

PROJETO DE LOTEAMENTO URBANO E DOS PROJETOS
DAS OBRAS DE URBANIZAÇÃO DA ZONA DE
LOCALIZAÇÃO EMPRESARIAL DO SABUGAL

**PROJETO DE INFRAESTRUTURAS DE
ELÉTRICIDADE**

REQUERENTE: CÂMARA MUNICIPAL DO SABUGAL

COVILHÃ – 29 DE JUNHO DE 2017

Realizado	Verificado	Aprovado	Processo	Data	Versão	Página
GO4GP			GO_0042013	2017-06-29	01-2017	1 /23

MEMÓRIA DESCRITIVA

Realizado	Verificado	Aprovado	Processo	Data	Versão	Página
GO4GP			GO_0042013	2017-06-29	01-2017	2 /23

ÍNDICE

1.	Introdução	4
2.	Generalidades	4
3.	Descrição Geral das Instalações	5
3.1	Potência Instalada	5
3.2	Características Gerais da Instalação	6
3.3	Rede de Iluminação Pública	6
3.4	Alimentação e Rede de Distribuição	8
4.	Postos de Transformação	9
4.1.	Cálculos Justificativos	9
4.2	Intensidade de Correntes Nominais	10
4.3	Intensidade de Correntes de Curto Circuito	11
4.4	Dimensionamento de Circuitos	14
4.5	Escolha das Proteções de Sobreintensidade	15
4.6	Dimensionamento dos Circuitos de Ligação à Terra	16
4.7	Ventilação do Posto de Transformação	21
4.8	Dimensionamento do Depósito do Óleo	22
5.	Considerações Finais	23

Realizado	Verificado	Aprovado	Processo	Data	Versão	Página
GO4GP			GO_0042013	2017-06-29	01-2017	3 /23

1. Introdução

Refere-se a presente memória descritiva e justificativa ao projeto de infraestruturas Elétricas do “Projeto de Loteamento Urbano e dos Projetos e dos Projetos das Obras de Urbanização da Zona de Localização Empresarial do Sabugal”, cujo requerente é a Câmara Municipal do Sabugal.

Este estudo tem por finalidade dotar a nova urbanização com uma Rede de Distribuição de Baixa Tensão e Iluminação Pública. A urbanização vai ser alimentada por dois Postos de Transformação Novos.

2. Generalidades

Este projeto foi elaborado, tendo em atenção o fim a que se destina. A referida instalação foi dimensionada de acordo com as normas e regulamentos existentes, as quais deverão ser igualmente seguidas nas partes omissas do projeto, bem como outros requisitos de carácter técnico, visando fundamentalmente observar aspetos funcionais da rede proposta, nomeadamente:

- Regulamento de Segurança das Redes de Distribuição de Energia Elétrica de Baixa Tensão (Dec. Lei nº 46487 de 66/06/21 e alterações introduzidas pelo Dec. Regulamentar nº 90/84 de 84/12/26)
- Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão (portaria 949-A/2006)
- Decreto-Lei 446/76 e Portaria 401/76
- Portaria 454/2001

A área de intervenção é constituída por 32 lotes destinados a edifícios de indústria, armazéns, comércios e/ou serviços. Para além destes 32 lotes, está ainda prevista a alimentação para uma estação elevatória de águas residuais - EEAR.

Realizado	Verificado	Aprovado	Processo	Data	Versão	Página
GO4GP			GO_0042013	2017-06-29	01-2017	4 /23

Atendendo às características locais, prevê-se que a empresa distribuidora de energia alimente as referidas infraestruturas da zona de intervenção em M.T.. Para tal estão previstos 2 Postos de Transformação.

As infraestruturas a construir serão todas subterrâneas compostas por circuitos de:

- Postos de transformação (públicos);
- Rede de Média Tensão para alimentar os postos ed Transformação previstos;
- Rede de tubagem reservada para a futura ampliação da rede de Média Tensão e alimentação dos lotes em Média Tensão;
- Distribuição de baixa tensão com cabos do tipo LVAV 3x185+95mm² enterrados para interligar os armários de distribuição e estes ao respetivo posto de transformação;
- Armários de distribuição;
- Rede de tubagem para alimentar os lotes;
- Iluminação Pública com colunas de 8 m equipadas com luminárias Led. O cabo utilizado para a iluminação pública é o LSVAV 4x16mm²

3. Descrição Geral das Instalações

3.1 Potência Instalada

Para a estimativa de consumos considerou-se uma potência de 41,40 kVA para cada lote. O fator de simultaneidade considerado foi de calculado segundo a seguinte fórmula:

$$C_2 = 0,5 + \frac{0,5}{\sqrt{n}}$$

Em que:

C_2 = fator de simultaneidade;

n = n.º de lotes a alimentar.

Atendendo ao perfil de utilização da rede foram dimensionadas, no geral, armários de distribuição tipo “W” equipados com 2 triblocos T2 e 4 triblocos T00.

