

كتاب



# مختصر الحسابات العملية لحولات القدرة والتحكم

Transformer calculations



تأليف

مهندس / ناجي عبدالهادي جمعة

D e M



---

# الفصل الأول

---

المحولات الزيتية



**DEM**

5	الفصل الأول.....
5	المحولات الزيتية .....
5	تصنيف المحولات الكهربائية .....
5	طبقا لعدد الاوجة .....
5	طبقا لطريقة التبريد .....
5	طبقا لوضع المحول.....
5	طبقا للغرض من تركيب المحول.....
6	تصنيف المحولات من حيث نسبة التحويل .....
6	تصنيف المحولات من حيث الوظيفة الكهربائية .....
6	تصنيف المحولات من حيث المفايد .....
6	طبقا للحياة العملية .....
6	نظرية عمل المحول .....
7	حالة الملاحمل .....
8	حالة التحميل .....
8	المعادلات العامة للمحولات .....
10	المحولات الزيتية Immersed oil Transformer .....
11	أولا -المكونات الداخلية .....
11	أولا-القلب الحديدي ( الدائرة المغناطيسية ) ( Magnetic Circuit ) .....
11	وظيفته .....
11	مادة القلب الحديدي .....
11	الصلب .....
11	السيليكونى .....
11	المدرقل على البارء .....
11	موجه الحبيبات .....
11	كثافة الفيض .....
12	أنواع القلب الحديدي .....
12	محول قلبي ( Core type trans ) .....
12	النوع الهيكلى ( Shell Type ) .....
13	ثانيا- ملفات ( الدائرة الكهربائية Electric Circuit ) .....
13	أنواع الملفات .....
13	من حيث الشكل .....
13	من حيث الاتصال بالمصدر و الحمل .....
13	من حيث الجهد .....
14	ثالثا- زيت المحولات .....
14	وظائف الزيت .....
14	التبريد .....
14	العزل بين الملفات .....

15	منع عملية التأكسد.....
15	كشف الأعطال .....
15	ثانيا المكونات الخارجية .....
16	أولا- الخزان Tank .....
16	خزان مسطح - مستوى Plain tank .....
16	خزان يحتوى على مجارى اى أنابيب (مواسير) ( جانبية ) Tube tank .....
16	خزان يحتوى على زعانف التبريد" Radiator على الأجناب الأربعة للمحول .....
16	فائدة الخزان الرئيسي .....
17	ثانيا-خزان الزيت التعويضى Oil conservator Tank .....
17	وظيفة التانك الاحتياطي .....
17	فتحة التهوية أو التنفيس Explosion Vent .....
18	محبس سفلي Drain Valve .....
19	طبة عليا .....
19	ثالثا-مبين مستوى الزيت ( Oil level indicator ) .....
19	وظيفته .....
19	أنواع مبين الزيت .....
19	فائدتها .....
21	رابعا-جهاز الوقاية الغازية Bochloz Relay .....
21	وظيفته .....
21	مكان تركيبه .....
21	مكوناته .....
21	نظرية عمله .....
21	خامسا-جهاز الوقاية الحرارية Thermistor Relay .....
22	وظيفته .....
23	سادسا-وحدة التنفيس Breath unit .....
23	نظرية عمله .....
23	ألوان مادة السيليكاجيل .....
24	سابعا-مغيرات الجهد Tap charger .....
24	أنواع مغير الجهد .....
24	مغير الجهد على الحمل OLTC ( On load tap changer ) .....
24	مغير الجهد على الدائرة المفصولة NLTC ( No load tap charger ) .....
24	طريقة تغيير وضع مغير الجهد .....
25	عدد خطوات مغير الجهد لمحولات التوزيع .....
25	أولا-خمس خطوات .....
25	ثانيا سبع خطوات .....
26	مدى الحاجة إلى مغير الجهد Tap charger .....
34	فكرة عمل Tap charger .....

