|---|---|
| **HV-LV** | | 60 | 1000 | >1 |
| **HV-ground** | | 60 | 2500 | >100 |
| | | 15 | 5000 | 108 |
| | | 60 | 5000 | 120 |
| **LV-ground** | | 60 | 500 | >1 |

## 4. Measurement of partial discharge(PD)

| step | Primary voltage (V) | Secondary voltage (with 1nF cap.) (kV) Measured | Duration (min) | Primary current (A) Phases A&B | PD level (pC) Measured | Accepted range | Considerations |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| – | | | | | 18 | | **Basic Noise Level** |
| **1** | 100 | 90 | 5 | 28 | 18 | <10 | |
| **2** | 200 | 184 | 5 | 58 | 18 | <10 | |
| **3** | 300 | 278 | 5 | 88 | 18 | <10 | |
| **4** | 350 | 324 | 5 | 102 | 18 | <10 | |
| **5** | 400 | 377 | 5 | 115 | 18 | <10 | |
| **6** | 445 | 400 | 5 | 120 | 18 | <10 | |

**Note:** The basic noise level is 18 pC during this test which mostly comes from the grid (power supply). The correction factor for standard atmospheric condition in the laboratory is k=0.83. After the correction factor application, PD has been measured after 30 minutes of 400 kV voltage in standard atmospheric conditions and no PD has been measured.



ایران ترانسفو زنجان /96/دستورالعمل
نشاني : تهران ، نارمك ، خيابان فرجام ، خيابان خاور ( شهيد حيدرخاني ) ، مقابل دانشگاه علم و صنعت ايران- پلاك184 ، تلفن : 2 – 77455001 ، دورنگار : 77455003 ، صندوق پستي : ، 16845-311

## 5. No load test

| step | Primary voltage (V) AC/RMS | Duration (min) | Secondary voltage (kV) | | Primary Current (A) | Core loss (W) | Considrations |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | calculated | Accepted range | | | |
| **1** | 101.5 | 5 | | | 4.53 | 48.5 | |
| **2** | 202.3 | 5 | | | 10.3 | 165 | |
| **3** | 299 | 10 | | | 15 | 359 | |
| **4** | 356 | 10 | | | 17.5 | 490 | |
| **5** | 406.3 | 10 | | | 18.8 | 657 | |
| **6** | 450.6 | 10 | | | 19.8 | 852 | |
| **7** | 497 | 10 | | | 20.9 | 1007 | |

**Note:** the secondary voltage is adopted by calculation (ratio=820) and no capacitor is connected to the transformer

## 6. Waveform distortion measurement

| Step | Secondary voltage (kV) | Up (kV) | Up / √2 (kV) | RMS (kV) | Distortion (%) | | $100 \times ( U^{+}_{p} - U^{-}_{p} ) / U^{+}_{p}$ | | | | Consideration |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | calculated | accepted | $U^{+}_{p}$ | $U^{-}_{p}$ | calculated | accepted | |
| **1** | 100 | 137 | 97 | 100 | -3 | <5 | 137 | 139 | -1.45 | <2 | |
| **2** | 250 | 342 | 243 | 249 | -2.4 | <5 | 341 | 339 | 0.59 | <2 | |
| **3** | 350 | 483 | 343 | 350 | -2 | <5 | 485 | 485 | 0 | <2 | |
| **4** | 400 | 547 | 390 | 400 | -2.5 | <5 | 547 | 546 | 0.18 | <2 | |

**Note:** Measurement has been done with the cap. 1nF/400kV

Distortion(%)=100(Up/√2-RMS)/RMS



ایران ترانسفو زنجان /96/دستورالعمل
نشاني : تهران ، نارمك ، خيابان فرجام ، خيابان خاور ( شهيد حيدرخاني ) ، مقابل دانشگاه علم و صنعت ايران- پلاك184 ، تلفن : 2 – 77455001 ، دورنگار : 77455003 ، صندوق پستي : ، 16845-311

## 7. Percentage impedance measurement

| Usc(V) | Isc(total)(A) | Isecondary(A) | Uk(%) |
|---|---|---|---|
| 95.1 | 393 | 0.494 | 77.43 |
| 194.8 | 806 | 1.02 | 77.33 |
| 292 | 1174 | 1.52 | 79.59 |
| 386 | 1616 | 2.03 | 76.43 |

$U_K$ (%) = 100 [ $U_{SC}$ / ($I_{sc1}$+$I_{sc2}$ )] [$I_n$ / $U_n$ ] = 320 × [$U_{SC}$ / ($I_{sc(total)}$)]