Realizado	Verificado	Aprovado	Processo	Data	Versão	Página
GO4GP			GO_0042013	2017-06-29	01-2017	5 /23

Os armários de distribuição, face à potência prevista que têm para alimentar e à distância dos Postos de Transformação, são alimentados com circuitos diretos dos Postos de Transformação.

Troço	Serviços (Un)	Qt inst. (Un)	Pot. (kVA)	Tipo (cabo)	S (mm 2)	Comp (m)	Is (A)	In (A)	Iz (A)	If (A)	1,45Iz (A)	q.d.t. (parcial) (%)	q.d.t. (total) (%)	Icc Real (A)
PT3 - AD1(Lt 34 e 35)	2	2	70,67	LVAV	185	194	102	315	355	504	515	1,67	1,67	1654
PT3 - AD2 (Lt 32 e 33)	2	2	70,67	LVAV	185	81	102	315	355	504	515	0,70	0,70	1167
PT3 - AD3 (Lt 22, 24, 25 e 28)	4	7	199,67	LVAV	185	52	288	315	355	504	515	1,27	1,27	981
AD3 - AD4 (29, 30 e 31)	3	3	97,95	LVAV	185	161	141	315	355	504	515	1,93	3,19	1993
PT3 - AD5 (23, 26, 27 e 38)	4	4	124,20	LVAV	185	301	179	315	355	504	515	4,57	4,57	1066
PT3 - AD6 (18, 19, 20 e 21)	4	4	124,20	LVAV	185	316	179	315	355	504	515	4,79	4,79	1015
PT2 - AD7 (9, 10 e 11)	3	6	174,90	LVAV	185	50	252	315	355	504	515	1,07	1,07	6416
AD7 - AD8 (12, 13 e 17)	3	3	97,95	LVAV	185	130	141	250	355	400	515	1,56	2,62	1782
PT2 - AD9 (8, 14 e 15)	3	5	149,79	LVAV	185	60	216	315	355	504	515	1,10	1,10	1688
AD9 - AD10 (6 e 16)	2	2	70,67	LVAV	185	207	102	250	355	400	515	1,79	2,88	1202
Total		30	734,38											

O dimensionamento da rede de cabos BT, teve em conta as potências a instalar, as quedas de tensão (máximo 8 %, recomendável 5 %), as intensidades máximas admissíveis, as correntes de curto-circuito, a fadiga térmica das canalizações elétricas e a seletividade das proteções, de acordo com o estipulado no R.S.R.E.E.B.T.

3.2 Características Gerais da Instalação

Para a iluminação, optou-se pelo estabelecimento de rede subterrânea a cabo LSVAV 4x16 mm² / PEAD Ø63 mm O controlo da iluminação será feito por um relógio astronómico a instalar no QGBT do respetivo Posto de Transformação.

Para a distribuição de energia optou-se pelo estabelecimento de rede subterrânea de cabo LVAV 3x185+95mm² / PEAD Ø125 mm

3.3 Rede de Iluminação Pública

Para a alimentação das armaduras previstas, prevê o presente projeto a rede subterrânea estabelecida a cabo LSVAV de secção 16mm² entubado em tubo PEAD Ø63 com o traçado que se indica em desenho anexo, sendo enterrado à profundidade de 1,00m como mínimo.

As luminárias propostas têm as seguintes características:

Realizado	Verificado	Aprovado	Processo	Data	Versão	Página
GO4GP			GO_0042013	2017-06-29	01-2017	6 / 23

Tipo L1 - Conjunto formado por coluna metálica de 8m, braço metálico com 1,5m e 5º de inclinação e luminária led equipada com 16 led's , potência total de 56 W e 5.083 lm, cor 4000º K, com corpo em alumínio injetado e vidro temperado, IP 66, IK08, dissipação térmica otimizada e proteção térmica integrada.

A luminária deve ser instalada numa coluna metálica com fuste troncocónico circular, em aço S275 JR segundo EN10025-2, com tratamento anticorrosivo de galvanização por imersão a quente de acordo com a Norma EN ISO1461, interior e exteriormente, com altura útil de 8m, com fixação por enterramento. O braço deve ser do mesmo material da coluna, ter 1,5m de comprimento e 5º de inclinação. Para fazer a terra de proteção, junto a cada coluna de IP deve ser instalado um elétrodo de terra, ligado à estrutura metálica através de cabo VV1G25 de cor amarelo/verde. Cada coluna será dotada de uma portinhola, no troço inferior, com porta de segurança, e com quadro de ligação, derivação e proteção, contendo ainda no interior um terminal de terra.

A portinhola terá as seguintes características:

- Invólucro deverá ser em material isolante, auto extingüível, com classe de proteção IP 44.
- Equipado com seccionador fusível, para fusíveis cilíndricos de 6 A, do tamanho 10 x 38 mm.
- O seccionador fusível será de corte bipolar no sistema de proteção do circuito com fusível e o neutro ligado à estrutura da coluna/terra,
- Será equipado com 4 bornes para aperto de 2 condutores de 6 a 16 mm².