38	توصيلات مغير الجهد العملية
39	ثامنا- أطراف التوصيل للجهد العالى Bushing
40	تاسعا- أطراف التوصيل للجهد المنخفض Low Voltage Bushing
40	وظيفته
40	تصنيف أطراف التوصيل
42	عاشرا- عروة الرفع Liftig Lug
42	حادي عشر - عجلات التحريك Roller
42	ثاني عشر - لوحة بيانات المحول Transformer Name plate
42	أهمية استخدام الحصى أسفل محولات الزيت المركبة خارجيا Outdoor



---

# الفصل الثاني

---

التبريد



**DEM**

3	الفصل الثاني.....
3	التبريد.....
3	الأوساط المبردة.....
4	عناصر منظومة التبريد.....
4	أولاً-زيت المحولات.....
4	مواصفات زيت التبريد المعدني.....
4	أهم خصائص الزيت.....
5	أقصى قيم للزوجية الزيت.....
5	نقطة الوميض ( Flash point ).....
5	نقطة الانصباب ( Pour point ).....
5	محتوى الماء.....
6	الشدة الكهربائية ( Electric strength ).....
6	عامل تبريد العزل الكهربائي.....
6	الخواص الكيميائية.....
6	ملخص لخواص زيت تبريد المحولات.....
7	ثانياً- المبرد Radiator.....
7	أولاً- المحولات الصغيرة.....
7	ثانياً- المحولات الكبيرة.....
8	إضافة مراوح.....
8	توصيف درجات التبريد.....
9	الرموز المستخدمة في التبريد.....
10	التبريد ONAN.....
11	مميزات وعيوب هذه الطريقة.....
11	طريقة تبريد ON AF.....
11	طريقة تبريد OF AF.....
12	التبريد المتعدد المراحل.....



---

# الفصل الثالث

---

المفاهيم



**DEM**

3	..... الفصل الثالث
3	..... المفاقيد
3	..... أولاً مجموعة مفاقيد اللاحمل No load Losses
3	..... أولاً- المفاقيد التخلفية Hysteresis loses
4	..... ثانياً- المفاقيد الناتجة عن التيارات الدوامية Eddy current Losses
4	..... ثالثاً-مفاقيد العزل Dielectric Losse
5	..... مفاقيد التحميل
5	..... المفاقيد النحاسية Copper losses
6	..... تأثير الحرارة على Copper losses
6	..... تأثير نوعية التيار على المفقودات
7	..... المفقودات الشاردة



---

## الفصل الرابع

---

التوافقيات



**DEM**

3	الفصل الرابع
3	التوافقيات Harmonics
3	تعريف التوافقيات
3	معنى الأحمال الغير خطية ؟
4	مصادر الأحمال الخطية Linear Load
4	مصادر الأحمال الغير خطية Nonlinear Load
5	تأثير Odd Current على المحولات
5	استخدام محولات لها K – Factor
5	تعريف K – Factor
6	العلاقة بين K –Factor ومعامل التغيير المطبق على المحول



---

# الفصل الخامس

---

معاوقة المحول وزاوية الأزاحه



**DEM**

3	الفصل الخامس
3	معاوقة المحول وزاوية الازاحة
3	أولا معاوقة المحول
3	التعريف الأول لمعاوقة المحول
4	التعريف الثانى لمعاوقة المحول
5	استخدامات معاوقة المحول
5	أولا-حساب تيار القصر Short circuit
5	معادلة تيار القصر
5	ثانيا-عمل أختبارات القصر Short Circuit test
9	ثانيا زاوية الازاحة Phase displacement
10	ثالثا -توصيل المحولات على التوازي
10	مميزات التوصيل على التوازي فى المحولات
11	عيوب و مشاكل التوصيل على التوازي
12	شروط التوصيل على التوازي



---

# الفصل السادس

---

المحولات الجافة



DEM

3	الفصل السادس
3	Dry type transformer المحولات الجافة
3	تعريف المحول الجاف
3	المكونات
4	استخدامه
4	المميزات
4	أنواعه
4	النوع الأول - محولات جافة تقليدية وهي المعروفة Self Air Cooled
5	النوع الثاني من هذه المحولات وهي المعروفة المحولات الجافة الراتنجية Cast Resin
5	مميزات النوع الثاني Cast Resin
6	معاوقة القصر
6	مغير الجهد
6	الحماية الحرارية
7	التهوية القصرية
7	جهد الملف الابتدائي
7	جهد الملف الثانوى
7	القدرة المتاحة
7	التركيب
7	توصيل الكابلات
8	أختبارات المصنع
9	مفاقيد المحول الجاف