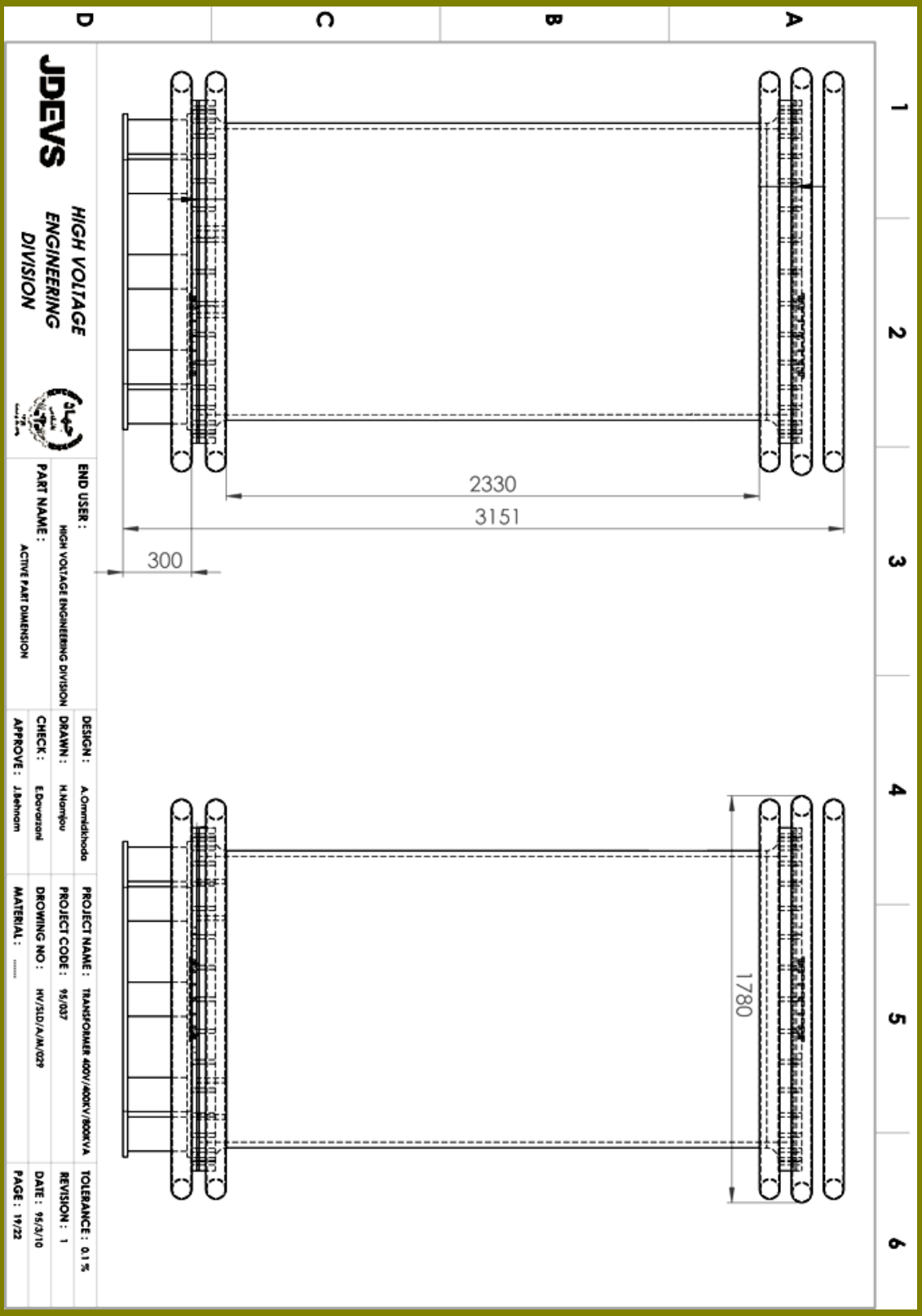
## 8. Capacitance measurement

| Measurement points | Capacitance(nF) |
|---|---|
| **LV-HV** | 1.5 |
| **LV-ground** | 0.82 |
| **HV-ground** | 1.1 |



ايران ترانسفو زنجان /96/دستورالعمل
نشاني : تهران ، نارمك ، خيابان فرجام ، خيابان خاور ( شهيد حيدرخاني ) ، مقابل دانشگاه علم و صنعت ايران- پلاك184 ، تلفن : 2 – 77455001 ، دورنگار : 77455003 ، صندوق پستي : ، 16845-311

۴- نقشه ابعادی ترانسفوماتور فشارقوی:






ایران ترانسفو زنجان /96/دستورالعمل
نشاني : تهران ، نارمك ، خيابان فرجام ، خيابان خاور ( شهيد حيدرخاني ) ، مقابل دانشگاه علم و صنعت ايران- پلاك184 ، تلفن : 2 – 77455001 ، دورنگار : 77455003 ، صندوق پستي : ، 16845-311