Marca: Luminária: Schröder, referência: Voltana 2 16 leds + Coluna metálica com braço: Schröder, referência: Tejo, ou equivalente.

Tipo L2 - Luminária led equipada com 16 led's , potência total de 56 W e 5.083 lm, cor 4000º K, com corpo em alumínio injetado e vidro temperado, IP 66, IK08, dissipação térmica otimizada e proteção térmica integrada. Esta luminária deve substituir a existente e ser instalada nas colunas existentes. Marca: Schröder, referência: Voltana 2 16 leds, ou equivalente.

Realizado	Verificado	Aprovado	Processo	Data	Versão	Página
GO4GP			GO_0042013	2017-06-29	01-2017	7 /23

3.4 Alimentação e Rede de Distribuição

A alimentação dos armários de distribuição é feita com cabo do tipo LVAV 3x185+95 mm² aplicado na vala, protegido por tubo PEAD Ø125 mm.

Por se tratar de um parque empresarial, sem que as entradas dos lotes estejam definidas, as canalizações devem ser instaladas a uma profundidade mínima de 1,0 m.

Os cabos e tubos a aplicar em vala serão sempre entubados, tal como representado nas peças desenhadas.

As valas serão devidamente preparadas com uma camada de areia fina ou terra cirandada de modo a fazer um leito de assentamento para a tubagem/cabo assim como o seu envolvimento. À distância de 15 cm do topo do tubo/cabo será colocado um dispositivo de aviso constituído por uma tela sinalizadora de cor vermelha e com a inscrição de “Perigo eletricidade”. Do mesmo modo a 30 cm da parte superior da vala, será colocada uma rede sinalizadora de cor vermelha.

Os armários de distribuição serão do tipo D.G.E., com invólucro retiráveis com triblocos DIN00. Os armários terão características de blindagem e proteção a intempéries e deverão ser providos de invólucro separado do bastidor. O armário será em chapa de aço com pintura plastificada e com barramentos tetrapolares de cobre. As saídas serão feitas por corta circuitos DIN ou interruptor. Será equipado com punho de manobra dos cartuchos. Será provido de fechadura normalizada pela EDP e chumbadouros. A base de fixação é de alvenaria.

Todos os armários terão uma terra de proteção independente, constituída por elétrodo de terra do tipo “CooperWeld” de 2 m de comprimento enterrado junto do respetivo armário. Sendo a ligação entre elétrodo / armário feito através da respetiva braçadeira do elétrodo, por intermédio de cabo do tipo H07V-U 35 mm².

Os armários a utilizar terão previsto o nº de saídas constantes do quadro unifilar, protegidas por corta circuitos fusíveis cujos tamanhos são igualmente indicados. As intensidades nominais a utilizar nas saídas para os edifícios serão dimensionadas futuramente, com base nos respetivos projetos.

O número de saídas de cada armário foi escolhido com base nos seguintes critérios:

Realizado	Verificado	Aprovado	Processo	Data	Versão	Página
GO4GP			GO_0042013	2017-06-29	01-2017	8 /23

- Armário tipo “W”: constituído por 6 saídas, 4 equipadas triblocos LB 00/185 (T00) e 2 equipadas com 2 triblocos LBN 400 (T2); nos casos em que os corta-circuitos fusíveis não são necessários, serão substituídos por *shunts*;

Em frente a cada armário, será executada uma caixa de visita, de acordo com o desenho do pormenor.

Por se desconhecer a utilização prevista para cada um dos lotes, apenas fica instalado um tubo PEAD Ø125 entre o armário e cada um dos lotes. Estes tubos devem ficar tamponados.

Nesta fase, não devem ficar instaladas portinholas nem caixas para os sistemas de contagem. Estas caixas devem ser objeto de dimensionamento e instalação no projeto do edifício do respetivo lote.

As caixas de visita previstas devem servir simultaneamente as redes de Média e Baixa Tensão, sendo que cada uma destas redes deve ser instalada a profundidades diferentes, tal como representado no pormenor da vala nas peças desenhadas.

As caixas de visita devem ser do tipo pré-fabricado e serem construídas de acordo com o pormenor representado nas peças desenhadas.

Para alimentar os Postos de Transformação, está prevista a instalação de uma rede subterrânea em Média Tensão 15kV constituída por cabos do tipo LXHIOZ(BE) 3x1x120 mm² aplicado em tubo PEAD Ø160mm.

4. Postos de Transformação

Para alimentar os novos lotes estão previstos dois Postos de Transformação, sendo cada um deles equipado com 1 transformados de 630kVA.

Os dois Postos de Transformação são em tudo idênticos com exceção do QGBT em que deve ser seguido o respetivo esquema representado nas peças desenhadas.

Os Postos de Transformação têm de ser homologados pela DGEG.