---

# الفصل السابع

---

محولات التيار ومحولات الجهد



**DEM**

4	..... الفصل السابع
4	..... أولاً محولات التيار
5	..... 1. وظيفة محول التيار
5	..... 2. استخدام محول التيار
6	..... 3. الدقة Accuracy لمحول التيار
6	..... أولاً- أنواع الدقة Accuracy لمحولات التيار الخاصة بالقياس Measuring
6	..... أولاً-متسوى الدقة Accuracy Class
6	..... تعريفه.
6	..... الرمز المستخدم
6	..... حدود عمله
6	..... نسبة الخطأ
7	..... ثانيا- معامل حدود الدقة Accuracy Limit Factor (ALF)
7	..... ثالثاً-دقة القدرة Power Accuracy أو Burden
8	..... مفهوم مصطلح BURDEN؟؟
10	..... كيف يمكن حساب معاوقة الكابل؟
14	..... ثانياً الدقة لمحولات التيار الخاصة بالحماية Protection
14	..... متسوى الدقة Accuracy Class
14	..... تعريفه
14	..... القيمة المستخدمة
14	..... معامل حدود الدقة Accuracy Limit Factor
14	..... دقة القدرة Power Accuracy أو Burden
15	..... 4. حساب حدود معامل الدقة ALF
19	..... حساب أقل قيمة لحدود معامل الدقة للمحركات والمحولات
19	..... المعادلة العامة
20	..... أولاً حساب حدود الدقة $ALF_A$ حالة المحركات
20	..... ثانياً حساب حدود الدقة $ALF_A$ حالة المحولات
21	..... 5. تصميم محول التيار
23	..... 6. مكونات محول التيار (C.T)
24	..... 7. أنواع محولات التيار؟
24	..... محول تيار من النوع شبك Window Type
25	..... محول تيار من النوع الملفوف Wound-Type C.T
25	..... محول تيار من النوع ذى القضيب Bar-Type C.T
25	..... 8. طرق توصيل محولات التيار مع أجهزة الوقايه
26	..... 9. نظرية عمل محول التيار؟
28	..... 10. خصائص محول التيار المستخدم مع أجهزة القياس Metering
28	..... 11. خصائص محول التيار المستخدم مع أجهزة الوقايه Protection
29	..... 12. مشكلة التشبع؟ saturation

13. الفرق بين محول التيار المستخدم في القياس عن محولات التيار المستخدم في الحماية؟ ..... 30
14. لماذا يجب قصر طرفي محول التيار عند عدم اتصالهم بحمل؟ ..... 31
15. أهم مواصفات محول التيار ؟ ..... 32
16. توصيف منحني المغناطيسي لمحول التيار ..... 32
17. الأختبارات التي يجب إجراؤها على محولات التيار قبل البدء في إدخال محولات التيار في الخدمه ..... 34
18. كيف يمكن قياس حمولة rated burden محولات التيار ؟ ..... 35
- تعريف الKnee point ..... 35
- معادلة حساب نقطة الانقلاب Knee point ..... 35
19. القيم المختلفة لمحولات تيار الجهد المتوسط ..... 36
20. طريقة حساب محول التيار للأحمال المختلفة ..... 37
- أولا- اللوحات ..... 37
- ثانيا- المحركات ..... 37
- ثالثا- المحولات والمولدات ..... 37
- رابعا- المكثفات ..... 37
- ثانيا محولات الجهد Voltage transformer ..... 41
- كيفية كتابة نسبة التحويل في المحولات ..... 42
- قيمة العبء (حمل) Burden لمحول الجهد ..... 43
- الاختلاف الوجهي The phase Difference ..... 44
- درجة الدقة Accuracy Class ..... 44