4.1. Cálculos Justificativos

De forma a construir um Posto de Transformação que cumpra os objetivos a que foi proposto e simultaneamente respeite a segurança de pessoas e bens, impõe-se o cálculo de

Realizado	Verificado	Aprovado	Processo	Data	Versão	Página
GO4GP			GO_0042013	2017-06-29	01-2017	9 /23

algumas grandezas elétricas fundamentais. O conhecimento dos valores destas grandezas para cada caso particular permite a adequada escolha de técnicas e materiais a usar.

Nas secções seguintes são apresentados os cálculos efetuados e respetiva adequação dos equipamentos escolhidos.

4.2 Intensidade de Correntes Nominais

No cálculo das intensidades de corrente nominais nos circuitos de Média Tensão e Baixa Tensão, considera-se que os transformadores estão em regime de exploração trifásico equilibrado.

Considera-se, também, que o sentido do fluxo de energia é da Média Tensão para a Baixa Tensão. Este pressuposto é importante, pois no cálculo das correntes nominais é necessário considerar as perdas do transformador. No caso do fluxo de energia ser o inverso estas perdas serão consideradas na expressão de I_{AT} e não na expressão de I_{BT} .

Circuito de Média Tensão

A intensidade de corrente no circuito de Média Tensão é calculada através da seguinte expressão:

$$I_{AT} = \frac{S}{U_{AT} \times \sqrt{3}} \quad (A)$$

Onde:

- S – Potência nominal do transformador, em kVA.
- U_{AT} – Tensão composta na Média Tensão, em kV.
- I_{AT} - Intensidade de corrente nominal no circuito de Média Tensão, em A.

Circuito de Baixa Tensão

A intensidade nominal de corrente no circuito de Baixa Tensão é calculada através da seguinte expressão:

$$I_{BT} = \frac{S - W_{cu} - W_{fe}}{U_{BT} \times \sqrt{3}} \times 10^3 \quad (A)$$

Realizado	Verificado	Aprovado	Processo	Data	Versão	Página
GO4GP			GO_0042013	2017-06-29	01-2017	10 /23

Onde:

- S – Potência nominal do transformador, em kVA.
- U_{BT} – Tensão composta em carga na Baixa Tensão.
- W_{cu} – Perdas por efeito de Joule nos enrolamentos, em kW.
- W_{fe} – Perdas no circuito magnético por correntes de Foucault e histerese, em kW.
- I_{BT} - Intensidade nominal de corrente no circuito de Baixa Tensão, em A.

Substituindo os valores respetivos nas expressões anteriores, obtemos os seguintes resultados:

	Potência Nominal do Transformador (kVA)	Intensidade Nominal a Média Tensão (A)	Intensidade Nominal na Baixa Tensão (A)
TR1	630		24,25
TOTAL	630		24,25

4.3 Intensidade de Correntes de Curto Circuito

As intensidades de corrente de curto-circuito são calculadas em função da potência de curto-circuito da rede, S_{ccR} , da tensão de curto-circuito do transformador e pressupondo que os curto-circuitos são trifásicos simétricos. De todos os tipos de defeito possíveis, esta é a que conduz aos valores máximos das intensidades de corrente.

O valor de S_{ccR} é fornecido pela Empresa Distribuidora de Energia Elétrica, e a tensão de curto-circuito do transformador é fornecido pelo fabricante.

Intensidade de corrente de curto-circuito na Média Tensão

A intensidade de corrente de curto-circuito na Média Tensão poderá ser provocada por um curto-circuito no lado da Média Tensão ou no lado da Baixa Tensão. Esta intensidade de corrente será sempre superior para o caso do curto-circuito ser na Média Tensão, pois o valor total da impedância de curto-circuito será menor.

Curto-circuito na Média Tensão

Realizado	Verificado	Aprovado	Processo	Data	Versão	Página
GO4GP			GO_0042013	2017-06-29	01-2017	11 /23

O cálculo desta intensidade de corrente de curto-circuito realiza-se utilizando a seguinte expressão:

$$I_{ccAT} = \frac{S_{ccR}}{U_{AT} \times \sqrt{3}} \quad (kA)$$

Onde:

- S_{ccR} – Potência de curto-circuito da rede de distribuição, em MVA.
- U_{AT} – Tensão composta na Média Tensão, em kV.
- I_{ccAT} - Intensidade de corrente de curto-circuito no circuito de Média Tensão, em kA.

Curto-circuito na Baixa Tensão

Devido à impedância interna do transformador a corrente na Média Tensão devido a um curto-circuito na Baixa Tensão será inferior ao valor calculado pela expressão anterior. Assim, na prática, o seu cálculo não é relevante. Pois o dimensionamento dos equipamentos do circuito de Média Tensão relativamente à Intensidade de Limite Térmico e Intensidade Limite Eletrodinâmica, será efetuado em função do maior valor possível para a corrente curto-circuito na Média Tensão.

Intensidade de corrente de curto-circuito na Baixa Tensão

O cálculo da intensidade de curto-circuito na Baixa Tensão, na maioria dos casos, resulta apenas de curto-circuitos no circuito Baixa Tensão. Assim, o cálculo seguinte será para esta situação.

Curto-circuito na Baixa Tensão

Para o cálculo desta intensidade de corrente de curto-circuito é necessário conhecer a impedância de curto-circuito equivalente da rede distribuidora (referida ao secundário) e também a impedância de curto-circuito do transformador.

O cálculo da impedância de curto-circuito equivalente da rede distribuidora realiza-se utilizando a seguinte expressão:

Realizado	Verificado	Aprovado	Processo	Data	Versão	Página
GO4GP			GO_0042013	2017-06-29	01-2017	12 /23

$$Z_{ccR} = \frac{U_{BT}^2}{S_{ccR}} \times 10^{-6} \quad (\Omega)$$

Onde:

- S_{ccR} – Potência de curto-circuito da rede de distribuição, em MVA.
- U_{BT} – Tensão composta em vazio na Baixa Tensão.
- Z_{ccR} – Impedância de curto-circuito equivalente da rede distribuidora, em Ω .

Para o cálculo da impedância de curto-circuito do(s) transformador(es) utiliza-se a seguinte expressão:

$$Z_{cc} = \frac{U_{BT}^2 \times u_{cc}}{S_{TR}} \times 10^{-5} \quad (\Omega)$$

Onde:

- U_{BT} – Tensão composta em carga na Baixa Tensão, 400 V.
- S_{TR} – Potência nominal do transformador, em kVA.
- u_{cc} – Tensão de curto-circuito do transformador, em %.
- Z_{cc} – Impedância de curto-circuito do transformador, em Ω .

O cálculo da corrente de curto-circuito na Baixa Tensão realiza-se utilizando os valores calculados nas expressões anteriores, na seguinte expressão:

$$I_{ccBT} = \frac{U_{BT}}{(Z_{cc} + Z_{ccR}) \times \sqrt{3}} \times 10^{-3}$$

Onde:

- U_{BT} – Tensão composta em carga na Baixa Tensão, 400 V.
- Z_{cc} – Impedância de curto-circuito do(s) transformador(es), em Ω .
- Z_{ccR} – Impedância de curto-circuito equivalente da rede distribuidora, em Ω .

Realizado	Verificado	Aprovado	Processo	Data	Versão	Página
GO4GP			GO_0042013	2017-06-29	01-2017	13 /23

- I_{ccBT} – Intensidade de corrente de curto-circuito na Baixa Tensão, em kA.

Substituindo os valores na expressão anterior e calculando obtemos: $I_{ccAT} = 13$ kA

	Potência Nominal do Transformador (kVA)	Intensidade Curto-Circuito na Baixa Tensão (kA)
TR1	630	24
TOTAL	630	24

4.4 Dimensionamento de Circuitos

Nos Postos de Transformação compactos, os equipamentos que constituem os circuitos de Média Tensão e Baixa Tensão são projetados, fabricados, e certificados de acordo com as normas DMA aplicáveis, respetivamente. A escolha dos equipamentos é feita de modo que as características nominais satisfaçam, no mínimo, os valores das grandezas elétricas calculadas nos pontos anteriores. Assim é garantida a segurança e fiabilidade na utilização destes equipamentos.

Circuito de Média Tensão

O quadro NORMAFIX a utilizar terá características elétricas mínimas superiores aos valores calculados, para a intensidade de corrente nominal, I_{AT} , intensidade de corrente de curto-circuito, I_{ccAT} , e tensão nominal maior ou igual a U_{AT} .

Assim, o quadro NORMAFIX a instalar terá as seguintes características elétricas relevantes, de acordo com norma CEI 298:

Tensão Nominal	Corrente Nominal	Corr. de curto-circuito	Corrente de pico
U_N (kV)	I_N (A)	I_{cc} (kA/1s)	I_p (kAp)
24,0	630	16	40

Circuito de Baixa Tensão

O interruptor de entrada do Quadro Geral de Baixa Tensão, assim como o cabo que liga este aos terminais de Baixa Tensão do transformador devem ter tensão nominal, U_{BT} , e corrente nominal superior a I_{BT} . O poder de corte de fusíveis e disjuntores, e a corrente de

Realizado	Verificado	Aprovado	Processo	Data	Versão	Página
GO4GP			GO_0042013	2017-06-29	01-2017	14 /23

curto-circuito suportada pelos restantes equipamentos do quadro deverá ser no mínimo igual a I_{ccBT} , ou seja 24 kA.

4.5 Escolha das Proteções de Sobreintensidade

Média Tensão

A escolha das proteções de curto-circuito na Média Tensão é feita considerando o poder de corte dos equipamentos de proteção e o tempo máximo para a eliminação do defeito. A Empresa Distribuidora de Energia Elétrica impõe como valor máximo para eliminação do defeito, 800 ms.