---

# الفصل الثامن

---

المحول الذاتي



DEM

3	..... الفصل الثامن
3	..... محول ذاتى Autotransformer
3	..... نظرية عمل محول 1 فاز Single phase Conrol transformer
4	..... نظرية عمل المحول الذاتي 3 فاز
5	..... العلاقة بين تيار البدء فى حالة مباشر على الخط و تيار البدء للمحول الذاتي
8	..... المحول الذاتي فى حالة الجهد المتوسط
8	..... طريقة تشغيل



---

# الفصل التاسع

---

حساب محولات التحكم (الكنترول)



**DEM**

4	الفصل التاسع.....
4	نظرية عمل محول 1 فاز Single phase Conrol transformer.....
6	وظيفة محول التحكم.....
8	العلاقة بين نوع الحمل وقيمة Inrush VA و Sealed VA.....
8	نماذج للأحمال التي لها Inrush VA.....
9	نماذج للأحمال التي لها Sealed VA.....
9	جهد دوائر التحكم.....
9	معادلة حساب محولات الكنترول.....
10	خطوات الحساب لمحولات الكنترول.....
14	التطبيقات العملية لمحول التحكم.....
26	استخدام محول الكنترول مع مصدر بدون محايد.....
26	حساب محولات الكنترول لأحمال 1 فاز.....
31	ثانيا المحول الآمن Safety Control Transformer.....
31	ثالثا المحول العازل Isolation Transformer.....
31	التعريف.....
32	طريقة العمل.....
33	الخصائص.....
34	الاستخدام.....
34	أنواع محولات العزل.....
34	محول عزل أحادي الطور 1 phase isolation transformer لدوائر التحكم.....
34	سعة محول الكنترول.....
34	حساب قدرة محول العزل.....
38	حساب قاطع الحماية على الملف الابتدائي والثانوي.....
38	أولا قاطع الحماية على الملف الابتدائي.....
38	ثانيا قاطع الحماية على الثانوي.....
42	الحماية بمصهر Fuse على الجانب الابتدائي.....
42	المعادلة العامة للتيار.....

- 42 .....أولا في حالة المحول اقل من او يساوي 630 فولت أمبير
- 42 .....ثانيا في حالة المحول أكبر من 630 فولت أمبير
- 44 .....ملحق الفصل التاسع
- 45 .....ملحق (9.1)
- 45 .....جدول قدرة المحول المنفصل لبادئ حركة مغير سرعات أو مباشر على الخط
- 46 .....ملحق (9.2)
- 46 .....جدول قدرة المحول المنفصل لبادئ حركة ستار دلتا أو باديء حركة تدريجي ناعم
- 47 .....ملحق (9.3)
- 47 .....جدول قواطع محول العزل على الابتدائي جهد(1فاز) 230 و 400 فولت
- 48 .....جدول مصهرات محول العزل على الابتدائي جهد(1فاز) 230 و 400 فولت
- 49 .....ملحق (9.4)
- 49 .....جدول قواطع محول العزل على الثانوي 24 و 48 و 110 و 230 فولت