Cela tipo CIS

Neste caso a utiliza-se para a função de proteção de sobreintensidades os corta-circuitos fusíveis. Dispositivo constituído por fusível e interruptor atuado por percutor associado. A escolha dos fusíveis a aplicar deve considerar a tensão nominal da rede, a intensidade da corrente de magnetização do transformador, cerca de 12 vezes a corrente nominal durante 0,1 s; a sua corrente nominal; e poder de corte superior ao valor calculado para a corrente máxima de curto-circuito na Média Tensão.

Assim os fusíveis a utilizar terão as seguintes características elétricas principais:

- Tensão Nominal: $\geq U_{AT}$
- Corrente Nominal: $\approx 1,6 \times I_{AT}$
- Poder de Corte: $\geq I_{ccAT}$

Potência Nominal do Transformador (kVA)	Calibre do Fusível (A)	Poder de Corte (kA)	Tensão Serviço (kV)
630	50,0	40,0	15,0

Baixa Tensão

A saída do transformador será protegida por disjuntor de poder de corte e intensidade de corrente nominal no mínimo iguais a 24 kA, e 948 A, respetivamente. Valores calculados anteriormente.

Realizado	Verificado	Aprovado	Processo	Data	Versão	Página
GO4GP			GO_0042013	2017-06-29	01-2017	15 /23

4.6 Dimensionamento dos Circuitos de Ligação à Terra

Os circuitos de ligação à terra devem ser dimensionados e instalados de modo a garantir, com a máxima fiabilidade e eficiência, a segurança das pessoas, e equipamentos constituintes e/ou ligados ao Posto de Transformação – PT. O sistema de terras será constituído por dois circuitos independentes de ligação à terra:

- Terra de proteção
- Terra de serviço da baixa tensão

Impedância de defeito à terra e tempo de eliminação do defeito

De forma a calcular a elevação de potencial no circuito de terra de proteção, devido a defeito à terra nas instalações do Posto de Transformação, é essencial conhecer o valor da impedância de defeito à terra da rede de Média Tensão.

De acordo com a informação da Empresa Distribuidora o regime de neutro é direto. No regime de neutro direto, o neutro da rede de Média Tensão ligado diretamente à terra através de uma impedância de valor desprezável. Nestas condições, e no caso de defeito à terra, a corrente de defeito máxima - I_{dM} - será apenas limitada pela impedância de curto-circuito da rede, pois considera-se a resistência de terra do PT nula.

De acordo com informação da Empresa Distribuidora, a eliminação deste defeito é instantânea.

O valor, em módulo, da impedância de defeito é dado por:

$$Z_R = \frac{U_{AT}^2}{S_{ccR}} \quad (\Omega)$$

Onde:

- S_{ccR} – Potência de curto-circuito da rede de distribuição, em MVA.
- U_{AT} – Tensão composta na Média Tensão, em kV.
- Z_R - Impedância da rede de Média Tensão, em Ω .

Esta impedância é de natureza reativa, assim a componente resistiva é desprezável.

Realizado	Verificado	Aprovado	Processo	Data	Versão	Página
GO4GP			GO_0042013	2017-06-29	01-2017	16 /23

Como,

$$Z_R = \sqrt{X_R^2 + R_R^2} \quad (\Omega)$$

e $R_R \ll X_R$, logo $Z_R \approx X_R$.

Substituindo os valores 15 kV e 350 MVA na expressão anterior obtemos $Z_R = 0,643 \Omega$.

Fazendo uso do valor de Z_R pode ser calculada a intensidade de corrente máxima de defeito, I_{dM} :

$$I_{dM} = \frac{U_{AT}}{\sqrt{3} \times Z_R} \quad (kA)$$

$I_{dM} = 13,472 \text{ kA}$.

Circuito de terra de proteção

O interior da cabina do PT será percorrido por uma barra de cobre nú, fixa nas paredes, com secção não inferior a 50 mm^2 .

- A esta barra serão ligadas as seguintes massas metálicas:
- A carcaça do transformador de potência
- O circuito de terra do quadro de Média Tensão
- O circuito de terra do quadro de baixa tensão
- A malha metálica do piso, das paredes e dos degraus de entrada da cabina
- As grelhas de ventilação e as portas
- Todas as peças metálicas que normalmente não estejam em tensão mas possam vir estar como consequência de avarias ou causas fortuitas.

A barra será ligada ao terminal geral da terra de proteção da cabina. Este terminal, amovível, é ligado ao eléctrodo de terra no exterior através de um condutor isolado, isolamento a 1 kV, de secção não inferior a 50 mm^2 , enterrado e protegido contra eventuais ações mecânicas.

Realizado	Verificado	Aprovado	Processo	Data	Versão	Página
GO4GP			GO_0042013	2017-06-29	01-2017	17 /23

O elétrodo de terra será constituído por um anel de cabo de cobre nú de secção não inferior a 50 mm². Este anel será colocado a 0,8 m de profundidade e a uma distância horizontal aproximada de 1 m das paredes da cabina. A este anel serão solidamente ligados, quatro elétrodos de vareta de cobre com 2 m de comprimento e 20 mm de diâmetro, enterrados verticalmente a 0,8 m. Estes serão dispostos ao longo do anel, um por cada lado da cabina, e com uma separação entre eles de aproximadamente 4 m. Deverá ser prevista a disponibilidade de terreno necessário à instalação deste elétrodo.