---

# الفصل العاشر

---

حسابات المحول



**DEM**

5	الفصل العاشر .....
5	الحسابات العملية لمحولات القدرة .....
6	أولاً-حساب قدرة المحول بالكيلوفولت أمبير لأحمال الجهد المنخفض .....
6	المعادلة العامة .....
11	ثانياً-حساب قدرة المحول بالكيلوفولت أمبير لأحمال الجهد المنخفض والمتوسط .....
16	ثالثاً-حساب قدرة المحول بالكيلوفولت أمبير لأحمال الجهد المنخفض والمتوسط ( المستهلكة ) .....
18	رابعاً-حساب التيار المقتن لقاطع المحول على الملف الابتدائي .....
19	التيار المقتن لقواطع الجهد المتوسط الحسابي .....
20	أولاً معامل التصحيح الخاص بتيار القاطع $k_1$ .....
20	ثانياً معامل تصحيح درجة حرارة الهواء المحيط للقاطع $k_2$ .....
20	ثالثاً معامل تصحيح الارتفاع عن مستوى سطح البحر ( Altitude ) $( K_3 )$ .....
21	التيار المقتن لقواطع الجهد المتوسط القياسي .....
22	خامساً-حساب التيار المقتن لمصهرات المحول على الملف الابتدائي .....
27	سادساً-حساب التيار المقتن لقاطع المحول على الملف الثانوي .....
27	أولاً نوع القاطع للجهد المنخفض .....
28	ثانياً سعة القاطع بالأمبير .....
28	ثالثاً سعة القطع Breaker Breaking capacity .....
29	رابعاً معاملات التصحيح .....
29	أولاً معامل التصحيح الخاص بحماية القاطع للحمل $F_1$ .....
30	ثانياً معامل تصحيح درجة حرارة الهواء المحيط للقاطع $F_2$ .....
31	ثالثاً معامل تصحيح الارتفاع عن مستوى سطح البحر ( Altitude ) $( F_3 )$ .....
31	معادلة حساب تيار القاطع في حالة MCCB و ACB .....
35	سابعاً-حساب تيار القصر على أطراف المحول على الملف الابتدائي .....
36	العلاقة بين الميجا فولت أمبير للشبكة والتيار القصر للقواطع .....
37	أقصى ميجا فولت أمبير حال القصر .....
39	ثامناً- حساب تيار القصر عند ملفات المحول الثانوية Short circuit at secondary side .....
42	حساب تيار القصر على الثانوي بالمعادلة المختصر .....
46	تاسعاً-حساب تيار القصر لمحول افتراضى .....
50	عاشراً-حساب المكثفات المطلوبة في حالة اللاحمل .....
51	حادي عشر -حساب المكثفات المطلوبة في حالة التحميل للجهد المنخفض .....
52	معادلات استنتاج قيمة مكثف تحسين معامل القدرة .....
52	قبل التحسين (وضع المكثفات) .....
53	بعد التحسين ووضع المكثفات .....
53	قيمة المكثفات .....
56	حساب معامل القدرة بعد التحسين .....

- 56 ..... أولا حساب معامل القدرة بعد التحسين في حالة الحمل منفردا
- 58 ..... ثانيا حساب معامل القدرة بعد التحسين في حالة أحمال متعددة
- 59 ..... طرق حساب قيمة المكثفات اللازمة لمحول الجهد المنخفض
- 59 ..... أولا الطريقة الحسابية الدقيقة
- 62 ..... ثانيا الطريقة التقريبية الأولى
- 63 ..... الطريقة التقريبية الثانية
- 67 ..... تأثير معامل القدرة المتقدم Lead power Factor
- 71 ..... ثاني عشر-حساب المكثفات المطلوبة في حالة التحميل للجهد المتوسط
- 71 ..... جهد التشغيل
- 79 ..... توصيل المكثفات على لوحات الجهد المتوسط
- 79 ..... أولا التوصيل المنفصل لكل محرك Individual capacitor
- 81 ..... توصيل المكثفات مجمعة داخل لوحة Capacitor bank
- 82 ..... ثالث عشر -حسابات التهوية القسرية Forced Ventilation لغرفة المحولات
- 83 ..... الطريقة الأولى
- 83 ..... المعادلة العامة لحساب معدل تدفق الهواء
- 84 ..... الطريقة الثانية
- 86 ..... حساب قدرة المروحة الكهربائية
- 86 ..... الطريقة الأولى
- 87 ..... الطريقة الثانية
- 87 ..... الطريقة الثالثة
- 89 ..... رابع عشر -حساب الفتحات اللازمة للتهوية الطبيعية Natural Ventilation لغرفة المحولات
- 90 ..... الطريقة الأولى لحسابات فتحات التهوية
- 90 ..... الخطوات
- 92 ..... الطريقة الثانية لحساب فتحات التهوية
- 93 ..... خامس عشر -حساب كفاءة المحول Transformer Efficiency
- 97 ..... سادس عشر -حسابات الهبوط في الجهد على أطراف المحول على الملف الثانوى
- 101 ..... سابع عشر -حساب معاوقة المحول بالأوم
- 104 ..... ثامن عشر -حساب المقاومة والمفاعلة الحثية للمحول
- 107 ..... تاسع عشر -حساب حجم الزيت المراد تغييره في المحولات
- 109 ..... عشرون- حسابات الهبوط في الجهد على اطراف المحول طبقا لنوع بادئ الحركة
- 109 ..... أولا - في حالة حمل منفرد يتم تغذيته من المحول
- 110 ..... أولا- حساب الهبوط في الجهد في حالة بادئ حركة مباشر على الخط
- 114 ..... ثانيا - في حالة بادئ الحركة غير مباشر على الخط
- 114 ..... أولا- حالة ستار دلتا- بادئ حركة تدريجي ناعم - مغير سرعات
- 114 ..... ثانيا- حالة محول ذاتي Auto transformer