Os parâmetros característicos deste elétrodo são:

- $K_R = 0,071 \Omega/(\Omega.m)$
- $K_P = 0,0089 V/(\Omega.m.A)$

Poderá ser usado outro tipo de elétrodo desde que garanta valores de K_R e K_P inferiores aos indicados e tenha configuração em anel envolvendo a cabina do PT.

Cálculo dos valores de defeito à terra

Para o cálculo da resistência de terra, R_T , do elétrodo é usada a seguinte expressão:

$$R_T = K_R \times \rho_T$$

Onde:

- ρ_T – resistividade do terreno, em $\Omega.m$.

Fazendo o cálculo obtemos: $R_T = 1,42 \Omega$

Com o valor de R_T , podemos calcular o valor da intensidade de corrente de defeito à terra, I_d , e o valor da tensão de defeito à terra U_d :

$$I_d = \frac{U_{AT}}{\sqrt{3} \times \sqrt{Z_R^2 + R_T^2}} \times 10^3 \quad (A)$$

Onde:

- U_{AT} – Tensão composta na Média Tensão, em kV.

Realizado	Verificado	Aprovado	Processo	Data	Versão	Página
GO4GP			GO_0042013	2017-06-29	01-2017	18 /23

- Z_R – Impedância de defeito à terra da rede de Média Tensão, em Ω .
- I_d - Intensidade de corrente de defeito à terra no PT, em A.

Substituindo os valores e calculando, obtemos: $I_d = 5555,938$ A

Com os valores calculados anteriormente obtém-se a tensão de defeito, U_d :

$$U_d = I_d \times R_T \quad (V)$$

$U_d = 7889,433$ V

O isolamento dos equipamentos dos circuitos de Baixa Tensão do PT deverão ter um isolamento superior à tensão de defeito calculada, 7889,433 V. Deste modo evita-se que em caso de defeito à terra na Média Tensão do PT não exista dano para os equipamentos, evitando a transferência de sobretensões para a rede de Baixa Tensão.

Circuito de terra de serviço

Ao circuito da terra de serviço de baixa tensão será ligado o neutro do transformador de potência. Este circuito será ligado, através de um ligador amovível, ao eletrodo de terra no exterior por um condutor isolado, isolamento de 1 kV, de secção não inferior a 35 mm². O eletrodo da terra de serviço será instalado a uma distância mínima de 20 m do eletrodo da terra de proteção.

O eletrodo da terra de serviço será constituído por um conjunto de 4 varetas de cobre nu de 2 m de comprimento e enterradas verticalmente até uma profundidade de 0,8 m. As varetas serão interligadas através de um condutor de cobre nu de secção 35 mm², enterrado a uma profundidade de 0,8 m. A disposição relativa das varetas não é relevante desde que a distância mínima entre qualquer uma delas seja 4 m.

Este eletrodo terá os seguintes parâmetros característicos:

- $K_R = 0,120 \Omega/(\Omega.m)$
- $K_P = 0,0298 V/(\Omega.m.A)$

Realizado	Verificado	Aprovado	Processo	Data	Versão	Página
GO4GP			GO_0042013	2017-06-29	01-2017	19 /23

Para o cálculo da resistência de terra, R_S , do elétrodo da terra de serviço é usada a seguinte expressão:

$$R_S = K_R \times \rho_T$$

Onde:

- ρ_T – resistividade do terreno, em $\Omega.m$.

Fazendo o cálculo obtemos: $R_S = 2,40 \Omega$

Como se verifica este valor está abaixo dos 20Ω de valor máximo permitido pelo Art. 58º do RSSPTS.

Tensões no interior da instalação

O piso da cabina do PT, as paredes e os degraus de acesso, são constituídos no seu interior por uma malha condutora eletrosoldada de quadrícula não superior a $20 \times 20 \text{cm}$ e secção não inferior a 4mm^2 . Estas malhas serão ligadas ao circuito de terra de proteção, de forma a garantir contacto elétrico sólido. Assim, consegue-se uma superfície equipotencial fazendo desaparecer o perigo do aparecimento de tensões de contacto e de passo no interior da cabina do PT.

No acesso ao PT também não haverá tensões de contacto e de passo, pois o elétrodo da terra de proteção é um anel que garante uma superfície equipotencial no solo exterior adjacente à cabina, conjuntamente com o degrau de acesso.

Tensão de passo permitida no exterior

O cálculo da tensão de passo máxima admissível no exterior do PT é feito recorrendo à expressão seguinte:

$$U_{Fext} = 10 \times \frac{K}{t^n} \times \left(1 + \frac{6 \times \rho_T}{1000} \right) \quad (V)$$

Onde:

- t – tempo máximo de eliminação do defeito, 0,8s.
- K – constante dependente do máximo de eliminação do defeito, 72.