119	..... استخدام الجدول في حالة الجهد المنخفض
119	..... استخدام الجدول في حالة الجهد المتوسط
121	..... ثانيا - حساب المحول في حالة تغذية أحمال متعددة
121	..... الطريقة الأولى
121	..... الطريقة الثانية



---

# الفصل الحادي عشر

---

مساحة مقطع التأريض



**DEM**

3	..... الفصل الحادي عشر
3	..... حساب مساحة مقطع موصل التأريض الرئيسي
3	..... تأريض نقطة التعادل في المحول Earthing Neutral point
3	..... أولاً : النظام المعزول ( Ungrounded system )
3	..... مميزات نظام نقطة التعادل معزولة عن الأرض :
3	..... عيوب هذا النظام :
4	..... ثانياً : النظام المؤرض :
4	..... المميزات
5	..... حساب مساحة مقطع موصل التأريض الرئيسي
5	..... حساب مساحة مقطع موصل التأريض طبقاً للمواصفات العالمية IEEE 80
7	..... حساب مساحة مقطع موصل التأريض طبقاً للمواصفات العالمية BS 7430
17	..... استخدام المعادلة الادياباديه Adiabatic Equation في حماية منظومة الجهد المنخفض
18	..... لماذا تم فصل كل من تأريض محايد المحول وتأريض جسم المحول ؟
19	..... دراسة الجهد في حالة توصيل المحايد وجسم المحول على نقطة واحدة (بئر ارضى واحد)
20	..... الشروط الواجب توافرها في التصميم
20	..... دراسة الجهد في حالة توصيل المحايد على نقطة وجسم المحول على نقطة أخرى
21	..... حساب مقطع كابل تأريض المحايد Neutral للمحول
22	..... حساب مقطع كابل تأريض جسم المحول Equipment Earthing
22	..... الطريقة الأولى
23	..... الطريقة الثانية
25	..... حساب مقاومة الأرضى والكابل NGR فى حالة الجهد المتوسط
25	..... أولاً حساب المقاومة
26	..... حساب جهد المحايد - الأرضى
26	..... فى حالة المحول
26	..... فى حالة المولد
26	..... حساب تيار المحايد - الأرضى
26	..... حساب مقاومة المحايد - الأرضى
26	..... حساب محول التيار
26	..... ثانياً حساب الكابل



---

# الفصل الثاني عشر

---

الحماية الكهربائية للمحولات



**DEM**

3	..... الفصل الثاني عشر
3	..... الحماية الكهربية للمحولات
3	..... ما هي الحماية الكهربية؟
3	..... تقسيم الحماية الكهربية
3	..... أولا- الحماية على ملفات الابتدائي للمحول
3	..... أولا- الحماية عن طريق ريليهات الحماية Protection Relay
8	..... ثانيا- حماية عن طريق أجهزة مركبة على المحول
8	..... طريقة الحماية
9	..... ثالثا- الحماية التفاضلية
9	..... النظرية الأساسية لجهاز الوقاية التفاضلية
9	..... ثانيا- الحماية على الجانب الجهد المنخفض للمحول
10	..... حماية حرارية Thermal release
10	..... حماية مغناطيسية magnetic release
10	..... حماية ضد الاعطال الأرضية
13	.....