Realizado	Verificado	Aprovado	Processo	Data	Versão	Página
GO4GP			GO_0042013	2017-06-29	01-2017	20 / 23

- n - constante dependente do máximo de eliminação do defeito, 1.
- ρ_T – resistividade do terreno, em $\Omega.m$.
- U_p - Tensão no exterior, em V.

Substituindo os valores e calculando obtemos 1008,0 V como valor máximo para a tensão de passo no exterior.

Tensões no exterior da instalação

Devido ao facto de o elétrodo da terra proteção ser um anel contornando, na totalidade, a cabina do PT à distância de um metro do seu perímetro exterior, é criada uma superfície equipotencial no solo circundante e adjacente ao PT. Desta forma não existirão tensões de contacto significativas no exterior do PT.

A tensão de passo no exterior, U_p , será calculada pela seguinte expressão:

$$U_p = K_p \times \rho_T \times I_d \quad (V)$$

Substituindo os valores calculados anteriormente, temos: $U_p = 3211,333 V$

Tensões transferíveis para o exterior

Não existem meios de transferência de tensões para o exterior, assim não é necessário tomar medidas para a sua redução ou eliminação.

4.7 Ventilação do Posto de Transformação

Com o objetivo de evitar o sobreaquecimento dos equipamentos no interior do PT há que garantir a adequada renovação de massa de ar. Isto é conseguido através do correto dimensionamento das grelhas de ventilação da cabina do PT. O cálculo seguinte não considera as perdas nos circuitos de Média Tensão e Baixa Tensão. Apenas as perdas no transformador de potência são contabilizadas.

$$S_E = \frac{W_{cu} + W_{fe}}{0,24 \times K_c \times \sqrt{\Delta h \times \Delta T^3}} \quad (m^2)$$

Onde:

Realizado	Verificado	Aprovado	Processo	Data	Versão	Página
GO4GP			GO_0042013	2017-06-29	01-2017	21 /23

- W_{cu} – Perdas por efeito de Joule nos enrolamentos, em kW.
- W_{fe} – Perdas no circuito magnético por correntes de Foucault e histerese, em kW.
- Δh – distância vertical entre centros das grelhas, neste caso é 1,1 m.
- ΔT – diferença de temperatura entre o ar de saída e ar de entrada, considera-se 15° C.
- K_C – factor de correção, relação entre área e área total da grelha, considera-se 0,6.
- S_E – superfície mínima para a grelha de entrada de ventilação do transformador, em m^2 .

Substituindo os valores, já calculados, na expressão anterior, obtemos os seguintes resultados:

Potência Nominal do Transformador (kVA)	Perdas no transformador (kW)	Superfície mínima da grelha (m^2)
630	6,00	0,684

Serão instaladas uma ou duas grelhas (por transformador), dispostas verticalmente na porta de acesso ao transformador e na parede oposta, consoante a superfície mínima pretendida, sabendo que a dimensão de cada grelha é de 800x600 mm.

4.8 Dimensionamento do Depósito do Óleo

O depósito de recolha de óleo será ser colocado por debaixo do transformador, ou então devem existir caleiras de recolha e condução do óleo até ao depósito. Este terá uma capacidade superior ao volume de óleo do transformador.

É usual a quantidade de óleo do transformador ser fornecida pelo fabricante em massa de óleo, assim teremos que usar a seguinte expressão para calcular a capacidade:

$$V = \frac{M}{\sigma} \quad (\text{litros})$$

Onde:

Realizado	Verificado	Aprovado	Processo	Data	Versão	Página
GO4GP			GO_0042013	2017-06-29	01-2017	22 /23

- σ – densidade típica do óleo de transformador a 20° C, 0,887 kg/litro.
- M – massa de óleo do transformador, em kg.
- V – volume de óleo, em litros.

Volume mínimo do depósito (litros): 231

5. Considerações Finais

Os condutores, tubos, quadros, aparelhos e outros elementos das instalações, assim como os materiais que os constituem, deverão obedecer às disposições Regulamentares e, ainda, às normas e especificações nacionais ou, na sua falta, às da Comissão Eletrotécnica Internacional ou a outras aceites pela fiscalização do Governo.

Toda a instalação está prevista para ser executada segundo as regras da boa técnica e para satisfazer toda a regulamentação em vigor. Em tudo o omissso nas partes integrantes deste projeto deverá levar-se em conta as recomendações e disposições regulamentares em vigor e fiscalização da obra. Serão consideradas como mínimas as secções indicadas, e como máximos os calibres de proteção para as diversas canalizações.

Guarda, 29 de junho de 2017

José Pedro Nunes Gomes, Eng.º Eletrotécnico

O.E.T.: 16298

Realizado	Verificado	Aprovado	Processo	Data	Versão	Página
GO4GP			GO_0042013	2017-06-29	01-2017	23 /23